

RANCANG BANGUN SISTEM PENYIMPANAN BERTINGKAT OTOMATIS PADA GUDANG PRODUK JADI

Salwa Nahlya Tazkia, Gunung Maulana S.Pd., M.T., Hendy Rudiansyah, S.T., M.Eng.

Jurusan Teknik Mesin dan Manufaktur, Konsentrasi Teknik Elektromekanik

Politeknik Manufaktur Bandung

Jl. Kanayakan No. 21 – Dago, Bandung - 40135

ABSTRAK

Salah satu fungsi Gudang adalah sebagai penyimpanan produk jadi. Produk yang disimpan akan dikelompokkan berdasarkan jenis bahan atau barang yang sama, dengan box yang sudah diberi tanda warna atau kode lain sesuai dengan klasifikasi yang ditentukan. Dalam sistem pergudangan, penyimpanan secara vertikal membantu dalam pemanfaatan area gudang supaya lebih maksimal. Penyimpanan barang yang masih manual dengan bantuan mesin pengangkat barang juga memiliki resiko kerusakan tinggi akibat kecelakaan kerja alat. Penerapan teknologi otomasi pada sistem pergudangan dibutuhkan karena memungkinkan proses penyimpanan dan pengambilan produk berjalan lebih mudah dan teratur dibandingkan dilakukan secara manual.

Penelitian ini bertujuan untuk membuat sistem penyimpanan bertingkat otomatis sebagai solusi untuk meningkatkan keselamatan kerja dan memudahkan pekerja dalam menyimpan produk jadi. Sistem ini dibuat berbentuk lift dengan rak yang berisi 12 sel. Lift digerakkan oleh motor stepper untuk bergerak searah sumbu X, Y, dan Z dan dikontrol melalui mikrokontroler Arduino Mega 2560. Identifikasi benda dilakukan oleh sensor warna TCS 3200 dan sensor infrared obstacle untuk membaca ketinggian benda.

Dalam pembuatan Tugas Akhir ini telah tercapai purwarupa sistem penyimpanan dan lifter sebagai penggerak untuk menyimpan box pada rak. Hasil penelitian menunjukkan keberhasilan dalam pengiriman box sesuai alamat yang dituju, namun masih terdapat kesalahan atau nilai error rata-rata pada gerak sumbu x sebesar 0,125%, dan pada sumbu z sebesar 0,11%.

Kata kunci: *Penyimpanan Bertingkat Otomatis, Sensor TCS 3200, Sensor Infrared Obstacle*

I. PENDAHULUAN

Gudang adalah tempat untuk menyimpan produk jadi. Pada industri, setelah produk dirakit dan dikemas, produk dipindahkan ke gudang untuk disimpan sampai ada permintaan dari pelanggan [1]. Pengelolaan gudang meliputi kegiatan penerimaan, kegiatan penyimpanan, kegiatan pemeliharaan, kegiatan pendistribusian, kegiatan pengendalian, serta pelaporan. Umumnya, penyimpanan produk dilakukan berdasarkan klasifikasi [2]. Barang hasil produksi akan dikelompokkan berdasarkan jenis bahan atau barang yang sama. Produk ini yang kemudian ditumpuk menggunakan palet, atau disimpan di dalam box. Biasanya, box produk dibedakan dengan diberi tanda seperti warna atau kode lain yang dapat membedakan objek [3]. Selain itu, supaya area gudang dapat dimanfaatkan lebih maksimal, sistem penyimpanan dibuat ke atas. Sistem penyimpanan rak dapat menyimpan produk secara vertikal, sehingga kapasitas penyimpanan lebih besar untuk luas area yang sama [4]. Seiring perkembangan zaman, penerapan teknologi otomasi pada sistem pergudangan dibutuhkan,

karena memungkinkan proses penyimpanan dan pengambilan produk berjalan lebih mudah dan teratur dibandingkan dilakukan secara manual [2]. Penyimpanan dan pengambilan produk yang dilakukan secara otomatis lebih konsisten, tidak banyak dipengaruhi faktor eksternal dan memiliki tingkat ketelitian yang tinggi [5]. Penyimpanan barang yang masih manual dengan bantuan mesin pengangkat barang juga memiliki resiko kerusakan tinggi akibat kecelakaan kerja alat, contohnya seperti alat bantu yang menabrak rak penyimpanan ataupun kecelakaan kerja karena kelalaian manusia. [6]. Dengan adanya permasalahan diatas, penulis berusaha menciptakan sebuah sistem penyimpanan barang otomatis agar dapat mempermudah kerja manusia dalam menyimpan barang sekaligus menurunkan resiko kerusakan barang.

II. PENELITIAN TERDAHULU

Penelitian tentang penyimpanan otomatis sudah dilakukan oleh beberapa peneliti, salah satunya ditulis oleh Lovely Son dan Hendra F. dengan judul “Pengembangan Sistem Mekatronika Pindah dan Penyusun Barang

tanpa Sensor Berbasis Mikrokontroler AT89S51” tahun 2013 yang membuat sistem penyimpanan bertingkat dengan *lift* untuk menyimpan barang. Kendali yang digunakan adalah AT89S51, rak yang dibuat memiliki 6 sel, dan *lift* digerakkan oleh motor DC. Proses pemindahan dan pemosisian barang dilakukan tanpa menggunakan sensor. Pemosisian dilakukan melalui pengaturan waktu aktifasi motor listrik DC dan peletakan posisi produk berurutan dari sel 1 sampai 6. Namun, pada penelitian ini motor yang terpasang memiliki torsi yang kecil, dan terdapat kesalahan pemosisian maksimum arah sumbu x sebesar 4% dan searah sumbu y 6.6% untuk kondisi tanpa beban [2].



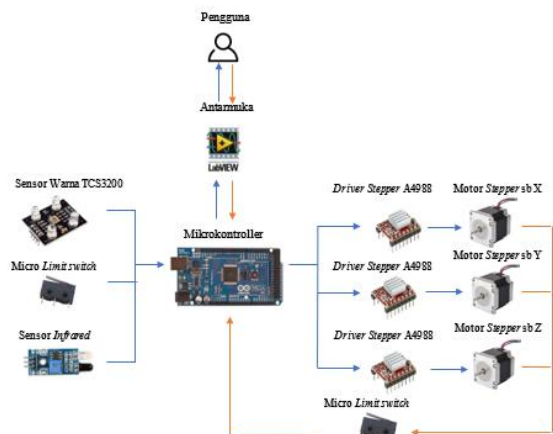
Gambar 1. Pemindah dan Penyusun Barang tanpa Sensor [2]

III. METODOLOGI PENELITIAN

Pada penelitian ini, sistem dibagi menjadi 3 bagian yaitu *lifter*, rak, dan posisi awal atau *initial position*. *Input* yang berfungsi untuk mendeteksi dan mengidentifikasi objek yaitu sensor warna, *infrared*, dan *limit switch* diletakkan pada *initial position*. Sensor *infrared* dipasang bersusun secara vertikal untuk dapat membaca ketinggian produk. Sensor warna diletakkan di dalam rak menghadap ke arah *lifter* untuk dapat membaca objek yang masuk. *Limit switch* diletakkan di bagian bawah sel supaya dapat menerima beban dari produk. Kemudian, pada rak juga disimpan *limit switch* pada tiap selnya untuk memberi informasi apakah rak sudah terisi atau belum. Pada *lifter* hanya ada motor *stepper* sebagai penggerak arah sumbu x, y, dan z.

Sistem ini dimulai dengan membaca ada atau tidaknya produk pada posisi awal untuk mulai menjalankan sistem dengan sensor *limit switch*. Setelah produk terdeteksi, sensor membaca warna dan ukuran produk untuk menentukan di posisi mana produk akan diletakkan menggunakan sensor *infrared* dan sensor warna TCS3200. Pada sistem ini digunakan 3 sensor

infrared, yang masing-masing dapat mengetahui benda dengan tinggi 6cm, 9cm, dan 12cm. Setelah *box* terdeteksi dan sudah masuk masuk klasifikasinya, maka Arduino akan mengatur pergerakan yang akan dilakukan oleh motor *stepper* dan motor akan bergerak sesuai rak yang dituju. Sistem dilengkapi dengan *interface* pada laptop supaya pengguna dapat melihat jumlah produk yang telah disimpan serta lokasinya secara langsung. Antarmuka menyediakan *list* data barang yang masuk supaya pengguna dapat melihat melalui komputer apa saja barang yang tersedia pada rak penyimpanan.

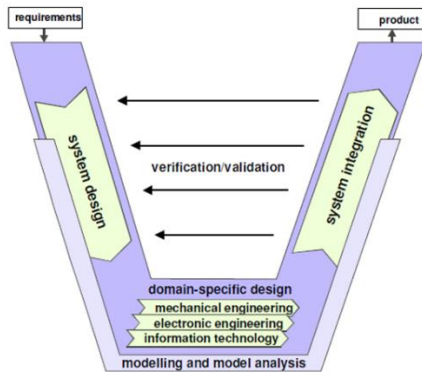


Gambar 2. Gambaran umum sistem

V model pada VDI 2206 digunakan sebagai acuan dalam pembuatan rancangan sistem penyimpanan bertingkat otomatis. Sistem terdiri dari domain mekanik, elektrik, dan informatik. Standar VDI dapat dilihat pada gambar 3.2. V-model dimulai dari persyaratan produk yaitu tuntutan dari sistem yang akan dibuat. Tahap berikutnya adalah perancangan sistem. Pada tahap ini dijelaskan rancangan umum sistem sampai komponen yang akan dipilih. Tahap selanjutnya adalah desain spesifik domain. Pada tahap ini sistem dideskripsikan lebih rinci dan spesifik pada setiap ranah sistem. Dibutuhkan interpretasi dan kalkulasi yang lebih rinci agar memastikan performa produk maksimal. Tahap selanjutnya adalah sistem integrasi dimana mekanik, elektrik dan kontrol yang dibuat disatukan untuk menjadi sebuah produk.

Pada sistem yang dibuat, domain mekanik terbagi menjadi dua, yaitu rak (tempat penyimpanan) dan *lifter*. *Lifter* menggunakan penggerak berupa *pulley* dan *belt*, serta *lead screw*. Pada domain elektrik digunakan mikrokontroler untuk kendali pergerakan motor *stepper* dan pembacaan sensor, kemudian menghubungkan seluruh sensor dan aktuator. Domain informatik berupa program yang

mengatur gerak motor dan sistem secara keseluruhan.



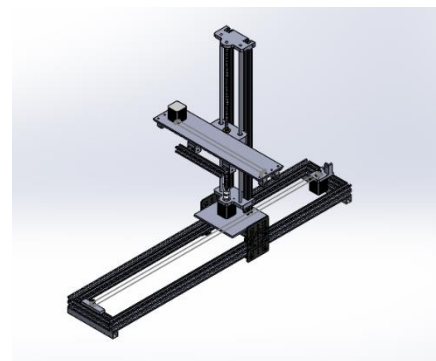
Gambar 3. Penerapan model VDI 2206 untuk model sistem pengangkatan magnetik.

A. Perancangan Domain Mekanik

Perangkat mekanik terdiri dari 2 bagian utama yaitu *lift* sebagai penggerak dan rak untuk tempat penyimpanan. Sistem mekanik *lift* terdiri dari tiga buah motor *stepper*, *pulley* dan *belt* untuk pergerakan sumbu X dan sumbu Y, serta *leadscrew* dan poros untuk sumbu Z. Bahan yang digunakan untuk kerangka adalah *aluminium extrude* karena kokoh, dan mudah untuk di *assembly* karena bentuknya sudah standar.

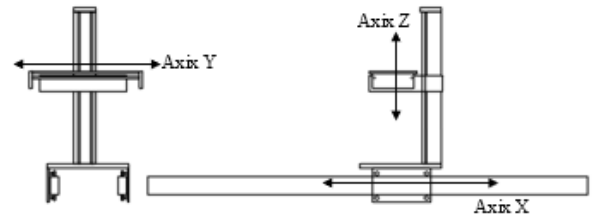


Gambar 4. Rancangan Mekanik Rak



Gambar 5. Rancangan Mekanik Lift

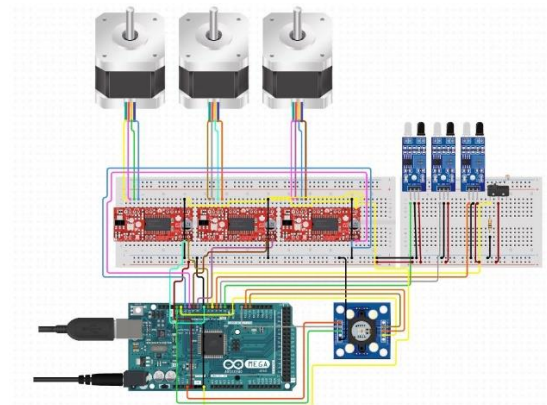
Pergerakan sistem mekanik terdiri dari 3 sumbu yaitu sumbu X, sumbu Y dan sumbu Z yang digerakan masing masing oleh motor *stepper*, seperti pada gambar berikut ini.



Gambar 6. Gerakan Sumbu X, Y, dan Z

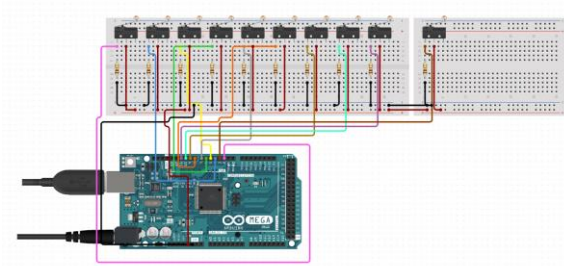
B. Perancangan Domain Elektrik

Domain elektrik berisi tentang perancangan rangkaian penggerak dan rangkaian sensor. Rangkaian ini harus dirancang sedemikian rupa supaya dapat berfungsi sesuai sistem yang diinginkan. Tahap ini menghubungkan antara mikrokontroler, motor *stepper*, *driver* motor *stepper*, sensor warna, sensor *infrared*, serta *limit switch* pada perangkat mekanik rak dan *lift*. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 7 dan 8.



Gambar 7. Rangkaian Elektrik Sistem

Gambar 7 menunjukkan rangkaian sensor warna, sensor *infrared*, *driver* motor *stepper*, motor *stepper*, serta *limit switch* pada *zero position*. Sedangkan gambar 3.10 menunjukkan rangkaian *limit switch* yang disimpan pada tiap sel di dalam rak. *Limit switch* ini pada aktualnya berjumlah 12, sesuai sel pada raknya.



Gambar 8. Rangkaian Elektrik *Limit Switch*

C. Perancangan Domain Kontrol/Informatik

Pada perancangan domain informatik, sistem yang akan dirancang menggunakan mikrokontroler Arduino sebagai pengendali. Pemrograman dilakukan dengan menggunakan Arduino IDE dan LabVIEW. Pada perancangan ini akan disampaikan mengenai *flowchart* dari program yang dibuat. *Flowchart* yang dibuat adalah mengenai diagram alir umum, kemudian diagram identifikasi tinggi benda, diagram alir identifikasi warna, dan diagram alir klasifikasi benda.

Diagram alir sistem umum dimulai dengan mendeteksi benda pada posisi awal. Pada sistem ini, *limit switch* akan mendeteksi ada atau tidaknya benda saat pertama kali program dijalankan. Setelah posisi benda terdeteksi, benda diidentifikasi oleh sensor warna TCS3200 dan sensor *infrared obstacle* untuk menentukan klasifikasi produk, dan sistem akan melakukan *scanning* rak penyimpanan untuk mengetahui apakah alamat yang dituju sudah terisi atau belum. Jika alamat yang dituju belum terisi, maka proses penyimpanan dilakukan. Sedangkan apabila rak sudah muncul, akan tampil peringatan pada antarmuka untuk memberi informasi pada pengguna. Setelah benda berhasil disimpan, data ditampilkan pada antarmuka dalam bentuk status dan jumlah. Terakhir *lifter* akan kembali ke posisi awal.

D. Integrasi Sistem

Pada tahap ini, tiap domain yang telah selesai dirancang digabungkan menjadi satu produk yang utuh.

1. Integrasi Perangkat Keras

Pada integrasi perangkat keras, rangkaian penggerak, sensor dan komputer diintegrasikan. Gambar 3.16 menunjukkan komponen – komponen yang telah dipasang pada rangka mekanik dan telah dihubungkan dengan kabel.



Gambar 9. Rangkaian sistem



Gambar 10. Sensor pada *Initial Position*

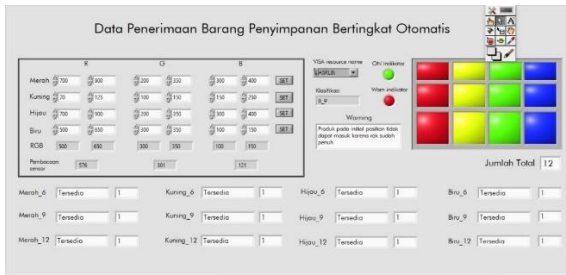
Gambar 10 menunjukkan dimana posisi masing – masing sensor diletakkan. Sensor *infrared* (panah a) dipasang bersusun secara vertikal untuk dapat membaca ketinggian 6, 9, dan 12cm. Sensor warna diletakkan di belakang untuk dapat membaca warna *box* yang masuk (ditunjukkan oleh panah b). *Limit switch* dipasang di alas rak untuk dapat menerima beban dari *box* seperti yang ditunjukkan oleh panah c.

2. Integrasi Perangkat Keras dan Lunak

Perangkat keras dan lunak diintegrasikan untuk menjadi produk yang utuh. Cara mengintegrasikannya dengan mengubah data dari Arduino menjadi informasi yang mempresentasikan sistem tersebut. Perangkat lunak yang digunakan pada penelitian ini adalah LabVIEW, dimana data yang disajikan adalah jumlah produk yang diterima oleh sistem. Data dikirim dari *limit switch* ke Arduino, kemudian diubah menjadi informasi status ke LabVIEW.



Gambar 11. Sistem Penyimpanan



Gambar 12. Antarmuka

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Pengujian Pengiriman

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui tingkat keberhasilan *lift* dalam mengirim produk ke alamat yang dituju. Percobaan ini menggunakan sensor *infrared* dan sensor warna untuk dapat mengidentifikasi terlebih dahulu. Pada pengujian ini, semua hasil pembacaan sesuai dengan produk dan berhasil bergerak sesuai kordinat yang telah ditentukan tanpa hambatan. Kesuksesan dalam mengirim dikarenakan sensor dapat mengidentifikasi dengan baik. Apabila terjadi kesalahan dalam pembacaan sensor, maka produk tidak akan dapat dikirim sesuai tempatnya. Ketika ada kesalahan pada pembacaan nilai RGB pada sensor warna TCS 3200, sensor harus dilakukan kalibrasi ulang sebelum menjalankan program. Pada percobaan ini ada 12 tabel berdasarkan percobaan yang dilakukan. Namun pada bab ini hanya akan diberikan 2 tabel sebagai sampel percobaan, dan lainnya akan diberikan pada lampiran.

Tabel 1. Hasil Pengiriman Menuju Alamat yang Dituju

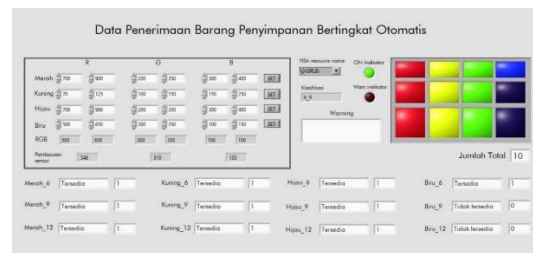
NO	IDENTIFIKASI	STATUS	NO	IDENTIFIKASI	STATUS
1	B6	Berhasil	1	B9	Berhasil
2	B6	Berhasil	2	B9	Berhasil
3	B6	Berhasil	3	B9	Berhasil
4	B6	Berhasil	4	B9	Berhasil
5	B6	Berhasil	5	B9	Berhasil
6	B6	Berhasil	6	B9	Berhasil
7	B6	Berhasil	7	B9	Berhasil
8	B6	Berhasil	8	B9	Berhasil
9	B6	Berhasil	9	B9	Berhasil
10	B6	Berhasil	10	B9	Berhasil
11	B6	Berhasil	11	B9	Berhasil
12	B6	Berhasil	12	B9	Berhasil
13	B6	Berhasil	13	B9	Berhasil
14	B6	Berhasil	14	B9	Berhasil
15	B6	Berhasil	15	B9	Berhasil
16	B6	Berhasil	16	B9	Berhasil
17	B6	Berhasil	17	B9	Berhasil
18	B6	Berhasil	18	B9	Berhasil
19	B6	Berhasil	19	B9	Berhasil
20	B6	Berhasil	20	B9	Berhasil

Berdasarkan tabel 1, pengujian ini membuktikan bahwa *lifter* telah berhasil mengirim objek sesuai alamat yang dituju. Setiap

objek diidentifikasi dan dikirim menuju rak penyimpanan sebanyak 20 kali berturut turut. Tidak ada *error* atau kesalahan pada percobaan ini, karena selama sensor berhasil membaca objek maka *lift* akan bergerak sesuai program. Percobaan pengukuran pergerakan tiap sumbu yang dicapai pada tabel – tabel sebelumnya membuktikan bahwa *error* pengiriman sangat kecil sehingga hampir tidak ada gangguan dalam proses pengiriman

2. Pengujian Antarmuka

Berikut merupakan tampilan antarmuka saat pengujian sistem. Dapat dilihat pada gambar 13 bahwa antarmuka berhasil menampilkan keadaan aktual rak penyimpanan.



Gambar 13. Tampilan Antarmuka Sistem



Gambar 14. Sistem Aktual

Setelah sistem berhasil disambungkan dengan antarmuka, yang ditunjukkan dengan nyala *ON indicator*, maka antarmuka akan menampilkan jumlah produk yang masuk sesuai dengan kondisi aktual. Pada percobaan ini, terdapat 10 *box* yang telah disimpan pada rak penyimpanan. Data ini di dapat berdasarkan informasi dari Arduino yang mendapat *input* dari *limit switch*. Indikator rak penyimpanan yang menyala menunjukkan bahwa produk sudah tersedia pada sistem. Pada gambar 13, indikator produk B_9 dan B_12 mati, karena produk belum tersimpan pada sistem. Hal ini juga ditunjukkan dengan status tidak tersedia pada antarmuka. Kemudian pada indikator klasifikasi menunjukkan data B_9, merupakan hasil pembacaan klasifikasi produk untuk dikirimkan ke alamat yang dituju.

3. Pengujian Kontrol Nilai RGB ke Arduino

Pengujian ini difokuskan untuk membuktikan keberhasilan antarmuka dalam memberi perintah ke kontroler. Tampilan ini terbagi menjadi 3, sebagai berikut.



Gambar 15. Pengujian Kontrol RGB

Pada gambar yang ditunjukkan dengan panah a, terlihat nilai-nilai yang menunjukkan nilai *range* RGB warna merah, kuning, hijau, dan biru. Tombol *Set* yang berada di sebelah kanan berfungsi untuk mengirim nilai yang diatur ke kontroler. Panah b menunjukkan pengaturan nilai yang terbaca di Arduino. Terakhir, ketika sistem sudah dimulai, nilai yang terbaca oleh sensor warna akan ditampilkan (panah c). Sehingga, ketika warna yang terbaca oleh sensor tidak sesuai pengaturan, maka *range* nilai RGB dapat diatur kembali.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

1. Kesimpulan

Berdasarkan pengujian yang dilakukan pada sistem yang telah dibangun, dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil dari penelitian ini adalah berhasil untuk mengembangkan sistem penyimpanan yang berjalan secara otomatis.
2. Sistem penyimpanan ini berhasil dalam mengidentifikasi produk berdasarkan warna dan ukuran secara otomatis.
3. Antarmuka berfungsi sebagai kontrol nilai *range* RGB sensor warna, dan sebagai tampilan jumlah *box* dan kondisi rak penyimpanan.
4. Penggunaan sensor *infrared* sebagai pendeteksi tinggi ukuran *box* dapat berfungsi dengan baik tanpa hambatan apapun.
5. Penggunaan sensor *limit switch* sebagai pendeteksi ada atau tidaknya produk membantu memberikan informasi sekaligus sebagai pengaman agar sistem tidak dimulai tanpa adanya *box* pada posisi awal.

6. Penggunaan sensor warna yang sangat sensitif pada cahaya mengharuskan sistem tidak digunakan berpindah pindah dan tidak digunakan dalam kondisi penerangan yang berubah ubah. Jika berubah, maka sensor harus di kalibrasi ulang. Karena itu pada sistem dibuat perbaikan dengan menutup sekeliling *initial position*.
7. *Lifter* dapat bergerak searah sumbu X, Y, dan Z dan memiliki nilai *error* yang sangat kecil yaitu kurang dari 1%.
8. Keberhasilan *lift* dalam mengirim produk ke rak penyimpanan adalah 100%, dengan syarat adanya kalibrasi warna sebelum sistem dimulai.
9. Kokohnya konstruksi mekanik sangat menentukan keberhasilan gerak *lifter*.

2. Saran

Terdapat beberapa saran untuk penelitian selanjutnya dalam pengimplementasian penelitian tugas akhir ini, diantaranya adalah:

1. Adanya penambahan animasi pergerakan *lifter* pada antarmuka supaya pengguna dapat memonitoring gerakan dari laptop.
2. Adanya tombol *emergency* dan *reset* sebagai simulasi sistem aktual pada industri.
3. Penambahan proses pengambilan produk dari rak penyimpanan ke tempat *unloading*.
4. Sistem berjalan berdasarkan FIFO atau LIFO.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] F. E. Meyers, *Plant Layout and Material Handling*, New Jersey: Regents/Prentice Hall, 1993.
- [2] L. Son and H. Firmansyah, "Pengembangan Sistem Mekatronika Pemindah dan Penyusun Barang Tanpa Sensor Berbasis Mikrokontroler AT89S51," *Jurnal Teknik*, vol. 20, no. 2, pp. 66-70, 2013.
- [3] R. Hamid, "Rancang Bangun Robot Pengangkat Box berbasis Mikrokontroler ATmega16," *Jurnal PROtek*, vol. 4, no. 2, pp. 3-101, 2017.
- [4] M. Riski, A. Yanuar and B. Santosa, "Optimalisasi Ruang Penyimpanan Gudang Barang Jadi PT. XYZ dengan Penerapan Racking System untuk Meningkatkan Kapasitas Gudang menggunakan Algoritma

Dynamic Programming," *Jurnal Rekayasa dan Industri*, vol. 3, no. 4, pp. 181-187, 2017.

[5] F. Supegina and D. Sukindar, "Perancangan Robot Pencapit untuk Penyortir Barang berdasarkan Warna LED RGB dengan Display LCD berbasis Arduino Uno," *Jurnal Teknologi Elektro*, vol. 5, no. 1, pp. 9-17, 2014.

[6] S. R. P. Wisnumurti, "Sistem Penyimpanan Barang Otomatis ke Dalam Rak menggunakan PLC Omron CPM2A," Universitas Sanata Dharma, Yogyakarta, 2016.

[7] B. Herdiana and Z. Muttaqin, "Perancangan Prototype Robot Forklift Penyusun Barang Otomatis 3 Lantai Berbasis Mikrokontroler," *Jurnal Ilmiah Telekomunikasi, Kendali, dan Elektronika Terapan*, vol. 5, no. 2, pp. 131-144, 2017.

[8] F. H. M. K., Z. M. Y., Z. M. R., M. A. A. and I. A., "Development of Automated Storage and Retrieval System (ASRS) for Flexible Manufacturing System," *Journal of Engineering Technology*, vol. 4, pp. 43-50, 2016.

[9] M. S. S., *Perancangan Instalasi Pabrik*, Bandung: Pusat Pengembangan Pendidikan Politeknik, 1995.

[10] Setijadi, "supplychainindonesia.com," 2015. [Online]. Available: http://supplychainindonesia.com/new/wp-content/files/6._Sistem_Penyimpanan_MHE_Pergudangan.pdf. [Accessed 20 Oktober 2018].

[11] A. V. Efrataditama and S. S. Wigati, "Perancangan Tata Letak Gudang dengan Metode Dedicated Storage di Toko Listrik Anugrah Jaya," *Industrial Engineering National Conference*, pp. 276-284, 2016.

[12] A. Sachdeva, M. Gupta, M. Pandey and P. Khandelwal, "Development of Industrial Automatic Multi Color Sorting and Counting Machine Using Arduino Nano Microcontroller and TCS3200 Color Sensor," *The International Journal of Engineering and Science*, vol. 6, no. 4, pp. 56-59, 2017.

[13] T. Nama, "Instructables.com," [Online]. Available: <https://www.instructables.com/id/Burglar->

[AlarmSimple-and-No-Coding/](#). [Accessed 21 Maret 2019].

[14] T. Nama, *Pengenalan Labview dan Arduino*, Bandung: Polman, 2017.

[15] A. Pratama, "Rancang Bangun Program Kendali pada Mesin CNC ROUTING 2.5D Berbasis Raspberry Pi 3," POLMAN, Bandung, 2017.

[16] Endjang Patriatna, *Elemen Mesin*, Bandung: Politeknik Manufaktur Bandung, 2001.

[17] T. Nama, "CBI.eu," CBI Ministry of Foreign Affairs, 29 Mei 2017. [Online]. Available: <https://www.cbi.eu/market-information/motion-drives-control-automation/pulleys/>. [Accessed 30 Agustus 2019].

[18] I. Sudibjo, "Otopos.net," 20 April 2015. [Online]. Available: <http://www.otopos.net/2015/04/jenis-dan-penggunaan-belt.html>. [Accessed 15 Agustus 2019].

[19] J. a. S. M. Gausemeier, "New Guideline VDI 2206 = A Flexible Procedure Model for Design of Mechatronics Systems," in *International Conference on Engineering Design, ICED, Stockholm, Swedia, 2003*.

[20] A. A. Prasetyo, "Rancang Bangun Simulator Lift Pengirim Barang dengan Pneumatik," *Skripsi Universitas Negeri Semarang*, pp. 1-110, 2016.