

RANCANG BANGUN MODEL KENDARAAN UNTUK AUTOMATED STORAGE AND RETRIEVAL SYSTEM

Randy, Fransiskus Albert[†] dan Anthon de Fretes

Program Studi S1 Teknik Mesin, Universitas Katolik Indonesia Atma Jaya

Abstrak—Pada zaman modern ini, sistem penyimpanan barang sangat penting pada sebuah industri. Sistem penyimpanan diperlukan untuk menyimpan barang mentah untuk produksi, suku cadang, dan barang hasil produksi. Penyimpanan pada umumnya masih dilakukan secara tradisional yaitu manusia langsung meletakkan dan mengambil barang. Metode penyimpanan barang secara tradisional ini tidak efisien, karena membutuhkan waktu mencari barang yang diinginkan dan juga dapat mengakibatkan kecelakaan kerja. Oleh karena itu, metode penyimpanan secara tradisional ini dapat dimutakhirkan dengan membuat sebuah mekanisme pengambilan dan penyimpanan barang secara otomatis yang dikontrol dengan menggunakan *PLC (Programmable Logic Controller)*. Pengambilan serta penyimpanan barang secara otomatis ini dapat memudahkan dalam mencari barang dan juga mengurangi resiko kecelakaan kerja. Sistem ini secara keseluruhan disebut sebagai *ASRS (Automated Storage and Retrieval System)*. Rancang bangun *ASRS* ini juga dapat menjadi sebuah contoh kasus pemuktahiran sistem-sistem tradisional yang masih manual. Dihasilkan model rancang bangun dapat bergerak dengan 3 buah sumbu gerak dengan penyimpanan jarak terbesar terjadi pada platform X yaitu sebesar 1,75 mm. Model rancang bangun dapat membawa benda dengan berat maksimal 5,4584 kg (secara teoritis) dan 11 kg (secara aktual).

Kata kunci—Rancang Bangun, Penyimpanan Barang, 3 Sumbu Gerak

I. PENDAHULUAN

Pada industri umumnya memiliki sebuah ruangan khusus untuk menyimpan barang yang dinamakan ruang penyimpanan. Ruang penyimpanan berfungsi untuk menjadi tempat menyimpan bahan mentah, suku cadang, dan produk. Pengambilan barang secara konvensional yaitu dengan menggerakkan anggota tubuh menuju posisi benda tersimpan. Dewasa ini penyimpanan benda memiliki posisi penyimpanan yang tinggi, sehingga cukup membahayakan pengguna bila menggerakkan anggota tubuh ketempat benda tersimpan. Penggunaan pesawat sederhana seperti tangga awalnya menjadi solusi, selain itu *forklift* juga bisa digunakan untuk mengurangi resiko kecelakaan pada pekerja, namun biaya yang diperlukan akan menjadi lebih mahal dibandingkan penyimpanan ini diubah menjadi otomatis dan diatur menggunakan *PLC*, maka pengguna tidak perlu membahayakan diri untuk mengambil benda yang disimpan. Benda akan diambil dan disimpan oleh sebuah mekanisme yang bergerak secara otomatis. Prioritas pengambilan barang dari tempat penyimpanan adalah barang yang

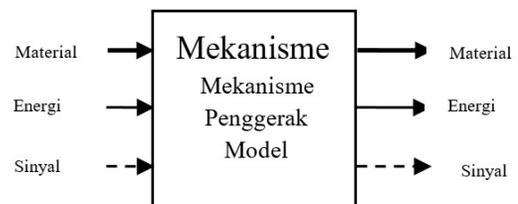
berada di ujung dari suatu *platform* karena barang yang berada di pinggir tanpa perlu membuat pengguna menggerakkan anggota badan ke posisi penyimpanan benda sehingga kecelakaan dan kecelakaan kerja dapat dihindari serta menambah tingkat keamanan dari pekerja.

Pada penelitian ini akan dirancang model yang menyempurnakan sistem-sistem tradisional suatu teknologi yang dapat mengambil benda pada posisi yang diinginkan tanpa perlu membuat pengguna menggerakkan anggota badan ke posisi penyimpanan benda yang diinginkan agar dapat segera diimplementasikan untuk mengambil barang pada *platform x*, *platform y*, dan *platform z* dengan akurasi yang tepat sehingga pendistribusian barang dari penyimpanan lebih efisien dan efektif.

II. METODE PENELITIAN

A. Struktur Fungsi Rancang Bangun

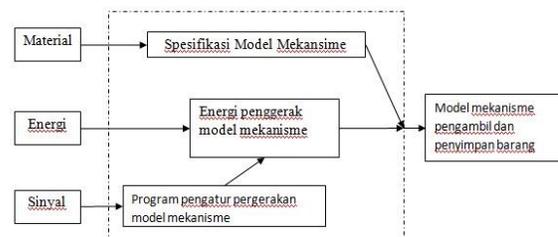
Struktur fungsi rancang bangun model mekanisme untuk *automated storage and retrieval system* adalah sebagai berikut:



Gambar 1. Struktur Fungsi Model [1]

B. Struktur Subfungsi Rancang Bangun Model

Struktur subfungsi rancang bangun model mekanisme untuk *automated storage and retrieval system* adalah sebagai berikut :



Gambar 2. Struktur Subfungsi Model [2]

[†]Corresponding author: Fransiskus Albert (e-mail: fransiskus.201804510118@student.atmajaya.ac.id).

Manuscript received February 7, 2020; revised March 14, 2020.

C. Pemilihan Komponen

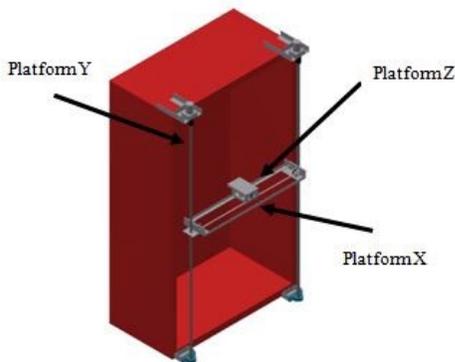
Tabel 1. Tabel Prinsip Solusi [3]

No	Prinsip Solusi / Sub-fungsi	A	B	C
		1	Material Platform X PolylactAcid	Baja
2	Material Platform Y PolylactAcid	Baja	Stainless	
3	Material Platform Z PolylactAcid	Baja	Stainless	
4	Penggerak Platform X Motor Servo	Motor DC	Motor Stepper	
5	Penggerak Platform Y Motor Servo	Motor DC	Motor Stepper	
6	Penggerak Platform Z Motor Servo	Motor DC	Motor Stepper	
7	Alat Kontrol Mekanisme Raspberry Pi	Programmable Logic Controller	Arduino UNO	

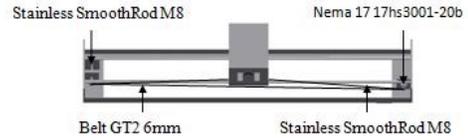
D. Pemilihan Varian Terbaik

Kombinasi varian terbaik yaitu 1-B, 2-C, 3-A, 4-C, 5-B, 6-B, 7-C, pada platform x baja lebih murah dan karena model tidak memerlukan ketahanan terhadap korosi maka penggunaan baja menjadi pilihan yang tepat bagi rancang bangun model ini. Penggerak platform x menggunakan motor stepper dikarenakan tidak memerlukan torsi tinggi dan motor stepper memiliki pengontrolan yang lebih kurat dibandingkan motor DC [4]. Sehingga motor stepper sangat cocok digunakan pada platform x yang membutuhkan ketelitian lebih baik dibandingkan platform Y dan platform Z. PLC lebih mudah untuk dibuat program dan memiliki daya tahan lebih tinggi dari arduino UNO.

E. Perancangan Wujud Model



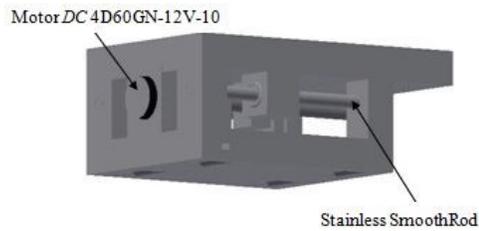
Gambar 3. Gambar Perancangan Wujud Assembly Model



Gambar 4. Gambar Perancangan Wujud Platform X

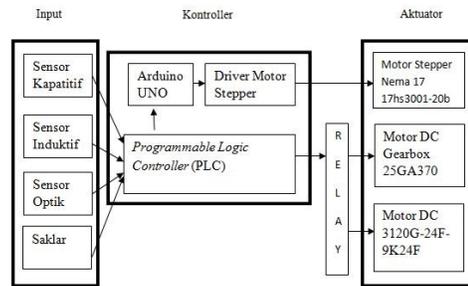


Gambar 5. Gambar Perancangan Wujud Platform Y



Gambar 6. Gambar Perancangan Wujud Platform Z

F. Perancangan Sistem Kendali pada Rancang Bangun Model



Gambar 7. Skema Sistem Kendali Pada Mekanisme[4]

G. 2.7 Perhitungan Beban Maksimal Rancang Bangun Model

Tabel 2. Tabel Koefisien Gesek Material[5]

Screw Material	Nut Material			
	Steel	Bronze	Brass	Cast Iron
Steel, dry	0,15-0,25	0,15-0,23	0,15-0,19	0,15-0,25
Steel, Machine oil	0,11-0,17	0,10-0,16	0,10-0,15	0,11-0,17
Bronze	0,08-0,12	0,04-0,06	-	0,06-0,09

Dari Tabel 3.4 dapat diketahui bahwa nilai koefisien gesek(f) adalah sebesar 0,15 – 0,25.

$$\begin{aligned}
 Torsimotor\ DC\ Gearbox\ 25GA370 &= 8,5kg.cm \\
 Torsimotor\ DC\ Gearbox\ 25GA370 &= 8,5kg.m \times 9,8m/s^2 \\
 Torsimotor\ DC\ Gearbox\ 25GA370 &= 0,833Nm
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

$$\begin{aligned}
 Kedalaman\ ulir\ M8 &= 0,0009\ mm \\
 Major\ Diameter(d) &= 0,008\ m
 \end{aligned}$$

$$\text{Pitch } (p) = 0,0013 \text{ m}$$

$$n = p \times \frac{1}{2} = 0,00125\text{m} \times \frac{1}{2} = 0,000625\text{m} = 0,625\text{mm}$$

$$d_m = 8\text{mm} - \frac{1,25}{2} = 7,375\text{mm}$$

$$d_m = d_r$$

$$l = p = 0,0013 \text{ mm (single thread)}$$

$$T_R = \frac{F}{2} \times \left(d_m \left(\frac{1+\pi \times f \times d_m}{\pi \times d_m - f \times l} \right) + f_c \times d_c \right) \quad (2)$$

$$F = 268,344 \text{ N}$$

Gaya yang diperoleh dari perhitungan diatas merupakan gaya yang bergerak secara vertikal, sehingga perlu diubah menjadi gaya horizontal untuk mengetahui beban maksimal yang dapat di gerakkan oleh *platform Z*. Oleh karena itu dilakukan perhitungan sebagai berikut :

$$F_{\text{vertikal}} = F_{\text{horizontal}} = 268,344\text{N}$$

Dari perhitungan diatas maka beban benda maksimal yang dapat diangkat oleh *platform Z* adalah sebesar 268,344 N.

Menghitung beban maksimal yang dapat dibawa oleh *platform Y* yaitu dengan mengetahui berat dari bagian atas *platform Y* dan menghitung dengan persamaan ulir daya. Oleh karena itu maka berikut adalah perhitungan berat maksimal yang dapat dibawa oleh *platform Y* :

$$\text{Torsi motor DC Gearbox 4D60GN-12V-10} = 1,029 \text{ Nm}$$

$$\text{Kedalaman ulir M20} = 1,534 \text{ mm} = 0,0015 \text{ m}$$

$$\text{Major Diameter}(d) = 20 \text{ mm} = 0,02 \text{ m}$$

$$\text{Pitch}(p) = 2,5 \text{ mm} = 0,0025 \text{ m}$$

$$n = p \times \frac{1}{2} = 0,00125\text{m} \times \frac{1}{2} = 0,000625\text{m} = 0,625\text{mm}$$

$$d_m = 20\text{mm} - \frac{1,25}{2} = 19,375\text{mm}$$

$$d_m = d_r$$

$$l = p = 1,25\text{m (single thread)}$$

$$T_R = \frac{F}{2} \times \left(d_m \left(\frac{1+\pi \times f \times d_m}{\pi \times d_m - f \times l} \right) + f_c \times d_c \right) \quad (3)$$

$$F = 720,912 \text{ N}$$

Gaya angkut 1 buah ulir pada *platform Y* = 720,912 N, karena ulir yang digunakan ada 2 buah. Maka gaya angkat minimal dari *platform Y* = 1441,824 N.

Menghitung beban maksimal yang dapat dibawa oleh *platform X* yaitu dengan mengetahui berat dari bagian atas *platform X* dan menghitung dengan persamaan ulir daya seperti pada persamaan (2.9). Oleh karena itu maka berikut adalah perhitungan berat maksimal yang dapat dibawa oleh *platform X* :

$$\text{Torque}_A = (T_1 - T_2) \times r_A \quad (4)$$

Dari persamaan diatas, bila kita mencari besar gaya tarik dari sabuk, maka persamaan diatas dapat di substitusi menjadi persamaan dibawah ini:

$$\text{Torque}_A = (T_1 - T_2) \times r_A \quad (5)$$

$$\Delta T = \frac{\text{Torque}_A}{r_A}$$

$$\text{Torsi motor stepper Nema 17 17hs3001-20b} = 0,4 \text{ Nm}$$

$$\text{Jari - jari puli A} = 6 \text{ mm}$$

$$\Delta T = 66,66\text{N}$$

Dari perhitungan diatas, diperoleh gaya tarik yang dikerjakan oleh puli dan sabuk adalah 66,66 N. Diketahui berat *platform X* adalah 7,7 kg dan berat *platform Z* adalah 0,665 kg. Maka berat total yang dapat dibawa oleh mekanisme dapat dihitung seperti dibawah ini:

$$F_{\text{platformx}} - W_{\text{platformz}}$$

$$= 66,66\text{N} - 6,517\text{N}$$

$$= 60,143\text{N}$$

$$= 6,137\text{kg} \quad (6)$$

Platform X dijadikan acuan karena *platform X* memiliki nilai gaya angkat terendah dibandingkan dengan gaya angkat dari *platform* lainnya.

Untuk mengetahui kemiringan sudut *self-locking* adalah seperti dibawah ini :

$$\pi \times f \times d_m > l \quad (7)$$

$$15,209 > 1,25$$

Dari perhitungan diatas, diperoleh bahwa 15,209 lebih besar dari 1. Maka bila motor penggerak *platform Y* pada kondisi diam, poros ulir akan dalam kondisi *self-locking*. Sehingga *platform Y* aman dan tidak akan bergerak sendiri.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Model Mekanisme Untuk ASRS



Gambar 8. Gambar Aktual Rancang Bangun Model Untuk ASRS

B. Pengujian Beban Maksimal Aktual Rancang Bangun Model

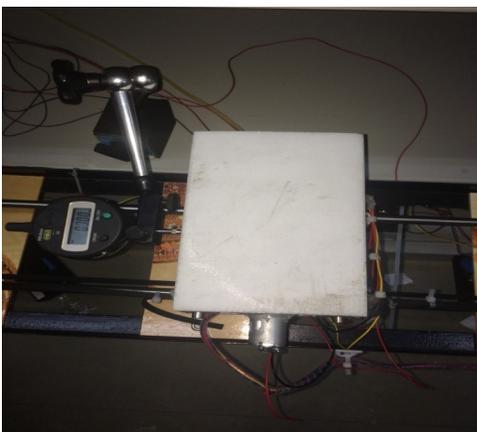
Eksperimen untuk mencari nilai beban maksimal aktual pada model mekanisme ASRS yaitu dengan memberikan beban dan menggerakkan secara manual *platform* pada masing-masing sumbu. Tahap awal percobaan yaitu menentukan variasi beban yang akan diberikan yaitu 5,5 kg, 11 kg, dan 16,5 kg. Beban 5,5 kg diletakkan pada mekanisme lalu digerakkan secara manual pada masing-masing sumbu gerak. Pada

pergerakan masing-masing sumbu diamati apakah model mekanisme dapat menggerakkan beban tersebut. Bila model mekanisme dapat menggerakkan beban pada satu sumbu maka dilanjutkan pada sumbu lainnya hingga semua sumbu telah dicoba. Bila berhenti pada salah satu sumbu gerak maka diasumsikan model tidak dapat memindahkan beban tersebut. Bila dapat bergerak pada semua sumbu maka dilanjutkan dengan variasi beban lainnya.

Setelah percobaan dilakukan, diperoleh hasil yang menunjukkan berat maksimal yang dapat dipindahkan oleh model mekanisme ASRS. Hasil diperoleh ketika pemberian beban sebesar 11 kg pada platform z. Platform z tetap dapat bergerak tetapi pergerakan platform tidak stabil. Keadaan tidak stabil ini adalah hal yang tidak diinginkan dalam perancangan, karena dapat menyebabkan jatuhnya barang yang akan dipindahkan. Oleh karena itu, beban maksimal yang dapat dipindahkan kurang dari 11 kg.

C. Pengujian Ketelitian Rancang Bangun Model

Eksperimen ketelitian pengambilan barang dilakukan dengan cara membuat titik acuan berhenti dari pergerakan masing-masing platform [6]. Jarak acuan dari titik 0 mesin masing – masing adalah 60 cm pada pergerakan platform X, 20 cm pada pergerakan platform Y, dan 5,65cm pada platform Z. Pada titik acuan diletakkan dial yang telah di-zero. Pemasangan dial ditunjukkan pada Gambar 9, Gambar 10, dan Gambar 11 dibawah ini.



Gambar 9. Gambar Zero Dial Platform X

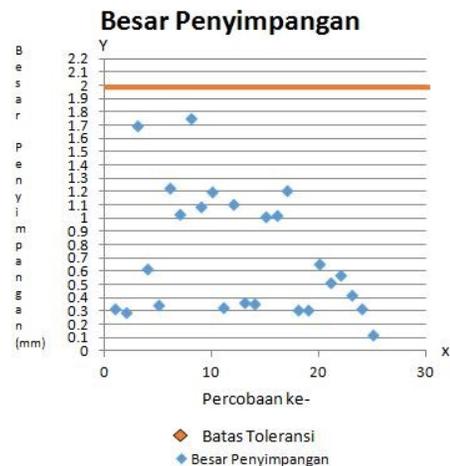


Gambar 10. Gambar Zero Dial Platform Y Model

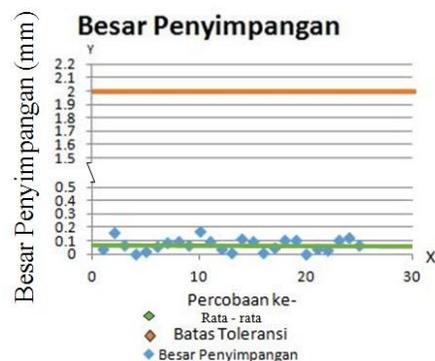


Gambar 11. Gambar Zero Dial Platform Z

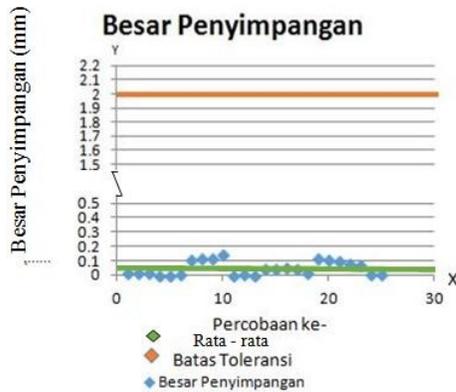
Hasil Percobaan diatas menghasilkan grafik data sebagai berikut. Dimana titik merah melambangkan batas toleransi penyimpangan sebesar 2 mm. Sedangkan titik biru melambangkan besar penyimpangan yang diperoleh dari eksperimen. Grafik data dari yang diperoleh dari percobaan ditunjukkan oleh Gambar 12, Gambar 13, dan Gambar 14 dibawah ini.



Gambar 12. Grafik Penyimpangan Platform X



Gambar 13. Grafik Penyimpangan Platform Y



Gambar 14. Grafik Penyimpangan Platform Z

D. Pengujian Pengaruh Beban Terhadap Waktu Pengambilan

Eksperimen pengukuran waktu pengambilan barang terhadap berat dilakukan dengan memberikan variasi berat beban dari benda yang akan dipindahkan oleh model mekanisme pada ASRS kemudian dicatat waktu yang ditempuh oleh model untuk melakukan proses pengambilan barang pada suatu titik yang sama. Variasi beban yang ditentukan adalah sebesar 0 gram (tanpa beban), 1000 gram, 2500 gram, 4000 gram dan 5000 gram. Waktu yang diperoleh berdasarkan eksperimen yang dilakukan ditunjukkan pada Tabel 3 dibawah ini:

Tabel 3. Waktu Pengambilan Terhadap Berat

Berat benda yang dibawa (gram)	Waktu mencapai titik H (sekon)
0	82.42
1000	84.182
2500	85.97
4000	86.782
5000	88.208

Dari tabel diatas, dapat diketahui bahwa penambahan waktu yang diperlukan untuk melakukan satu siklus pengambilan pada titik H berbanding lurus dengan penambahan berat yang dibawa oleh model. Eksperimen ini membuktikan bahwa besar beban benda yang dipindahkan oleh model mempengaruhi waktu kerja. Semakin berat beban benda yang dipindahkan oleh model maka semakin besar waktu yang dibutuhkan oleh model untuk mengambil dan meletakkan benda.

IV. SIMPULAN

Setelah melakukan perancangan, pengambilan data, dan eksperimen pada hasil rancang bangun model mekanisme pada ASRS, maka dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1) Rancang bangun model mekanisme pada ASRS dapat diwujudkan dan dapat beroperasi untuk menjangkau posisi yang tinggi.[7]

2) Rancang bangun berhasil mengambil benda pada posisi yang diinginkan tanpa perlu membuat pengguna menggerakkan anggota badan ke posisi penyimpanan benda yang dimaksud.

3) Rancang bangun model ini aman digunakan untuk mengambil dan meletakkan barang.

4) Rancang bangun model dapat bergerak dengan 3 buah sumbu gerak.

5) Rancang bangun memiliki penyimpangan jarak terbesar terjadi pada platform X yaitu sebesar 1,75 mm.

6) Rancang bangun dapat membawa benda dengan berat maksimal 5,4584 kg (secara teoritis) dan 11 kg (secara aktual).

7) Pengambilan barang hanya bisa dilakukan pada benda yang berada pada posisi paling luar dari tempat penyimpanan.

The authors would like to thank...

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Petruzella Frank, *Programmable Logic Controllers*, 4th ed., (2010)
- [2] Said Hanif, Aplikasi *Programmable Logic Controller (PLC)* dan Sistem Pneumatik pada Manufaktur Industri, (2012).
- [3] Michael F. A., *Materials Selection in Mechanical Design*. 3th ed. Jordan Hill, (2005)
- [4] Setiawan Iwan., *Programmable Logic Controller (PLC)* dan Teknik Perancangan Sistem Kontroler, (2006)
- [5] Shigley, Joseph Edward., Mitchell, Larry D., Harahap, Gandhi., *Perencanaan Teknik Mesin*. 4th ed. ,(1986)
- [6] Bolton., William, *Programmable Logic Controller (PLC)* Sebuah Pengantar Edisi Ketiga, (2003)
- [7] de Silva, C. W, *Mechatronics: An integrated Approach*, (2005)