

RANCANG BANGUN LENGAN ROBOT PENGGAMBAR BIDANG DATAR DUA DIMENSI**Hafid Dian Aji Mahendra^{1*}, Kalista Hertavianda², Leonardus Febrianto Wicaksono³,
Johan Wandi⁴, Anggy Yuandari⁵**^{1,2,3,4,5} Program Studi Teknik Mekatronika, Politeknik ATMI Surakarta

Jl. Mojo No. 1 Karangasem, Laweyan, Surakarta 57145

*Email: wandi.wicaksono@atmi.ac.id

Abstrak

Laboratorium robotika ingin membuat lengan robot sebagai salah satu sarana pendidikan. Tujuan pembuatan lengan robot yang hendak dicapai adalah lengan robot mampu melakukan gerakan menggambar bangun datar dua dimensi dengan kepresisian kurang dari 5 mm. Lengan robot ini terdiri dari lima axis yang digerakkan oleh aktuator pada setiap axisnya. Program dari PC dalam bentuk file .gcode diproses melalui pronterface. Pronterface digunakan untuk mengubah input gcode menjadi serial bytes sehingga dapat dibaca dan diproses oleh kontroler. Arduino mega 2560 digunakan sebagai kontroler untuk memerintah driver motor stepper dalam bentuk pulse dan sign. Driver motor tersebut akan menggerakkan kelima motor pada lengan robot. Pembuatan lengan robot dimulai dengan menentukan spesifikasi, merancang konsep, merancang cara kerja robot, memilih komponen, membuat desain produk, membuat produk, pengujian dan troubleshooting. Hasil yang didapatkan dari tugas akhir berupa lengan robot dengan dimensi 413 mm x 123 mm x 272 mm. Lengan robot dapat menggambar pada bidang gambar arah sumbu X dengan kepresisian sebesar 0 mm dan pada arah sumbu Y sebesar 0,5 mm. Lengan robot ini masih perlu pengembangan lebih lanjut agar proses pergerakan lengan robot dalam menggambar menggunakan g-code yang diinput secara manual dapat mengubah sebuah file gambar menjadi g-code secara otomatis.

Kata kunci: axis, aktuator, kontroler, g-code

1. PENDAHULUAN

Laboratorium robotika ingin membuat lengan robot sebagai salah satu sarana pendidikan. Pembuatan lengan robot perlu dilakukan untuk menunjang materi pembelajaran robotika melalui lengan robot. Tujuan pembuatan lengan robot yang hendak dicapai adalah lengan robot mampu melakukan gerakan menggambar bangun datar dua dimensi. Bangun datar dua dimensi digambar menggunakan spidol sebagai tool pada bidang datar dua dimensi. Prinsip lengan robot ini sama seperti lengan manusia dengan memperhitungkan koordinat titik awal dan titik akhir penggambaran serta kepresisian hasil gambar.

Penelitian yang berjudul "Robot Penggambar Dua Dimensi" membahas tentang pembuatan *prototype* robot yaitu robot kartesian. Lengan robot ini memiliki 4 derajat kebebasan atau *degree of freedom* (4-DOF) yang terdiri dari 3 gerakan translasi dan 2 gerakan rotasi dan hanya dirancang untuk membuat sebuah gambar lingkaran dengan variasi ukuran. Kofigurasi kartesian memiliki pergerakan pada sumbu X, Y dan Z. Robot kartesian memiliki bentuk perhitungan kinematik yang paling sederhana karena hanya konfigurasi linear (Welly Anggoro, 2009).

Membangun lengan robot penggambar bidang datar dua dimensi buatan sendiri dapat diwujudkan berdasarkan dasar teori yang ada. Melalui sumber yang sudah ada, teknologi lengan robot pada tugas akhir ini akan direalisasikan dengan mekanisme yang lebih sederhana dengan pergerakan sumbu X, Y, dan Z menggunakan *interface* yang berfungsi untuk pengaturan yang dapat disesuaikan dengan kehendak pengguna.

2. METODOLOGI

Proses penelitian ini memerlukan beberapa bahan dan peralatan sebagai perlengkapan dalam proses perancangan sistem. Proses penelitian menggunakan beberapa metode

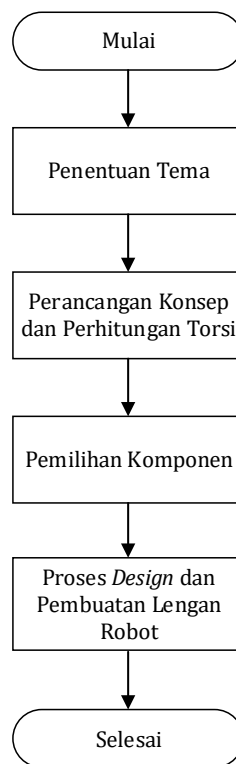
pengumpulan data dan pengujian. Data pengujian yang telah terkumpul selanjutnya akan dianalisa dan dari analisa data tersebut dapat ditarik kesimpulan. Kesimpulan akan menjawab apakah perancangan dan pembuatan sistem sudah sesuai dengan tujuan yang hendak dicapai.

2.1. Metode Pengerjaan

Metode pengerjaan yang digunakan dalam perancangan mesin ini adalah dengan teknik pengumpulan data dan pengujian produk. Pengambilan data dan pengujian produk terdiri dari pengujian produk secara umum dan pengujian hasil gambar. Pengujian produk dapat dilakukan setelah pengerjaan produk terselesaikan dengan membandingkan dasar teori yang sudah tercantum. Analisis sistem dapat dilakukan berdasarkan data yang telah terkumpul selama proses pengerjaan dan pengujian sistem.

2.2. Proses Pengerjaan

Metode pengerjaan dilakukan dengan beberapa tahapan yang ditunjukkan pada *flowchart* di gambar 1.



Gambar 1. Flowchart Proses Penelitian

2.2.1. Penentuan Tema

Langkah pertama dalam pembuatan tugas akhir ini adalah dengan menentukan tema yang akan diambil dan menentukan tujuan dari pembuatan tugas akhir. Langkah selanjutnya adalah mencari serta mengumpulkan referensi maupun literatur. Pengumpulan literatur akan menghasilkan berbagai data yang dapat digunakan dalam penyusunan batasan masalah dan identifikasi masalah. Pengumpulan data juga digunakan untuk menentukan spesifikasi produk yang akan dibuat dalam tugas akhir. Penentuan tema, tujuan, dan spesifikasi produk dilakukan dengan cara berdiskusi dengan beberapa instruktur dan dosen di Politeknik ATMI Surakarta.

2.2.2. Perancangan Konsep dan Perhitungan Torsi

Seluruh anggota kelompok bersama dengan dosen pembimbing mendiskusikan tentang konsep yang akan digunakan dalam pembuatan lengan robot. Konsep tersebut meliputi

perencanaan cara kerja produk dan perencanaan komponen yang akan digunakan. Perancangan konsep yang telah dibuat selanjutnya akan direalisasikan menjadi sebuah produk. Perencanaan *motor stepper* yang digunakan disesuaikan dengan torsi minimal yang dibutuhkan untuk menggerakkan lengan robot. Berikut adalah langkah-langkah yang dilakukan dalam menentukan torsi total motor.

1. Menghitung torsi beban pada *pulley* dengan menggunakan rumus berikut :

$$T_L = \frac{(F + W) \times D}{2 \times \eta}$$

Rumus 1. Perhitungan Torsi Beban

dengan:

T_L = Torsi beban

F = Gaya (Tension x μ)

μ = Koefisien gesek permukaan (0,5)

W = Massa benda kerja x g

g = Percepatan gravitasi

η = Efisiensi (0,8)

D = Diameter *pulley*

D = Diameter *pulley*

2. Menghitung momen inersia pada belt dengan menggunakan rumus berikut :

$$J_L = m_L \times L^2$$

Rumus 2. Perhitungan Momen Inersia Beban

$$J_P = \frac{1}{8} m_P \times D^2$$

Rumus 3. Perhitungan Momen Inersia Pulley

$$J_B = \frac{1}{4} m_B \times D^2$$

Rumus 4. Perhitungan Momen Inersia Belt

$$J_{total} = J_L + J_P + J_B$$

Rumus 5. Perhitungan Momen Inersia Total

dengan :

J_{total} = Momen inersia total

J_L = Momen inersia beban

J_P = Momen inersia *pulley*

J_B = Momen inersia *belt*

m_L = Massa beban

m_P = Massa *pulley*

3. Menghitung torsi akselerasi dengan menggunakan rumus berikut :

$$T_a = \frac{2 \times \pi \times N_m}{60 \times t_a} \times (J_m + J_P + J_B)$$

Rumus 6. Perhitungan Torsi Akselerasi

dengan:

T_a = Torsi akselerasi

J_m = Momen inersia motor

J_P = Momen inersia *pulley*

J_B = Momen inersia *belt*

N_m = Rpm motor

t_a = Waktu akselerasi/deselerasi

4. Menghitung torsi total dengan menggunakan rumus berikut :

$$T_M = (T_L + T_a) \times S_f$$

Rumus 7. Perhitungan Torsi Motor

dengan:

T_M = Torsi motor

S_f = Angka keamanan

2.2.3. Pemilihan Komponen

Pemilihan komponen dilakukan dengan mendiskusikan dan menyampaikan alasan pemilihan komponen, kelebihan, dan kekurangan komponen bersama dengan dosen pembimbing. Tahap ini juga terdiri dari kegiatan survei komponen yang akan digunakan dalam pembuatan tugas akhir untuk menentukan perkiraan biaya komponen baik secara *online* maupun *offline*. Komponen-komponen yang dibutuhkan dalam pembuatan lengan robot antara lain.

1. Motor Stepper

Motor *stepper* adalah perangkat elektromekanis yang bekerja dengan mengubah pulsa elektronis menjadi gerakan mekanis. Motor stepper bergerak berdasarkan urutan pulsa yang diberikan kepada motor. Pengendali motor stepper yang membangkitkan pulsa-pulsa periodik diperlukan untuk menggerakkan motor. Motor *stepper* yang digunakan adalah motor Nema 11, Nema 17, dan Nema 23.



Gambar 2. Motor Stepper Nema

2. Timing Belt

Timing belt adalah sistem transmisi tenaga/daya dari poros yang satu ke poros yang lain melalui *belt* yang melingkar/melilit pada *pulley* yang terpasang pada poros-poros tersebut. *Timing belt* digunakan sebagai sumber penggerak untuk menghubungkan secara mekanis dua poros yang berputar. *Timing belt* yang digunakan adalah tipe GT2 dan GT3.



Gambar 3. Timing Belt

3. Timing Pulley

Timing pulley adalah suatu alat mekanis yang digunakan sebagai sabuk untuk menjalankan sesuatu kekuatan alur yang berfungsi menghantarkan suatu daya. Fungsi dari *timing pulley* sebenarnya hanya sebagai penghubung mekanis antara *timing belt* dan motor. *Timing pulley* yang digunakan menyesuaikan tipe *timing belt* yang digunakan yaitu tipe GT2 dan GT3.

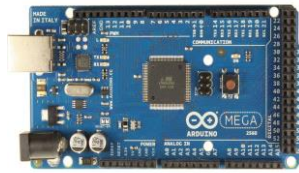


Gambar 4. Timing Pulley

4. Arduino Mega 2560

Arduino Mega 2560 merupakan sebuah *board* mikrokontroler berbasis ATmega 2560. Arduino Mega 2560 dipilih sebagai kontroler karena memiliki jumlah pin yang banyak

dan memiliki *flash memory* sebesar 256KB yang cukup untuk menampung program yang banyak. Arduino Mega 2560 digunakan sebagai kontroler utama dalam sistem.



Gambar 5. Arduino Mega 2560

5. *Stepper Motor Driver* DRV8825

Stepper motor driver merupakan rangkaian *switching* arus yang mengalir lilitan pada motor *stepper*. Penambahan kecepatan pada motor *stepper* dapat dilakukan dengan cara meningkatkan frekuensi pemberian data pada rangkaian *switching* arus.



Gambar 6. Stepper Motor Driver DRV8825

6. *Stepper Motor Driver* TB6600

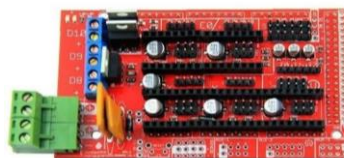
Driver TB6600 adalah *driver stepper PWM chopper type single chip* bipolar sinusoidal *micro-step*. Beban maksimum driver adalah 4.5 A dengan tegangan 9 V_{DC} sampai dengan 42 V_{DC}.



Gambar 7. Stepper Motor Driver TB6600

7. Ramps 1.4

Modul ramps 1.4 terdiri dari papan Arduino mega 2560 dan maksimal lima *driver motor stepper*. Ramps 1.4 dapat mengontrol hingga lima motor *stepper* dengan sebuah *heatbed*, kipas angin, *LCD controller*, 12 V_{DC} *power supply*, tiga *thermistor*, dan enam *stopper*.



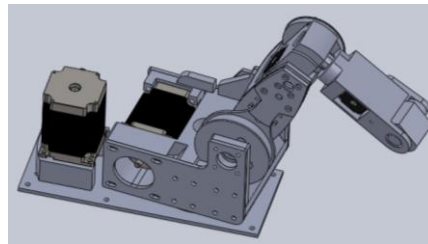
Gambar 8. Ramps 1.4

2.2.4. Proses *Design* dan Pembuatan Lengan Robot

Merancang desain mekanik lengan robot dalam bentuk dua dimensi maupun tiga dimensi. Gambar desain *wiring* diagram elektrik juga diperlukan untuk menyambungkan bagian kontrol dengan motor yang digunakan. Tahap ini dilakukan untuk mempermudah pengerjaan lengan robot, baik secara mekanik maupun secara elektrik. Pembuatan lengan robot dimulai dengan pembentukan *body* lengan robot dengan *print 3D printing*, kemudian dilanjutkan dengan merakit komponen mekanik sekaligus komponen elektrik.

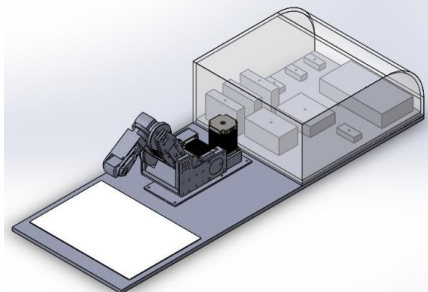
Bagian mekanik yang telah diproses akan dirakit menjadi lengan robot yang utuh. Proses perakitan dilakukan menjadi dua bagian utama yaitu bagian atas dan bagian bawah. Bagian atas lengan robot terdiri dari *axis* kelima, *axis* keempat, dan *axis* ketiga. Bagian bawah

perakitan dilakukan pada *axis* pertama dan *axis* kedua. Kedua bagian tersebut disatukan menjadi lima *axis*.



Gambar 9. Design Lengan Robot

Lengan robot yang sudah jadi selanjutnya akan dirakit dengan bagian-bagian *hardware* lainnya, yaitu bagain papan gambar dan panel operasi. Papan gambar terdiri dari dua bagian utama yaitu papan kayu dan penjepit. Papan kayu digunakan sebagai alas untuk menggambar. Penjepit akan digunakan untuk menjepit kertas *HVS A4* yang akan digunakan dalam proses penggambaran bidang datar dua dimensi. Panel operasi digunakan sebagai tempat untuk meletakkan semua komponen elektrik yang digunakan seperti kontroler, *power supply*, *ramps 1.4*, dan *driver motor*. *Cover* untuk panel terbuat dari *acrylic* transparan untuk melindungi komponen didalamnya agar terhindar dari debu dan kotoran.



Gambar 8. Design Hardware Keseluruhan

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Rancangan sistem yang telah dibuat selanjutnya akan direalisasikan menjadi purwarupa yang berupa lengan robot. Hasil implementasi dan perancangan *hardware* dan elektrik dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 9. Hardware Keseluruhan

Rancangan sistem yang telah direalisasikan selanjutnya akan diuji melalui beberapa proses pengujian dan pengambilan data. Tujuan dari pengujian adalah untuk melihat apakah lengan robot yang telah dibuat sudah sesuai dengan tujuan. Pengujian yang dilakukan pada lengan robot akan dijelaskan pada bagian berikut ini.

3.1. Pengujian Lengan Robot terhadap Beban

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui seberapa kuat lengan robot mampu mengangkat beban yang diberikan. Pengujian dilakukan dengan cara mengganti-ganti berat beban yang diberikan pada lengan robot hingga diketahui berat beban maksimalnya. Massa

beban maksimal yang dapat diangkat oleh lengan robot adalah 350 g atau setara dengan 3,43 N yang dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

Tabel 1. Pengujian Lengan Robot terhadap Beban

No.	Massa Beban (g)	Berat Beban (N)	Terangkat (Ya / Tidak)
1.	0	0	Ya
2.	50	0,49	Ya
3.	100	0,98	Ya
4.	150	1,47	Ya
5.	200	1,96	Ya
6.	250	2,45	Ya
7.	300	2,94	Ya
8.	350	3,43	Ya
9.	400	3,92	Tidak

3.2. Pengujian Keakuratan Hasil Gambar terhadap Bidang Gambar Arah Sumbu X

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui tingkat keakuratan hasil gambar yang berupa garis datar horizontal. Pengujian dilakukan terhadap bidang gambar yaitu kertas *HVS* A4 dengan arah horizontal atau arah sumbu X. Tabel cuplikan per sepuluh kali percobaan yang diperoleh dari pengujian yang dilakukan dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 2. Pengujian Keakuratan Bidang Gambar Arah Sumbu X

Cuplikan Percobaan ke-	SP_1	SP_2	A_1	A_2	E_1	E_2
10	0	30	0	30	0%	0%
20	0	30	0	30	0%	0%
30	0	30	0	30	0%	0%
40	0	30	0	30	0%	0%
50	0	30	0	30	0%	0%
60	0	30	0	30	0%	0%
70	0	30	0	30	0%	0%
80	0	30	0	30	0%	0%
90	0	30	0	30	0%	0%
100	0	30	0	30	0%	0%

Keterangan :

SP_1 : Set Point Start

A_1 : Actual Point Start

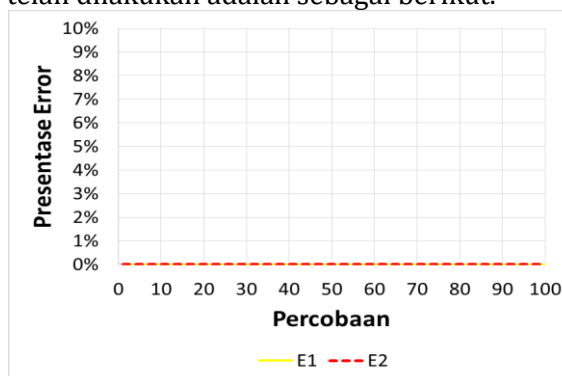
E_1 : Error Start

SP_2 : Set Point End

A_2 : Actual Point End

E_2 : Error End

Grafik dari pengujian yang telah dilakukan adalah sebagai berikut.



Gambar 10. Grafik Keakuratan Arah Sumbu X

3.3. Pengujian Keakuratan Hasil Gambar terhadap Bidang Gambar Arah Sumbu Y

Pengujian bertujuan mengetahui bahwa tingkat keakuratan hasil gambar berupa garis datar vertikal telah memenuhi toleransi yang diijinkan. Pengujian dilakukan terhadap bidang gambar yaitu kertas *HVS* A4 dengan arah vertikal atau arah sumbu Y. Tabel cuplikan per sepuluh kali percobaan yang diperoleh dari pengujian yang dilakukan dapat dilihat pada tabel pengujian berikut.

Tabel 3. Pengujian Keakuratan Bidang Gambar Arah Sumbu Y

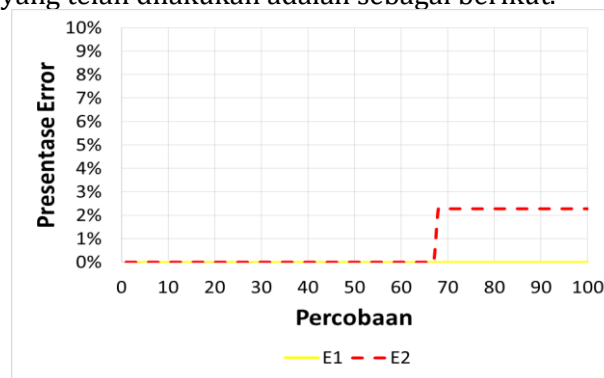
Cuplikan Percobaan ke-	SP_1	SP_2	A_1	A_2	E_1	E_2
10	0	22	0	22	0%	0%
20	0	22	0	22	0%	0%
30	0	22	0	22	0%	0%
40	0	22	0	22	0%	0%
50	0	22	0	22	0%	0%
60	0	22	0	22	0%	0%
70	0	22	0	22,5	0%	2%
80	0	22	0	22,5	0%	2%
90	0	22	0	22,5	0%	2%
100	0	22	0	22,5	0%	2%

Keterangan :

SP_1 : Set Point Start A_1 : Actual Point Start E_1 : Error Start

SP_2 : Set Point End A_2 : Actual Point End E_2 : Error End

Grafik dari pengujian yang telah dilakukan adalah sebagai berikut.



Gambar 11. Grafik Kepresisian Arah Sumbu Y

4. KESIMPULAN

Kesimpulan yang didapatkan dari hasil perancangan dan pengujian pada lengan robot yaitu kelima *axis* pada lengan robot dapat bergerak sesuai dengan fungsinya. Kelima *axis* dapat melakukan pergerakan menggambar bidang datar dua dimensi dengan kepresisian pada masing-masing bidang gambar yaitu bidang gambar arah sumbu X dan arah sumbu Y. Lengan robot dapat menggambar pada bidang gambar arah sumbu X dengan kepresisian sebesar 0 mm dan pada bidang gambar arah sumbu Y sebesar 0,5 mm. Kepresisian tersebut sudah memenuhi batasan toleransi kepresisian gambar yang telah ditentukan yaitu kurang dari 5 mm.

DAFTAR PUSTAKA

- Anggoro, Welly. (2008). *Robot Penggambar Dua Dimensi* (Skripsi Fakultas Ilmu Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Departemen Fisika). Universitas Indonesia, Jakarta, Indonesia.
- Automation Indo. (2016). Pengertian dan Cara Kerja Motor *Stepper*. Diakses 11 Oktober 2019, dari <http://www.automationindo.com/article/574/pengertianmotor-stepper#.XbukQJozbiW>
- Nugroho, Agustinus Welly Adi. (2015). *Lengan Robot Penggambar Bidang Dua Dimensi Berbasis Mikrokontroler dengan PC* (Tugas Akhir Fakultas Sains dan Teknologi). Universitas Sanata Dharma, Yogyakarta, Indonesia.
- Redaksi Sinau Arduino. (2016). Mengenal Arduino *Software IDE*. Diakses 10 Oktober 2019, dari <http://www.sinauarduino.com/artikel/mengenal-arduinosoftware-ide/>
- Suprianto. (2015). Rangkaian Driver/Kontrol Motor *Stepper*. Diakses 26 Oktober 2019, dari <http://blog.unnes.ac.id/antosupri/rangkaian-driverkontrol-motor-stepper/>
- Wahyuningsih, Atika. (2013). Transmisi Sabuk. Diakses 26 Oktober 2019, dari <http://www.elemenmesinbyatikawahyuningsih.com/2013/01/transmisi-sabuk.html>