Jurnal Teknik Mesin, Vol. 16, No. 2, Oktober 2016, 57-63 DOI: 10.9744/jtm.16.2.57-63
ISSN 1410-9867

# PERANCANGAN MESIN PENGIKAT SENDOK BESERTA LENGAN PENGAMBIL SENDOK TIGA AXIS DI PT. X

**Tigor Caraka[1)], Roche Alimin[2)]**
Program Studi Teknik Mesin Universitas Kristen Petra [1,2)]
Jl. Siwalankerto 121-131, Surabaya 60236. Indonesia [1,2)]
Phone: 0062-31-8439040, Fax: 0062-31-8417658[1,2)]
E-mail : m24412094@john.ac.id[1)] ralimin@peter.petra.ac.id[2)]

## ABSTRAK

*Dewasa ini kebutuhan produksi pada suatu produk industri semakin hari semakin meningkat. Hal ini disebabkan karena kebutuhan konsumen akan suatu produk semakin meningkat juga. Salah satu dari kebutuhan proses produksi adalah proses pengemasan. Sebagai contoh kasus pengikatan tumpukan sendok di PT X. Saat ini PT X menerapkan pengikatan sendok secara manual tenaga manusia. Sehingga proses produksi kurang maksimal. Untuk itu perlu diadakan proses otomasi pengikatan tumpukan sendok di PT X. Proses otomasi dilakukan dengan menggabungkan beberapa mekanisme. Proses otomasi berjalan dengan mengambil tumpukan sendok selanjutnya membawa ke mesin pengikat. Untuk mesin pengikat digunakan mekanisme full pneumatik yang terkoneksi dengan PLC. Untuk lengan pengambil tumpukan sendok digunakan mekanisme dari motor stepper dan pneumatik. Pengikatan terjadi dua kali dalam satu proses. Yaitu menggunakan dua mesin pengikat dan dua lengan pengambil. Dengan adanya mesin tersebut diharapkan kualitas proses produksi di PT X meningkat.*

*Kata kunci: Otomasi, Sendok, Pneumatik, Motor Stepper, PLC.*

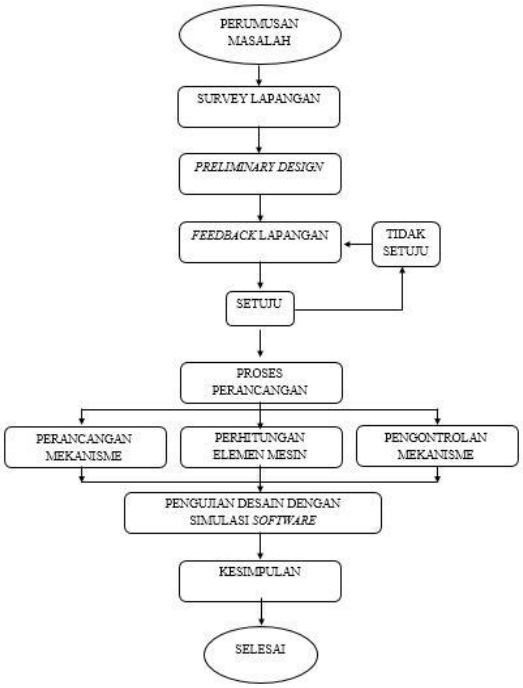
## 1. Pendahuluan

Dewasa ini kebutuhan produksi pada suatu produk industri semakin hari semakin meningkat. Hal ini disebabkan karena kebutuhan konsumen akan suatu produk yang semakin meningkat juga. Ada cara yang dapat dilakukan suatu industri untuk dapat meningkatkan kapasitas produksi, yaitu dengan cara menambah pekerja atau dapat juga mengaplikasikan mesin otomasi. Dengan didorongnya kemajuan teknologi yang berjalan begitu cepat, banyak industri mengaplikasikan mesin produksi otomasi dengan alasan lebih praktis, efisien cepat, dan akurat dibanding dengan manual. Dalam hal ini, teknologi memegang peranan yang sangat penting. Oleh sebab itu mesin otomasi jelas memberi keuntungan lebih pada suatu proses produksi dalam industri. Maka tidak heran bila sekarang ini banyak bermunculan mesin otomasi.

Mesin otomasi merupakan mesin yang sering dipakai dalam industri salah satunya mesin otomasi untuk pengemasan suatu produk. Seperti mengemas makanan maupun barang. Dalam pengemasan terdapat sistem pengemasan secara keseluruhan dan juga sistem pengemasan sebagian. Contoh pengemasan sebagian salah satunya adalah mengikat tumpukan produk sendok plastik yang berada pada *tray conveyor* di PT. X.

Untuk kasus mengikat sendok plastik, kebanyakan industri termasuk PT. X masih menggunakan cara manual yaitu dengan tenaga manusia. Biasanya sendok plastik diikat manual dengan isolasi tape oleh pekerja. Untuk saat ini masih belum diterapkan mesin otomasi untuk mengikat tumpukan sendok. Oleh sebab itu perlu dirancang suatu mesin otomasi untuk mengikat tumpukan sendok. Jika dilihat fungsinya, mesin ini akan membantu dalam mengurangi tenaga kerja bagi suatu perusahaan industri. Mesin ini akan dirancang mekanismenya sesuai kebutuhan fungsi dalam mengikat tumpukan sendok. Nantinya mesin ini akan menggunakan pengendali elektronik sebagai otak mekanismenya. Jadi mesin ini berjalan dari perpaduan mekanik dan elektronik.

## 2. Metode Penelitian




Gambar 1. Diagram alir metode penelitian

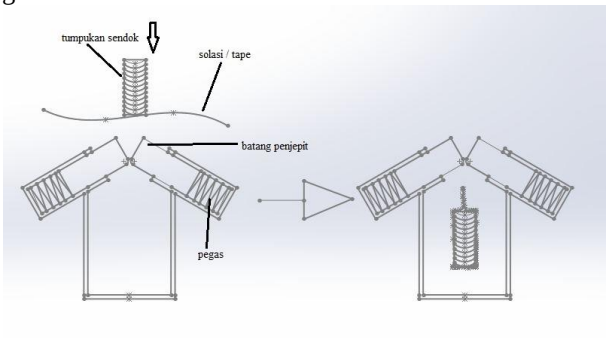
## 3. Hasil dan Pembahasan

### 3.1. Survey Lapangan

Permasalahan yang didapat di PT.X adalah pengikatan tumpukan sendok dengan cara manual, yaitu pengikatan dilakukan dengan menggunakan pekerja yang bekerja mengikat tumpukan sendok dengan tangannya. Mulai dari memotong isolasi sampai mengikatnya pada tumpukan sendok.

### 3.2. Preliminary Design

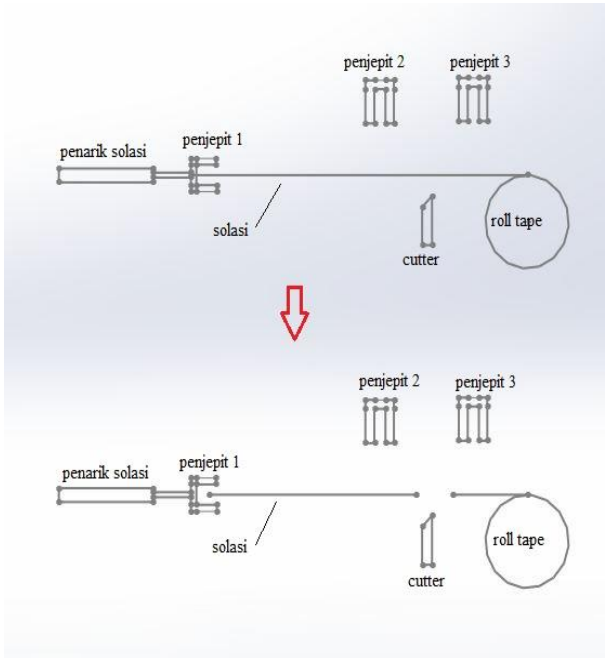
Pengikatan akan dilakukan dengan cara menjepit sendok dengan batang penjepit yang didorong oleh pegas. Sebelum dijepit, sendok sudah terposisikan bersama solasi. Posisi sendok dan solasi bisa dilihat pada gambar berikut.




Gambar 2. Konsep Desain Awal Penjepit Sendok.

Dari gambar 2 terlihat bahwa tumpukan sendok bersama solasi didorong melewati 2 batang penjepit yang saling menekan. Mekanisme tersebut akan mengakibatkan solasi tertekan pada permukaan samping tumpukan sendok dari bawah menuju keatas sampai solasi antar solasi ketemu dan saling menempel.

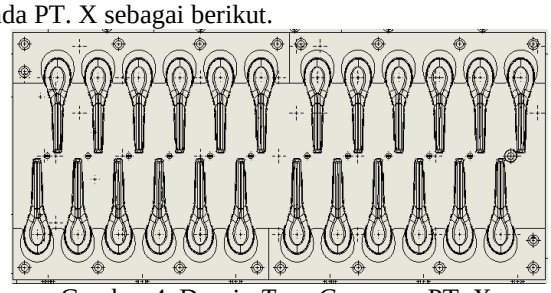
Untuk pemosisian solasi atau *tape* tidak terjadi begitu saja. Pemosisian solasi tersebut diatur menggunakan beberapa mekanisme. Simak gambar berikut.




Gambar 3. Konsep Desain Awal Mekanisme Pemosisian Solasi.

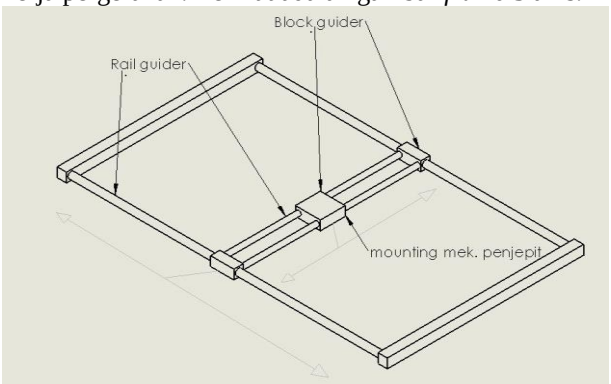
Dari gambar 3 dapat lebih mudah dijelaskan untuk mekanisme pemosisian solasi. Solasi dari *roll tape* akan ditarik oleh penarik solasi. Setelah berada posisi yang diinginkan. Penjepit 2 dan penjepit 3 menjepit solasi secara bersamaan kemudian cutter memotong solasi.setelah itu penjepit1, 2, dan 3 membuka secara bersamaan sehingga solasi/*tape* sudah berada pada posisi dan pajang yang diinginkan dan siap menerima dorongan tumpukan sendok dari atas. Solasi tidak akan goyang atau bergeser pada posisi tersebut, karena sisi lengket solasi masih menempel pada penjepit 1 dan penjepit 2.

Proses pengikatan tumpukan sendok dilakukan dengan cara mendorong tumpukan sendok melewati batang yang saling berhimpit. Untuk melengkapi proses otomasi pengikatan tumpukan sendok, maka diperlukan mekanisme lengan yang mengambil tumpukan sendok kemudian membawanya untuk diikat oleh mesin solasi sendok. Lengan tersebut bekerja secara otomatis. Susunan tumpukan sendok yang siap diambil dan diikat pada PT. X sebagai berikut.



Gambar 4. Desain *Tray Conveyor* PT. X.

Gambar 4 merupakan desain *tray conveyor* yang sudah ada di PT. X. Pada gambar tampak jelas terlihat beberapa tumpukan sendok yang berbeda-beda posisinya. Pada posisi atas dari *tray conveyor* akan ditempatkan *frame* 3 axis dengan jarak tertentu. *Frame* 3 axis terdiri dari *rail guider* dan *block* guider. *Rail guider* dan *block guider* berfungsi sebagai sumbu pergerakan X dan Y axis, dan juga berfungsi sebagai bidang gesek yang memiliki koefisien gesek sangat kecil sehingga memperingan kerja pergerakan. Berikut adalah gambar *frame* 3 axis.




Gambar 5. Konsep Desain Awal *Frame* 3 Axis.

Dari gambar 5 mounting mekanisme penjepit berfungsi untuk menempelkan *assembly* mekanisme penjepit atau lebih tepatnya sebagai *mounting*.

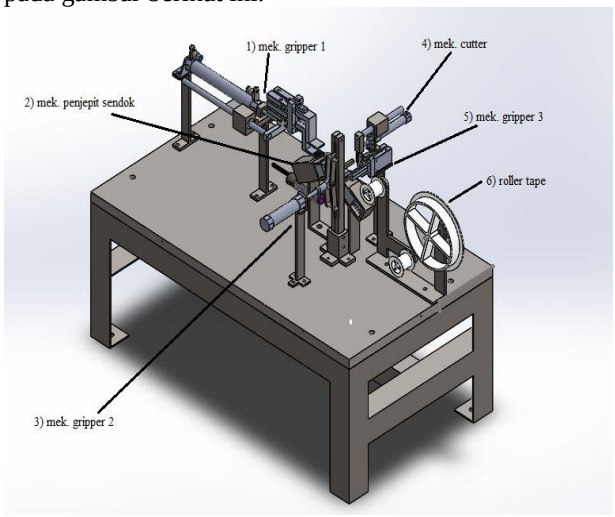
*Block guider* akan digerakkan menggunakan *timing belt* yang terkopel oleh motor *stepper*. Perputaran motor *stepper* yang telah terprogram akan mengendalikan pergerakan *block guider*.

Tumpukan sendok dari *tray conveyor* akan diambil dengan menggunakan mekanisme penjepit. Penjepit akan dirancang dalam satu *assembly* mekanisme yang dipasang pada ujung lengan 3 axis. Penjepit akan dikondisikan membuka dan menutup pada koordinat tertentu.

## 3.3. Rancangan Desain

### 3.3.1. Desain Mesin Pengikat Sendok

Pada proses perancangan mesin pengikat sendok dilakukan dengan mempertimbangkan pemilihan bahan, kerumitan desain, sampai pemilihan komponen penunjang. Pemilihan bahan dilakukan berdasarkan kebutuhan. Desain dibuat dengan meminimalisirkan segi kerumitan. Dan komponen penunjang dipilih berdasar fungsi yang cocok untuk diterapkan pada rancangan mesin pengikat sendok. Sebagai contoh komponen penunjang adalah silinder aktuator pneumatic. Hasil perancangan untuk mesin pengikat sendok dapat dilihat pada gambar berikut ini.



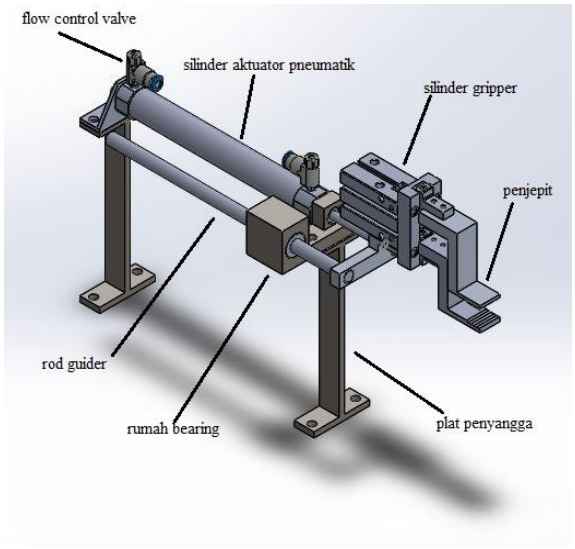

Gambar 6. *Assembly* Mesin Pengikat Sendok.

Pada gambar 6 adalah hasil perancangan mesin pengikat sendok. Pergerakan mekanisme mengikuti dari konsep desain awal. Semua mekansime tersebut digerakkan oleh sistem pneumatik dan dikendalikan atau dikontrol oleh program *PLC (Programmable Logic Control)*. Untuk penjelasan lebih lanjut mengenai sistem pneumatik dan *PLC* dapat disimak pada pembahasan selanjutnya.

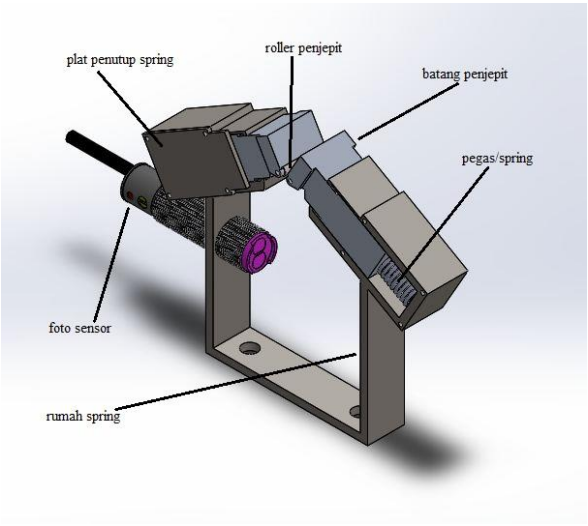
Pada gambar 6 merupakan *assembly* dari mesin pengikat sendok. *Assembly* tersebut dibagi menjadi *sub-assembly* yang memiliki peran penting yang berbeda dalam menjalankan mekasnisme keseluruhan.

*Sub-assembly* tersebut dibagi sebagai berikut:

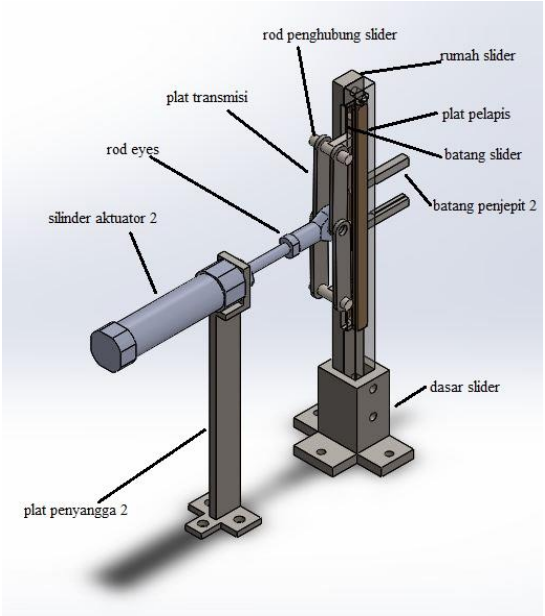
1. Mekanisme *gripper* 1
2. Mekanisme penjepit sendok
3. Mekanisme *gripper* 2
4. Mekanisme cutter
5. Mekanisme *gripper* 3
6. *Roller tape*



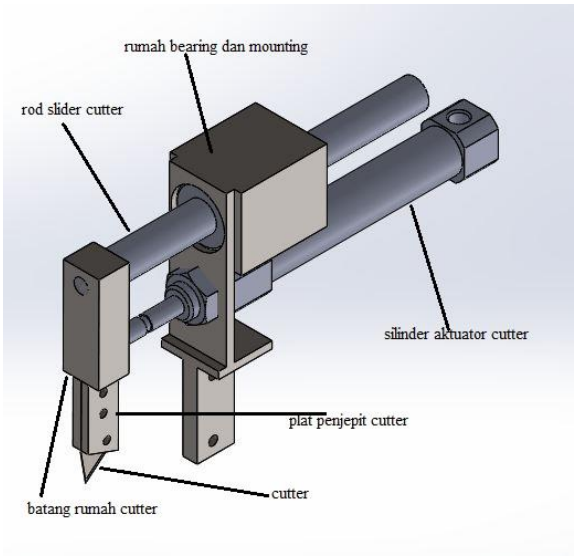

Gambar 7. Mekanisme *Gripper* 1.



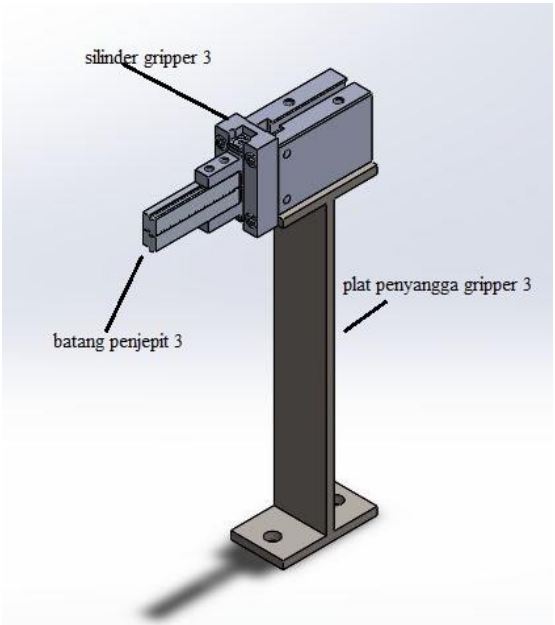

Gambar 8. Mekanisme Penjepit Sendok.



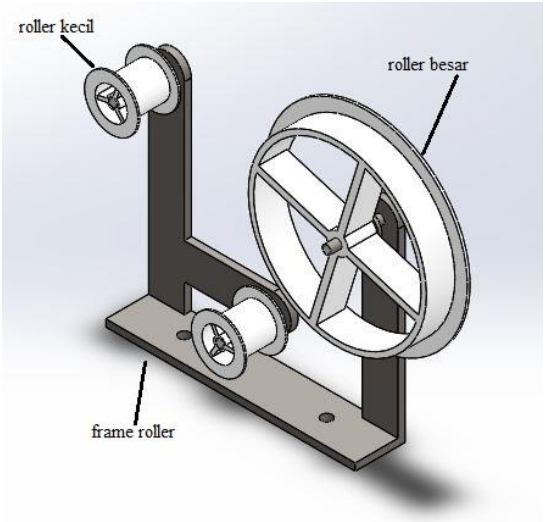

Gambar 9. Mekanisme *Gripper 2.*




Gambar 10. Bagian – Bagian Mekanisme *Cutter*.



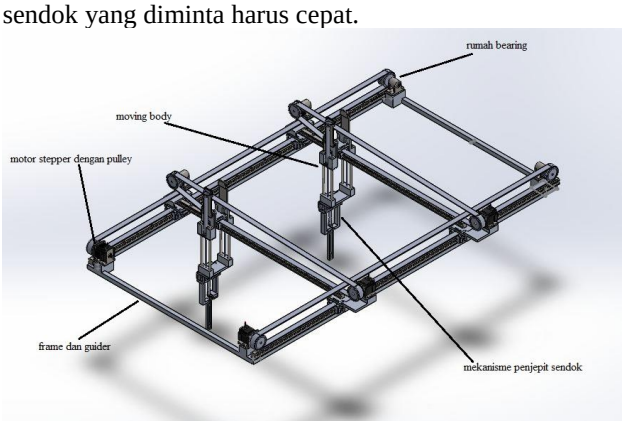

Gambar 11. Bagian – Bagian Mekanisme *Gripper 3*.




Gambar 12. Bagian – Bagian *Roller Tape.*

### 3.3.2. Desain Lengan 3 axis

Lengan 3 axis diaplikasikan diatas tray conveyor. Berfungsi sebagai lengan pengambil tumpukan sendok dan memindahkannya untuk diikat dengan solasi. Pada satu frame 3 axis diaplikasikan 2 lengan pengambil. Hal ini diterapkan karena kebutuhan waktu pengikatan sendok yang diminta harus cepat.

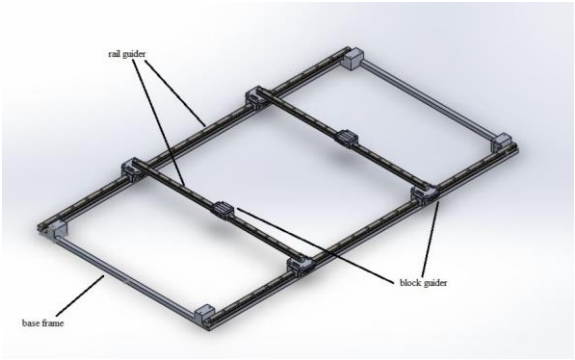



Gambar 13. *Assembly* Lengan 3 Axis.

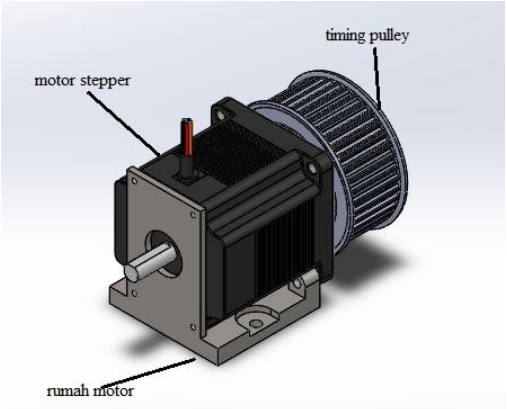
Pada gambar 13 merupakan *assembly* dari lengan 3 axis. *Assembly* tersebut dibagi menjadi *sub-assembly* yang memiliki peran penting yang berbeda dalam menjalankan mekasnisme keseluruhan.

*Sub-assembly* tersebut dibagi sebagai berikut:

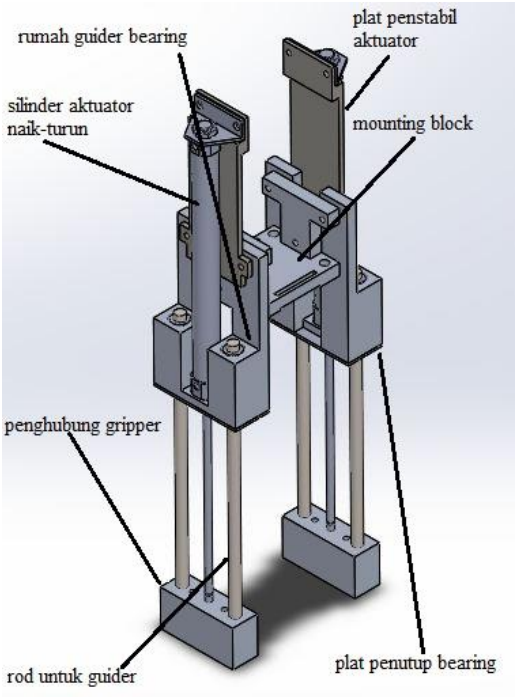
1. *Frame* dan *guider*
2. Motor *stepper* dengan *pulley*
3. *Moving body*
4. Rumah *bearing*
5. Mekanisme penjepit sendok



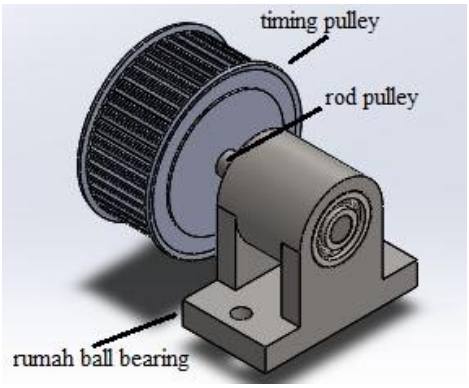

Gambar 14. *Assembly Frame* dan *Guider.*



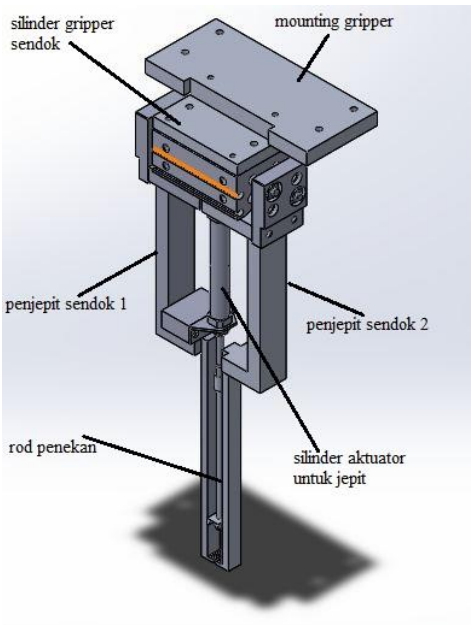

Gambar 15. *Assembly* Motor *Stepper* dengan *Pulley.*




Gambar 16. *Assembly Moving Body*.




Gambar 17. *Assembly* Rumah *Bearing*.

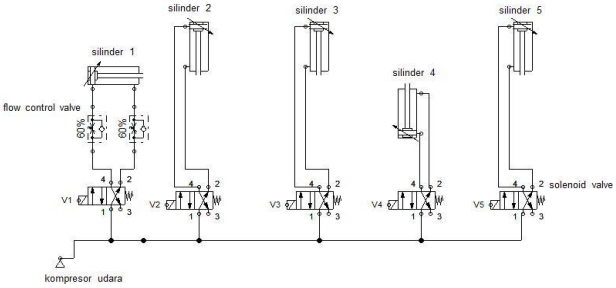



Gambar 18. *Assembly* Mekanisme Penjepit Sendok.

### 3.3.3. Sistem Pneumatik dan *PLC*

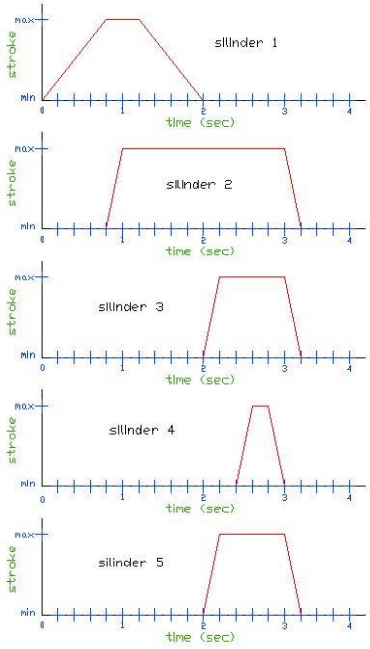
Untuk penggerak mekanisme pada mesin pengikat sendok dipilihlah sistem pneumatik. Sistem ini dipilih karena kemudahannya untuk dikontrol. Selain mudah dikontrol sisitem ini dipilih juga karena memanfaatkan ketersediaan kompresor udara yang juga digunakan pada PT. X untuk proses produksi sendok. Sistem ini digunakan untuk menggerakan silinder aktuator maupun silinder *gripper*.

Silinder aktuator dan *gripper* bekerja untuk menata atau menyiapkan *isolasi tape* pada posisi tertentu. Setelah posisi tersebut didapat maka *isolasi tape* akan ditekan tumpukan sendok dari atas yang mana sendok tersebut didorong melewati penjepit pegas bersama *isolasi tape* yang kemudian sendok tersebut akan terikat oleh *isolasi tape* tersebut.




Gambar 20. Diagram Pneumatik Kerja Mekanisme.

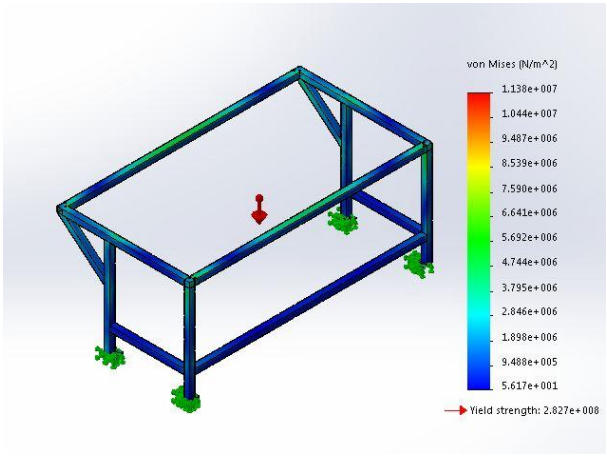
Sistem pneumatik tersebut dikendalikan oleh *PLC (CP1E).* mekanisme dikendalikan dengan PLC yang berbasis timer. Setiap silinder bergerak berdasarkan waktu yang telah terprogram oleh PLC. Setelah keseluruhan mekanisme selesai maka mekanisme akan memulai lagi jka sensor fotoelektrik yang terpasang pada mekanisme penjepit sendok (Gambar 8) mendeteksi tumpukan sendok yang telah terikat. Fotoelektrik tersebut telah terhubung dengan PLC sebelumnya. Berikut adalah timing diagram mekanisme kerja tersebut.




Gambar 21. *Timing* Diagram Pengikat Sendok.

### 3.3.4. Analisa Kekuatan Rangka Penopang *Assembly* 3 Axis Menggunakan Software

Assembly 3 axis memiliki berat 39236.46 gram atau dibulatkan menjadi 40 kg. Rangka 3 axis menerima beban dengan asumsi pembebanan merata sebesar 40 kg. berikut adalah hasil simulasi menggunakan *software Solidworks*.




Gambar 22. *Stress Simulation Result.*

Gambar 22 memperlihatkan bahwa *frame* berada pada kondisi sangat aman jika terbebani berat 40 kg. Hal tersebut dapat kita lihat dengan membandingkan warna yang ada pada *frame* dengan warna yang ada pada diagram batang sebelahnya. Warna paling kritis pada *frame* adalah warna hijau. Dengan demikian jika dibandingkan dengan warna diagram batang, warna tersebut memiliki nilai *stress* sekitar 5.692e +006 Nm. Angka tersebut masih jauh dengan nilai *yield strength properties* dari material *carbon steel* yaitu 2.827e +008 Nm**.**

### 3.3.5. Perhitungan Motor *Stepper*

Sebagai penggerak utama gerak pemindah lengan penjepit tumpukan sendok digunakanlah motor *stepper*. Alasan pemilihan motor *stepper* ini adalah ditinjau dari kebutuhannya. Motor *stepper* memiliki karakteristik kelebihan yaitu memiliki respon yang baik terhadap mulai, stop, dan berbalik arah. Motor *stepper* juga dapat memberikan torsi penuh pada saat mulai bergerak. Selain itu posisi motor *stepper* dan pergerakannya dapat ditentukan secara presisi.

Pada pemilihan ini ukuran atau tipe motor *stepper* ditentukan berdasarkan kecepatan *linear* yang akan digerakkan beserta beban yang diterimanya.

Motor stepper dikopel dengan *timing pulley* yang memiliki spesifikasi:

- Jarak picth 5mm
- Memiliki 40 gigi
- *Radius* 31.83mm
- Lebar gigi 25mm

Jadi, setiap 1 kali *timing pulley* berotasi maka *timing belt* yang terkopel pada *timing pulley* berjalan sejauh 200mm

Motor *stepper* di-*setting* bekerja 1 derajat per langkah, maka motor tersebut memerlukan 360 pulsa untuk bergerak sebanyak satu putaran.

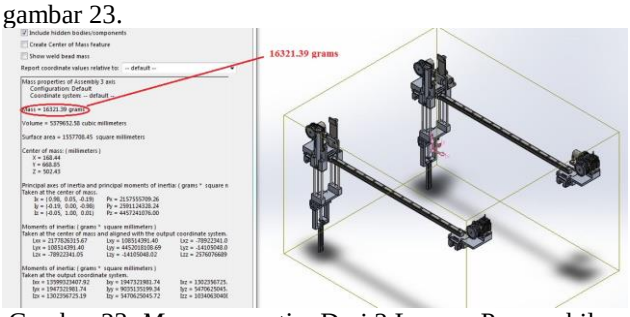
Setiap pergerakan *linear block* pada mekanisme lengan 3 axis diatur dengan kecepatan 1.5 m/s atau 1500mm/s. 1 kali berotasi *timing pulley* menenmpuh jarak 200mm. Jadi kecepatan rotasi pada *timing pulley* adalah:

$$1\ rotasi\ x \frac{1500 \frac{mm}{s}}{200\ mm} = 7.5\ rps$$

Pulsa yang dibutuhkan untuk mencapai kecepatan *linear* 1.5 m/s adalah:

$$360pps\ x\ 7.5 = \mathbf{2700pps}$$

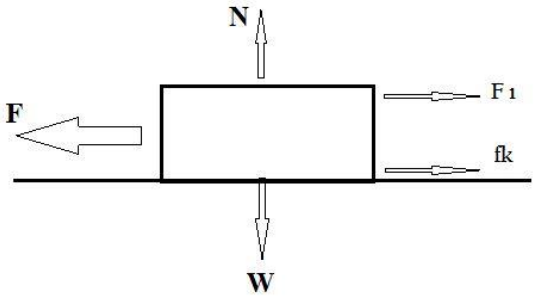
Untuk beban yang ditarik motor *stepper* adalah 2 lengan pengambil tumpukan sendok yaitu seperti pada gambar 23.




Gambar 23. *Mass properties* Dari 2 Lengan Pengambil.

Gambar 23 terlihat bahwa berat total dari 2 lengan pengambil adalah 16321.39 gram atau dibulatkan menjadi 16.32 kg.

Gaya yang diperlukan untuk menarik atau mendorong 2 lengan tersebut dapat digambarkan sebagai berikut:




Gambar 24. Gaya Yang Terjadi Pada *Block*.

Gambar 24 adalah kondisi kritis saat terjadi pada pergerakan block yang ditarik oleh motor *stepper*. Untuk percepatan yang terjadi pada gaya F1 adalah 1.5 m/s². koefisien gesek statis yang terjadi pada fk adalah 0.004.

F = Gaya yang dibutuhkan untuk menarik.
F1 = Gaya akibat perpindahan kecepatan *block*.
Fk = Gaya gesek kinetis.

$$F1 = m\ x\ a = 16.32\ kg\ x\ 1.5 \frac{m}{s^2} = 24.48\ N$$

$$fk = \mu k \text{ x } N \qquad (2.2)$$

$$fk = 0.004 \text{ x } \left(16.32 \text{kg x } 9.81 \frac{m}{s^2}\right) = 0.64\ N$$

Jadi,

$$F = F1 + fk$$
$$F = 24.48\ N + 0.64\ N = 25.12\ N$$

Torsi yang dibutuhkan motor *stepper* untuk menarik gaya sebesar 25.12 N dengan terkopel *timing* pulley yang memiliki *radius* 31.83mm adalah:

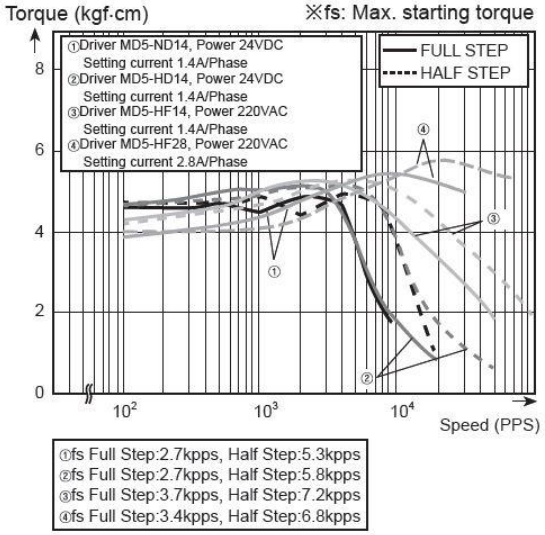
$$\tau = F \; x \; l \tag{2.1}$$

$$\tau = 25.12 \; N \; x 0.03183 m$$

$$\tau = 0.8 Nm = \; \mathbf{8.157 \; kgf.cm}$$

Kebutuhan motor stepper adalah memiliki torsi $\mathbf{8.157 \; kgf.cm}$ dengan kecepatan $\mathbf{2700pps}$. Maka dipilihlah tipe motor sebagai berikut:

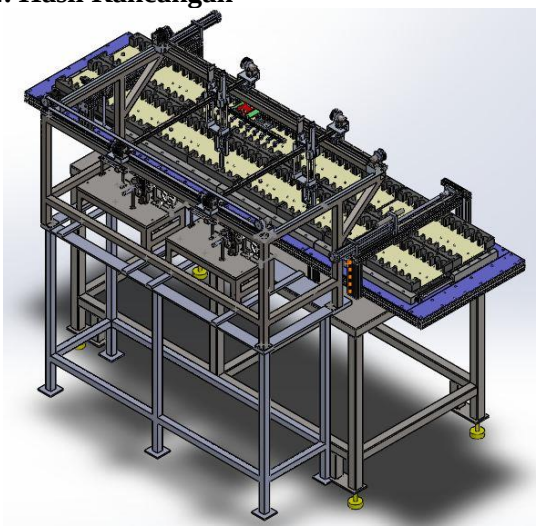
● **A4K-□564 / A4K-M564-B**




Gambar 25. *Autonics A4K-564*.

Penarik lengan pengambil diaplikasikan menggunakan 2 penarik motor *stepper* kiri dan kanan. Hal ini bertujuan untuk keseimbangan gaya tarik maupun dorong. Dari gambar 4.33 meunjukkan bahwa 1 motor *stepper* tidak mampu untuk mengatasi beban tersebut. Oleh sebab itu dipasang 2 sisi motor *stepper* penarik kiri dan kanan. Sehingga motor *stepper Autonics A4K-564* mampu untuk diterapkan pada lengan pengambil tumpukan sendok pada mekanisme 3 axis.

### 3.4. Hasil Rancangan



Gambar 26. Assembly

## 4. Kesimpulan

Perancanganan untuk mesin pengikat sendok pada pengaplikasiannya akan menggunakan dua unit. Hal ini dilakukan karena untuk mengimbangi kecepatan produksi sendok yang diproduksi dalam satu meja *tray conveyor* di PT. X tersebut. Lengan pengambil tumpukan sendok nantinya juga diaplikasikan dua lengan pengambil dalam satu kali kerja.

Sistem penggerak mekanisme pengikat tumpukan sendok digunakan *full* pneumatik karena ketersediaan sumber pneumatik yang sudah ada di PT X tersebut serta kemudannya untuk dikendalikan oleh perangkat *PLC*.

Sistem penggerak untuk lengan pengambil tumpukan sendok digunakanlah motor *stepper* karena memiliki karakteristik kelebihan yaitu memiliki respon yang baik terhadap mulai, stop, dan berbalik arah, memberikan torsi penuh pada saat mulai bergerak. Selain itu posisi motor *stepper* dan pergerakannya dapat ditentukan secara presisi.

Dengan adanya mesin pengikat sendok beserta lengan pengambil tiga axis tersebut diharapkan kualitas proses produksi di PT X meningkat. Khususnya pada produksi sendok plastik.

## 5. Daftar Pustaka

1. Takeshi Sato, H., Sugiarto Hartanto, N. 2010. *Menggambar Mesin Menurut Standar ISO*. PT. Pradnya Paramita: Jakarta.
2. Prasetyo, Gad., Setiawan, Saudi. 1991. *Mengerti Fisika*.Yogyakarta. Andi Offset: Jakarta.
3. P.Croser. 1994. *Pneumatik Tingkat Dasar*. PT Nusantara Cybernetic Eka Perdana: Jakarta.
4. J.P.Hasebrink, R.Kobler. 1989. *Fundamentals of Pneumatic Control Engineering –Textbook*. Festo Didactic: Esslingen.
5. Suswanto, 2014, *Prinsip Kerja Solenoid Valve*. <http://electricmechanic.co.id /2012/09/prinsip-kerja-solenoid-valve-pneumatic.html>
6. Musbikhin. 2013. *Pengantar CX Programmer (Seri Belajar PLC)*. <http://www .musbikhin.com/pengantar-cx-programmer-seri-belajar-plc>
7. Bolton, William. 2004. *Programmable Logic Controller (PLC) Sebuah Pengantar* (3rd ed). Jakarta: Erlangga.
8. Samsiana, Seta, 2013, *Motor Stepper pada Mesin Labelling*. Journal of Electrical and Electronics vol 1. No.2.