

## Desain dan Analisis Model Lengan Robot untuk Memindahkan Material

Ignatius Gunawan Widodo\*, Hartono, Bambang Tjahyono, Eni Safriana, Thoif Zara Amrullah

Program Studi D3 Teknik Mesin, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Semarang

Jl. Prof. H. Soedarto, S.H., Tembalang, Kota Semarang, Jawa Tengah 50275

\*Email: ignatius.gunawan.widodo@polines.ac.id

*Diajukan: 22-07-2023; Diterima: 20-08-2023; Diterbitkan: 21-08-2023*

### Abstrak

Teknologi bidang industri terus berkembang sesuai dengan kebutuhan pasar, salah satunya adalah perkembangan robot industri yang mampu bekerja secara efisien dan mampu menggantikan tenaga manusia. Penelitian ini membuat robot yang dapat digerakkan menuju 3 sumbu yaitu X, Y, dan Z dengan konsep menyerupai lengan manusia agar dapat mempermudah proses pemindahan barang dari satu tempat ke tempat yang lain. Pada beberapa industri proses pemindahan barang masih menggunakan tenaga manusia atau manual, sedangkan perintah yang dilakukan tergolong banyak dan berulang. Hal tersebut mendorong pembuatan lengan robot agar dapat mengurangi peran manusia dalam proses pemindahan barang sehingga lebih efisien. Tujuan penelitian ini adalah membuat model lengan robot untuk simulasi pemindahan material berupa lembaran material. Metode penelitian adalah Research and Development (R&D) dengan membuat produk kemudian menguji produk yang dihasilkan. Hasil dari pembuatan lengan robot ini adalah mampu memindahkan material berupa lembaran material (*sheet metal*) yang mempunyai permukaan rata dan bersih agar dapat dicekam oleh *suction cup*.

**Kata kunci:** Lengan robot; pemindah barang; *transfer dies*; *suction cup*

### Abstract

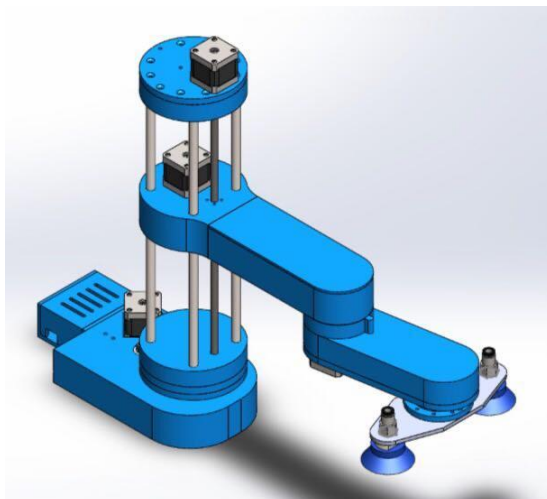
*Industrial technology continues to develop according to market needs, one of which is the development of industrial robots that are able to work efficiently and are able to replace human labor. This research makes a robot that can be moved towards 3 axes namely X, Y, and Z with a concept resembling a human arm in order to facilitate the process of moving goods from one place to another. In some industries the process of moving goods still uses human or manual labor, while the orders made are quite large and repetitive. This encourages the manufacture of robotic arms in order to reduce the human role in the process of moving goods so that it is more efficient. The purpose of this research is to make a robotic arm model for simulating material transfer in the form of sheet material. The research method is Research and Development (R&D) by making products and then testing the resulting products. The result of making this robotic arm is being able to move material in the form of sheet metal which has a flat and clean surface so that it can be gripped by the suction cup.*

**Keyword:** Robot arm; goods mover; *transfer dies*; *suction cup*

### 1. Pendahuluan

Kemajuan teknologi dunia industri 4.0 sudah banyak memberikan kemudahan dan keuntungan kepada perusahaan dalam proses produksi. Sebagai contoh adalah proses pemindahan *sheet metal* dengan berbagai ukuran (kecil, sedang, besar) dilakukan secara berulang di PT Mekar Armada Jaya, yang sebagian besar masih menggunakan tenaga manusia (*manual*). Pekerjaan ini akan terasa berat apabila beban yang diangkut cukup berat dan hanya mengandalkan dua tangan saja [1]. Robot merupakan salah satu alat bantu yang dalam kondisi tertentu sangat diperlukan dalam industri [2]. Fungsi utama dari robot dalam dunia industri saat ini adalah menggantikan tugas manusia karena dapat melakukan pekerjaan yang berat, presisi, cepat, dan aman [3]. Robot pemindah barang dapat memindahkan barang dari tempat pengambilan barang ke tempat penyimpanan barang secara terus menerus dan berulang, sehingga membuat proses pemindahan barang dapat berjalan terus [4]. Penggunaan robot lengan sangat sering pada dunia industri. Lengan robot, didesain dan dibuat oleh manusia dengan tujuan untuk menggantikan posisi manusia dalam mengerjakan pekerjaan yang berat dan berulang-ulang [5]. Robot dapat diprogram untuk melakukan gerakan sesuai dengan referensi yang didapat dari sensor-sensor yang dimilikinya [6].

Desain dan analisa lengan robot ini diharapkan dapat memberikan kontribusi positif bagi perusahaan untuk meningkatkan efisiensi sehingga berdampak bagi peningkatan pendapatan dan biaya produksi lebih rendah. Lengan robot adalah sebuah manipulator dengan tiga atau lebih sumbu, yang dikontrol secara otomatis, yang dapat diprogram ulang dengan banyak tujuan. Manipulator adalah suatu struktur mekanik yang terdiri atas beberapa badan yang kaku (*link*), yang dihubungkan dengan sendi (*joint*) [7]. Sebuah robot manipulator dirancang sedemikian rupa – menyerupai lengan manusia yang mempunyai sifat fleksibel supaya mudah digunakan untuk melakukan sebuah pekerjaan dengan cepat, presisi serta tingkat efisiensi yang lebih baik [8].



**Gambar 1.1.** Model Lengan Robot

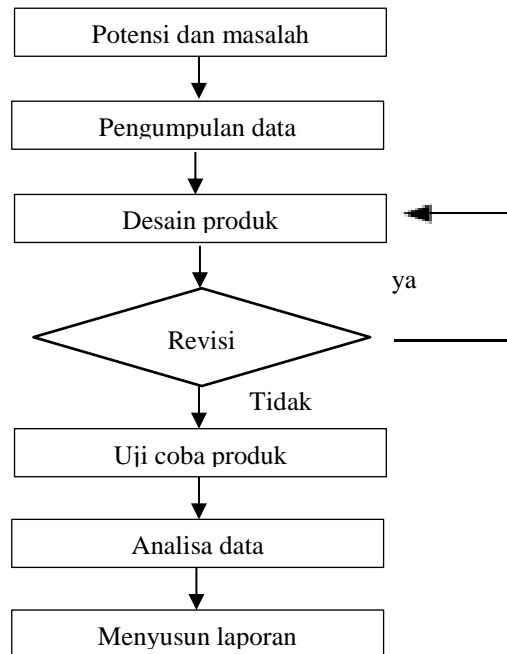
Lengan robot didesain meniru lengan manusia secara umum seperti adanya sendi dan efektor ujung (jepit, isap, atau magnet) untuk mengangkat benda [9]. Robot memerlukan sensor untuk menentukan posisi lengan, dan *controller* yang menyimpan program untuk mengatur proses gerakan lengan robot, serta *actuator* sebagai penggerakannya [10]. Keterbaruan penelitian ini adalah lengan robot mampu memindahkan barang berupa lembaran material (*sheet metal*) dengan berbagai ukurn. Tujuan penelitian ini adalah membuat model lengan robot untuk simulasi pemindahan material berupa lembaran material yang memiliki berbagai ukuran guna menggantikan tenaga manusia.

## 2. Material dan metodologi

Komponen - komponen yang digunakan dalam proses perancangan model lengan robot ini meliputi komponen utama rangka (*body*) dibuat dengan menggunakan 3D print. 3D Printing atau dikenal juga sebagai Additive Layer Manufacturing adalah proses membuat objek pada 3 dimensi atau bentuk apapun dari model digital [11]. *Motor stepper* berfungsi sebagai motor penggerak untuk sumbu Z, *Lead screw* berfungsi untuk mengubah gerakan rotasi ke gerak translasi, *Suction Cup* berfungsi untuk mengangkat *sheet metal* menggunakan hisapan tekanan udara. System control menggunakan *Arduino Uno*. *Arduino Uno* adalah salah satu development kit mikrokontroler yang berbasis pada ATmega28 [12]. *Arduino Uno* memiliki 14 pin digital *input/output*, 6 analog *input*, sebuah resonator keramik 16 MHz, koneksi USB, *pin power input*, ICSP header, dan sebuah tombol *rest*. Sedangkan untuk mengendalikan *motor stepper bipolar*. *Motor stepper* adalah perangkat elektromekanis yang bekerja dengan mengubah pulsa elektronis menjadi gerakan mekanis diskrit [13]. Terdapat lima pilihan mikro *step* pada *driver A4988* yaitu *full-step*, *half-step*, *a quarter-step*, *eight-step* dan *sixteenth-step*. Terdapat potensi untuk mengatur arus keluaran dengan tegangan nominal 3 hingga 5.5 V DC. Arus maksimum 2 *ampere* diperlukan *heat sink (pendingin)* dan tanpa *heat sink* untuk arus 1 *ampere*.

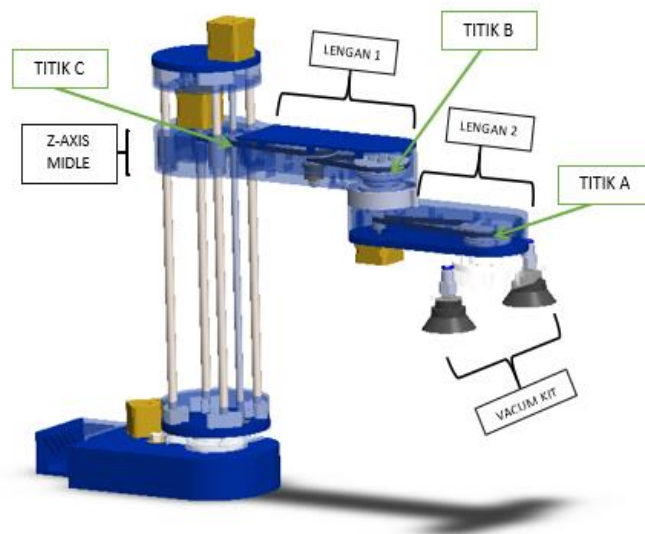
*Komponen CNC Shield* merupakan modul pengaman yang dikoneksikan dengan *Arduino* untuk membaca *g-code*, agar *CNC Shield* bekerja perlu menginstal *grbl* pada *Arduino*[14]. *CNC Shield* memerlukan tegangan 8-36 volt DC sebagai daya untuk *stepper motor*.

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah Research and Development (R&D), dimana menghasilkan suatu produk yang kemudian di uji tingkat keefektifannya [15]. Alur penelitian tersaji pada Gambar 1.



**Gambar 1.** Alur Penelitian

Gambar 2 merupakan gambar hasil desain lengan robot yang telah dibuat dengan menggunakan persamaan dan perhitungan yang sesuai dengan kebutuhan. Perhitungan beban pada lengan vakum kit untuk massa dan beban adalah 395 g dan 4 N. Beban pada lengan 2 dengan massa dan beban sebesar 890 g dan 9N. sedangkan pada lengan 1 massa dan beban yang dihasilkan sebesar 344 g dan 4N. Z-Axis Mount memiliki massa 880 g dan beban sebesar 9N.



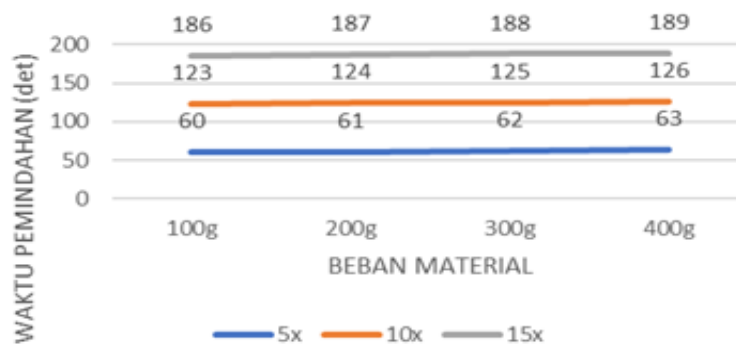
**Gambar 2.** Gambar Analisis Pembebanan Material pada Titik Tertentu

### 3. Hasil dan pembahasan

Dari hasil desain model lengan robot yang kemudian dilakukan analisis diperoleh hasil pengujian gerakan lengan robot sebagaimana pada Tabel 1, dan dalam bentuk grafik sebagaimana pada Gambar 3. Gambar 3 menunjukkan perbandingan waktu yang dibutuhkan untuk memindahkan material dengan beban yang berbeda. Perbandingan waktu tidak terlalu signifikan, bahkan cenderung konstan meskipun beban material semakin berat.

**Tabel 1.** Hasil Uji Coba Axis dan Beban Terhadap Kecepatan

AXIS	BEBAN	KAPASITAS/JAM	Waktu untuk pemindahan 5X	Waktu untuk pemindahan 10X	Waktu untuk pemindahan 15X
3 axis	100 gr	5 x 60 = 300	1 menit	2 menit 3 detik	3 menit 6 detik
2 axis		4 x 60 = 240	1 menit 4 detik	2 menit 8 detik	3 menit 12 detik
3 axis	200 gr	5 x 60 = 300	1 menit 1 detik	2 menit 4 detik	3 menit 7 detik
2 axis		4 x 60 = 240	1 menit 5 detik	2 menit 9 detik	3 menit 14 detik
3 axis	300 gr	5 x 60 = 300	1 menit 2 detik	2 menit 5 detik	3 menit 8 detik
2 axis		4 x 60 = 240	1 menit 6 detik	2 menit 11 detik	3 menit 16 detik
3 axis	400 gr	5 x 60 = 300	1 menit 3 detik	2 menit 6 detik	3 menit 9 detik
2 axis		4 x 60 = 240	1 menit 7 detik	2 menit 13 detik	3 menit 19 detik



**Gambar 3.** Grafik Pengaruh Beban Terhadap Waktu Pemindahan

Gambar 4 menunjukkan pengaruh axis terhadap waktu yang diperlukan untuk memindahkan material. Terlihat bahwa waktu yang dibutuhkan untuk memindahkan material dengan menggunakan pergerakan 3 axis akan lebih singkat dibandingkan penggunaan 2 axis.



**Gambar 4.** Grafik Pengaruh Axis Terhadap Waktu Pemindahan

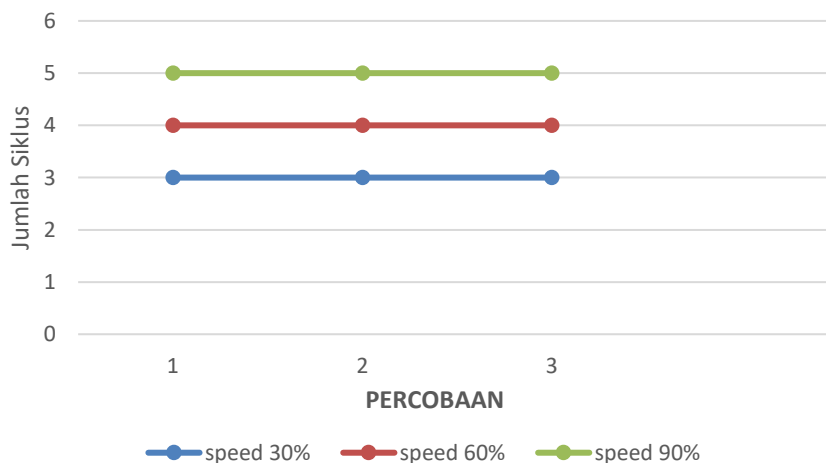
Data pada Tabel 1 menunjukkan bahwa berat beban tidak telalu berpengaruh, sedangkan axis berpengaruh terhadap kecepatan. Saat menggunakan 3 axis, lengan robot dapat melakukan 300 siklus per jam dengan rata-rata setiap siklus 12,6 detik. Saat menggunakan 2 axis, lengan robot dapat melakukan 240 siklus per jam dengan rata-rata 13,1 detik setiap siklus. Hal tersebut terjadi karena saat menggunakan 3 axis, jarak tempuh lengan robot lebih pendek sehingga dapat melakukan efisiensi pergerakan untuk mempersingkat waktu, sedangkan pergerakan 2 axis memiliki lebih banyak step sehingga jarak tempuh pemindahan material semakin panjang dan lama.

**Table 2.** Hasil Uji Coba Kecepatan Lengan Robot Terhadap Jumlah Produksi

No	Speed	Pengujian	Jumlah Produksi	Keterangan
1.	30%	1	3	3 siklus dengan 3 kali pemindahan material
		2	3	
		3	3	
		<b>Rata-rata</b>	<b>3</b>	
2.	60%	1	4	4 siklus dengan 4 kali pemindahan material
		2	4	
		3	4	
		<b>Rata-rata</b>	<b>4</b>	
3.	90%	1	5	5 siklus dengan 5 kali pemindahan material
		2	5	
		3	5	
		<b>Rata-rata</b>	<b>5</b>	

Tabel 2 menunjukkan hasil pengujian pada percobaan pertama dengan kapasitas kecepatan 30% mampu memindahkan sebanyak 180 material per jam, percobaan kedua dengan kapasitas kecepatan 60% mampu memindahkan sebanyak 240 material per jam, dan pada percobaan ketiga dengan kapasitas kecepatan 90% mampu memindahkan sebanyak 300 material per jam.

Semakin besar kecepatan motor yang diatur pada lengan robot maka akan semakin banyak jumlah siklus yang dilakukan. Lengan robot dapat memindahkan material dengan konstan (tetap) dibuktikan pada tiga kali percobaan pada masing-masing kecepatan menunjukkan angka yang sama setiap diuji. Speed 90% adalah tingkat kecepatan stepper motor terbaik untuk melakukan sebuah siklus, karena apabila kecepatan diatur pada tingkat maksimal (speed 100%) rawan terjadi error.



**Gambar 3.3.** Grafik Pengaruh Kecepatan Stepper Motor Terhadap Jumlah Siklus Pemindahan Material

#### 4. Kesimpulan

Lengan robot yang dihasilkan dalam penelitian ini mampu memindahkan material berupa lembaran plat (*sheet metal*) dengan kapasitas beban maksimal 400g yang mempunyai permukaan rata dan bersih, serta *menggunakan* sistem *pneumatic* sebagai media pencekam. Daya maksimum dari lengan robot, mampu memindahkan material dengan kapasitas 300 material per jam pada jarak 450 mm.

#### Daftar Pustaka

- [1] Anwar, S., Suropto, H., Rizal, J., 2020, Perancangan Forklift Manual Dengan Kapasitas Angkat 200 kg, Jurnal Aplikasi Teknologi (APTEK), Vol. 12, No. 01, hal. 32.
- [2] Masykuri, S., 2010, Sistem Pengendalian Lengan Robot dengan Interfacing Java Berbasis ATMEGA 8535, Naskah Publikasi STMIK AMIKOM Yogyakarta.
- [3] Darmawan, Salahuddin, Karjadi, 2018, Prototipe Alat Pemindah barang di pelabuhan berbasis Arduino, Jurnal ilmiah teknologi dan rekayasa, Vol. 23, No. 2, hal. 1.
- [4] Sudimanto, S., Kevin, K., 2020, Perancangan robot pemindah barang berbasis line follower, Tesla, Vol. 22, No. 1, hal. 1.
- [5] Salmon, Bartolomius Harpad, "Prototype Lengan Robot Berbasis Arduino Dengan Menggunakan Algoritma Kinematics " Jurnal Ilmiah Matrik , Vol. 22 No.2, Agustus 2020, p:208.
- [6] Erwin Sitompul dan Sodri, "Prototipe Manipulator Lengan Robot Berbasis Arduino dengan Metoda Kendali Lead-Through" Jurnal ELEMENTER Vol. 6, No. 1, Mei 2020, p: 2.
- [7] Alamsyah Syahiidutama, dkk, "Implementasi Kinematika Robot Lengan Pemindah Barang Dua Sendi (2 DOF) dengan Metode Kinematika Maju Untuk Menentukan Koordinat dalam Pemindahan Sebuah Object" Journal Of Information System, Graphics, Hospitality And Technology, vol 2, no 01, 2020, P: 36.
- [8] Eka Revadiaz, dkk, "Prototype Automated Manipulator Robot Menggunakan Mikrokontroler NodeMCU ESP8266 Berbasis Internet of Things (IoT) " JTEV (Jurnal Teknik Elektro dan Vokasional), Vol 8, No 2, 2022, p: 440
- [9] Syam, R. Seri Buku Ajar Robotika: Kinematika dan Dinamika Robot Lengan. Makassar: Universitas Hassanuddin. 2015.
- [10] William, dkk. "Pengendalian Lengan Robot untuk Proses Pemindahan Barang", T E S L A, VOL. 21, NO. 1, MARET 2019. P: 69.
- [11] Excell, Jon, The rise of additive manufacturing. The Engineer. 2013.
- [12] Arfian Habib Patonra, dkk. "Rancang Bangun Media Pembelajaran Praktik Motor Stepper" MAPLE, Vol 2, Edisi 1, Januari 2020. P: 8.
- [13] Muhammad Syamsu Iqbal. "Rancang Bangun Alat Uji Motor Stepper Berbasis Mikrokontroler". Eprints.unram, 2020, P:2.
- [13] Nugroho, A.A., 2020, Pratomo, L.H., Mesin CNC Berbasis Arduino Uno R3 Dengan *Hardware* Dan Simulasi Secara *Real-Time* Pada Desain 2D, Prosiding Seminar Nasional, Vol. 5, No. 1, hal. 42.
- [15] sugiyono, Metode penelitian kuantitatif kualitatif dan R&D. alfabeta, 2011.