



Pengembangan Sistem Kontrol Robot Pneumatik *Pick And Place* dengan *Raspberry Pi* Berbasis *Internet Of Things (IoT)*

Riska Eko Cahyono¹, Wirawan Sumbodo¹

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang, Indonesia

Info Artikel

Sejarah Artikel:

Diterima 04 10 2020

Disetujui 10 10 2020

Dipublikasikan 20 10 2020

Keywords:

pneumatic; robot pick and place; raspberry pi.

Abstrak

Era industri 4.0 merupakan kondisi yang mengharuskan adanya suatu perubahan besar-besaran dengan memadukan teknologi yang ada. Penggunaan teknologi robot pneumatik *pick and place* dengan sistem kontrol berbasis *Internet of Things (IoT)* merupakan salah satu cara untuk meningkatkan produktivitas dan menekan biaya produksi. Tujuan penelitian ini yaitu mengetahui rancangan sistem kontrol robot dan mengetahui tingkat kelayakan sistem kontrol robot *pick and place* dengan *Raspberry Pi* berbasis *Internet of Things (IoT)*. Penelitian ini menggunakan model pendekatan penelitian dan pengembangan RnD (*Research dan Development*). Hasil dari penelitian ini yaitu terwujudnya sistem kontrol robot pneumatik *pick and place* dengan dimensi 59 x 40 x 20 cm. Sistem kontrol robot pneumatik *pick and place* memperoleh persentase kelayakan produk 86,7 % dengan kategori sangat layak. Berdasarkan hasil penelitian, sistem kontrol robot pneumatik *pick and place* mampu merespon dengan kecepatan 0,5 detik dengan menggunakan rata-rata kecepatan internet yaitu 1,49 Kb/s dengan jarak maksimal pengguna yaitu 50 meter.

Abstract

The industrial era 4.0 is a condition that requires a major change by integrating existing technology. The use of pneumatic robot technology pick and place with a control system based on the Internet of Things (IoT) is one way to increase productivity and reduce production costs. The purpose of this study is to determine the design of the robot control system and to determine the feasibility level of the robot control system pick and place with the Raspberry Pi based Internet of Things (IoT). This study uses a RnD (research and development approach Research and Development). The results of this study are the realization of a pneumatic robot control system pick and place with dimensions of 59 x 40 x 20 cm. The pneumatic robot control system pick and place obtained a product eligibility percentage of 86.7% with a very feasible category. Based on the research results, the pneumatic robot control system is pick and place able to respond at a speed of 0.5 seconds by using an average internet speed of 1.49 Kb/ s with a maximum user distance of 50 meters.

PENDAHULUAN

Perkembangan kemajuan zaman menuntut pekerja untuk dapat menyelesaikan pekerjaan secara efektif dan efisien. Pekerjaan harus selesai dengan cepat dan tepat, terutama dalam bidang pekerjaan industri. Oleh karena itu, sumber daya manusia dituntut untuk memiliki kualitas yang tinggi agar seimbang seiring dengan kemajuan teknologi. Perkembangan teknologi berperan penting dalam mendukung kegiatan manusia untuk membantu pekerjaannya. Keahlian seseorang dalam berinovasi sangat diperlukan untuk meningkatkan teknologi industri. Penggunaan teknologi di dalam industri merupakan salah satu cara untuk meningkatkan produktivitas dan menekan biaya produksi. Salah satu untuk meningkatkan produktivitas di dalam industri adalah dengan sistem otomasi. Menurut (Oktariawan dkk., 2013), otomasi yaitu proses yang secara otomatis mengontrol operasi dan perlengkapan mekanik atau elektronik yang dapat menggantikan manusia dalam mengamati dan mengambil keputusan.

Saat ini teknologi otomasi telah berkembang pesat. Dalam dunia industri, hampir semua perusahaan menerapkan otomasi untuk menunjang produksi yang efektif dan efisien, serta tidak lagi membutuhkan banyak tenaga kerja. Otomasi diimplementasikan dengan menggunakan program perintah yang dikendalikan oleh sistem kontrol (Arief dkk., 2015). Berbagai pihak industri saling berlomba dan bersaing untuk berinovasi meningkatkan kualitas, kuantitas, dan efisiensi dalam proses produksinya melalui sistem otomasi. Diperlukan robot untuk menunjang 2 sistem otomasi di industri. Robot merupakan salah satu teknologi otomasi industri sebagai pendukung pekerjaan manusia dalam meningkatkan produktivitas. (Putro dkk., 2017) menyatakan bahwa robot merupakan suatu perangkat yang dapat mengemban tugas dan fungsi yang sangat fleksibel dalam membantu pekerjaan manusia. Dengan robot, tidak lagi diperlukan banyak tenaga untuk melakukan produksi di dalam industri. Khususnya dalam memindahkan barang dari tempat satu ke tempat lain. Salah satu jenis aplikasi robot dalam industri yang digunakan untuk memindahkan barang dari tempat satu ke tempat yang lain yaitu robot *pick and place*. (Kumar, 2015) menyatakan bahwa robot *pick and place* merupakan robot industri yang berfungsi melakukan pekerjaan dengan memindahkan material dari satu lokasi ke lokasi lainnya tanpa melakukan gerakan berpindah tempat. Setiap industri, hampir selalu membutuhkan robot *pick and place*.

Berkat perkembangan kemajuan teknologi, persaingan ini dilakukan untuk menekan biaya produksi di dalam industri. Selain itu, berkat perkembangan kemajuan teknologi mampu menjadikan udara sebagai salah satu usaha industri untuk menekan biaya dalam proses produksi. Udara tersebut mampu digunakan sebagai penggerak robot *pick and place* dalam melakukan tugasnya memindahkan barang. Hal tersebut disebut dengan sistem pneumatik. (Indriyanto dkk., 2018) menyatakan bahwa sistem pneumatik merupakan sistem penggerak yang dapat bekerja secara kontinyu dengan memanfaatkan udara bertekanan. Sejalan dengan pendapat (Syahril, 2018) bahwa sistem pneumatik merupakan semua sistem tenaga yang disimpan dalam bentuk udara yang dimampatkan untuk menghasilkan suatu kerja.

Namun di abad 21 ini, selain dituntut untuk mampu meningkatkan teknologi industri otomasi, industri dituntut untuk mampu bersaing global di era industri 4.0. Era industri 4.0 merupakan kondisi yang mengharuskan adanya suatu perubahan besar-besaran dengan memadukan teknologi yang ada. Saat ini, industri diharuskan mengurangi sekat-sekat antara dunia fisik, digital, dan biologi. Tuntutan program Revolusi Industri 4.0 diwajibkan setiap elemen dasar pada setiap lini bidang target untuk membentuk fondasi yang berteknologi dan berdaya saing global. Penerapan IoT (*Internet of Things*) menjadi salah satu inovasi dalam penerapan program revolusi industri 4.0. Oleh karena itu, perkembangan teknologi berupa robot *pick and place* selain berbasis pneumatik juga dituntut untuk berbasis IoT (*Internet of Things*).

Robot *pick and place* saat ini masih banyak dijalankan dengan cara manual menggunakan sistem kontrol PLC, operator harus selalu ada bersama robot ketika akan dioperasikan. Sehingga perlu adanya sistem kontrol robot yang mampu dioperasikan dengan sistem IoT (*Internet of Things*). Salah satu perangkat sistem kontrol yang mampu dioperasikan berbasis IoT (*Internet of Things*) yaitu *Raspberry Pi*. Menurut (Ulfa, 2016) *Raspberry Pi* merupakan komputer papan tunggal (*Single Board Circuit*) yang

memiliki ukuran sebesar kartu kredit yang dapat digunakan untuk berbagai keperluan. Melalui sistem kontrol tersebut, ketersediaan koneksi jaringan melalui kabel dan nirkabel membuka peluang yang besar untuk mampu bersaing global dalam mewujudkan teknologi sesuai era industri 4.0.

Saat ini di laboratorium pneumatik dan hidrolis UNNES belum ada media pembelajaran berbasis IoT (*Internet of Things*). Memasuki era industri 4.0, mahasiswa perlu mendapatkan kompetensi di bidang sistem kontrol, salah satunya adalah dengan robot pneumatik berbasis *Internet of Things*. Oleh karena itu, menginovasikan robot *pick and place* yang sudah ada menggunakan sistem kontrol *Raspberry Pi* berbasis *Internet of Things* (IoT) merupakan upaya menjadikan robot *pick and place* lebih modern, efektif, dan efisien sesuai dengan era industri 4.0. Oleh karena itu, untuk menciptakan sebuah robot berbasis *Internet of Things* yang efektif dan efisien dibutuhkan pembuatan sistem kontrol menggunakan *Raspberry Pi* sebagai sistem operasi robot. Dengan demikian, robot pneumatik *pick and place* mampu bekerja secara tepat guna dan mampu meningkatkan hasil produksi.

METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan pada penelitian robot pneumatik *pick and place* dengan menggunakan sistem kontrol *Raspberry Pi* berbasis IoT (*Internet of Things*) ini yaitu menggunakan pendekatan penelitian dan pengembangan RnD (*Research and Development*). Penelitian ini bertujuan pokok untuk mengembangkan robot *pick and place* yang ada di laboratorium pneumatik dan hidrolis UNNES dengan menggunakan sistem kontrol *Raspberry Pi* berbasis IoT (*Internet of Things*). Pengembangan pada robot *pick and place* ini berupa perangkat lunak sistem kontrol *Raspberry Pi* yang dapat dioperasikan dengan berbasis IoT (*Internet of Things*).

Penelitian ini menggunakan prosedur penelitian model *Analysis, Design, Development, Implementation, and Evaluation* (ADDIE). Di bawah ini merupakan bagan dari model pengembangan ADDIE:

1. *Analysis* (Analisis)

Tahap analisis adalah tahap awal pengembangan produk yang dilakukan untuk mengetahui kebutuhan robot pneumatik *pick and place* dengan sistem kontrol berbasis IoT (*Internet of Things*). Untuk mendapatkan analisis kebutuhan, dilakukan observasi berupa mengukur dan menganalisis robot dengan sistem kontrol PLC yang digunakan pada robot *pick and place* yang terdapat di laboratorium pneumatik dan hidrolis UNNES. Hasil analisis didapatkan dimensi detail robot *pick and place* yang terlampir pada penelitian ini dan berdasarkan uji coba menunjukkan bahwa robot hanya dapat dioperasikan secara manual menggunakan sistem kontrol PLC.

2. *Design* (Perencanaan)

Tahap desain adalah tahap perancangan sistem kontrol robot dengan menggunakan *Raspberry Pi*. Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan pada robot *pick and place* yang ada di laboratorium pneumatik dan hidrolis UNNES, maka perlu adanya pengembangan sistem kontrol berbasis *Internet of Things* untuk mewujudkan robot yang efektif dan efisien. Sistem kontrol dibuat dengan *panelbox* menggunakan papan kayu. *Panelbox* digunakan untuk tempat rangkaian sistem kontrol yang terdiri dari 1 buah mikrokontroler *Raspberry Pi* dan 4 buah modul relay 2 *channel*.

3. *Development* (Pengembangan)

Pengembangan robot pneumatik *pick and place* dengan sistem kontrol *Raspberry Pi* berbasis IoT (*Internet of Things*) terbagi menjadi beberapa tahap, yaitu:

- a. Rancang bangun perangkat lunak (Pemrograman *Raspberry Pi*)
- b. Rancang bangun kelistrikan (Perangkaian komponen input-output dan *Raspberry Pi*)
- c. Pembuatan *panelbox*
- d. Pengujian robot dengan sistem kontrol IoT (*Internet of Things*)
- e. Validasi kelayakan robot

4. *Implementation* (Implementasi)

Tahap implementasi adalah melakukan uji coba dengan menerapkan robot pneumatik *pick and place* dengan sistem kontrol *Raspberry Pi* berbasis IoT (*Internet of Things*) untuk memindahkan benda berbentuk silinder dari tempat satu ke tempat lain dengan sudut putar 90°.

5. Evaluation (Evaluasi)

Evaluasi adalah tahap penilaian terhadap robot pneumatik *pick and place* yang telah dirancang, untuk mengetahui apakah robot berhasil dengan tujuan dan harapan awal atau tidak. Tahap evaluasi dilakukan dengan membandingkan hasil pengujian robot menggunakan sistem kontrol PLC dengan robot menggunakan sistem kontrol *Raspberry Pi* berbasis IoT.

Alat dan bahan yang digunakan pada penelitian ini yaitu, alat: kunci pas; *charger handphone* dengan arus output 2A; gergaji; mesin bor; penggaris; komputer/ laptop dengan perangkatnya; telepon genggam/ HP Android; kabel LAN; kompresor. Bahan yang dibutuhkan yaitu robot *pick and place*; mur baut M12 x 30 mm; papan kayu tebal 2 mm dengan luas 1,5 m²; 1 buah *Cylinder* CDJ2B10-45-B dan 2 buah *Cylinder* CDM2B20-100; selang pneumatik; selenoid; *Power Supply*; *Raspberry Pi* 3 Model B; MCB (*Miniature Circuit Breaker*); kabel GPIO *Raspberry Pi*; modul *relay*; kabel jumper; *banana plug*.

Analisis data dilakukan setelah data-data hasil penelitian yang diperlukan telah terkumpul. Data yang diperoleh dari hasil penelitian kemudian diolah menggunakan rumus persamaan yang ada untuk memperoleh data kuantitatif berupa angka. Teknik analisis data yang digunakan dalam penelitian ini adalah menggunakan teknik analisis statistik deskriptif.

Statistik deskriptif adalah statistik yang digunakan untuk menganalisis data dengan cara mendeskripsikan atau menggambarkan data yang telah terkumpul sebagaimana adanya tanpa bermaksud membuat kesimpulan yang berlaku untuk umum atau generalisasi (Sugiyono, 2016). Robot hasil rancangan setelah diimplementasikan, kemudian diuji tingkat kelayakan produk. Produk diuji menggunakan angket persepsi dengan skala Likert lima pilihan yaitu Sangat Setuju, Setuju, Cukup Setuju, Tidak Setuju, Sangat Tidak Setuju. Setelah data-data diperoleh selanjutnya adalah mengubah data kualitatif menjadi kuantitatif dengan penilaian 5 gradasi yaitu 5, 4, 3, 2, 1. Setelah data diperoleh, maka selanjutnya adalah melihat bobot hasil tanggapan dan menghitung skor reratanya. Kemudian menyimpulkan dengan kategori penilaian. Kategori penilaian dapat ditunjukkan pada tabel 1.

Tabel 1. Kategori penilaian
(Azizah dkk., 2018)

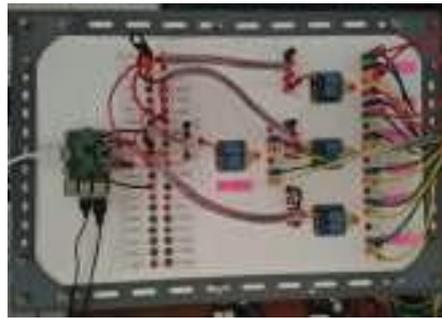
Penilaian	Kategori
81,0 % - 100,0 %	Sangat layak
61,0 % - 80,9 %	Layak
41,0 % - 60,9 %	Cukup layak
21,0 % - 40,9 %	Kurang layak
00,0 % - 20,9 %	Tidak layak

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

1. HASIL

Hasil yang didapatkan dari penelitian ini yaitu terwujudnya sistem kontrol robot pneumatik *pick and place* dengan menggunakan *Raspberry Pi*. Rancang bangun robot ini dilakukan dengan pengamatan langsung dan pencatatan di lapangan dengan cara mengidentifikasi komponen-komponen robot, pengembangan sistem kontrol, dan analisis kerja pada robot pneumatik *pick and place* dengan sistem kontrol *Raspberry Pi* berbasis *Internet of Things* (IoT).

Sistem kontrol robot dibuat dengan *panelbox* berbentuk balok dengan dimensi 59 x 40 cm dan tinggi 20 cm. *Panelbox* sistem kontrol terdapat 1 *microcontroller Raspberry Pi* dan 4 modul *relay 2 channel*. Gambar *panelbox* sistem kontrol dapat ditunjukkan pada gambar 1.



Gambar 1. Sistem kontrol robot *pick and place*

Hasil yang didapatkan dari penelitian ini yaitu terwujudnya sistem kontrol robot pneumatik *pick and place* dengan menggunakan *Raspberry Pi*. Rancang bangun robot ini dilakukan dengan pengamatan langsung dan pencatatan di lapangan dengan cara mengidentifikasi komponen-komponen robot, pengembangan sistem kontrol, dan analisis kerja pada robot pneumatik *pick and place* dengan sistem kontrol *Raspberry Pi* berbasis *Internet of Things* (IoT).

Berdasarkan pengujian yang dilakukan ada sistem kontrol *Raspberry Pi* didapatkan hasil yang dapat ditunjukkan pada tabel 2.

Tabel 2. Hasil uji fungsi sistem kontrol

No.	Komponen	Fungsi Baik	Tidak Berfungsi	Keterangan
1.	Port USB	✓	-	-
2.	Port HDMI	✓	-	-
3.	Port LAN	✓	-	-
4.	SD Card Slot	✓	-	-

Setelah dilakukan uji komponen pada port Raspberry Pi, maka dilakukan pengujian pada modul relay yang dapat ditunjukkan pada tabel 3.

Tabel 3. Hasil uji coba modul *relay*

No.	Komponen	Fungsi		Keterangan
		Baik	Tidak Berfungsi	
1.	Relay 1	✓	-	Lengan geser bergerak maju
2.	Relay 2	✓	-	Lengan geser bergerak mundur
3.	Relay 3	✓	-	Lengan penjepit bergerak turun
4.	Relay 4	✓	-	Lengan penjepit bergerak naik
5.	Relay 5	✓	-	Lengan pegang membuka
6.	Relay 6	✓	-	Lengan pegang menutup
7.	Relay 7	✓	-	Motor DC berputar searah jarum jam
8.	Relay 8	✓	-	Motor DC berputar berlawanan jarum jam

Berdasarkan pengujian pada modul *relay* yang dapat ditunjukkan bahwa semua *relay* dapat berfungsi sesuai dengan tujuan yang diinginkan untuk menggerakkan robot *pick and place*. Uji coba respon sistem kontrol robot pneumatik *pick and place* berbasis *Internet of Things* dapat ditunjukkan pada tabel 4.

Tabel 4. Uji sistem kontrol berbasis *internet of things*

No.	Variasi Pengujian	cepatan Internet (Kb/s)	waktu Respon (T)
1.	Jarak <i>user</i> 10 m	1,21 Kb/s	0,58 s
		1,64 Kb/s	0,36 s
		1,30 Kb/s	0,45 s
		1,61 Kb/s	0,42 s
		2,99 Kb/s	0,23 s
2.	Jarak <i>user</i> 20 m	1,69 Kb/s	0,37 s
		1,50 Kb/s	0,41 s
		1,08 Kb/s	0,72 s
		1,21 Kb/s	0,58 s
		1,64 Kb/s	0,42 s
3.	Jarak <i>user</i> 30 m	1,80 Kb/s	0,33 s
		1,15 Kb/s	0,61 s
		1,64 Kb/s	0,42 s
		1,02 Kb/s	0,84 s
		1,72 Kb/s	0,35 s
4.	Jarak <i>user</i> 40 m	1,40 Kb/s	0,46 s
		1,48 Kb/s	0,43 s
		1,58 Kb/s	0,40 s
		1,20 Kb/s	0,57 s
		1,90 Kb/s	0,32 s
5.	Jarak <i>user</i> 50 m	1,58 Kb/s	0,40 s
		1,16 Kb/s	0,63 s
		1,29 Kb/s	0,47 s
		1,04 Kb/s	0,68 s
		1,35 Kb/s	0,43 s

Uji coba kebutuhan sumber daya sistem kontrol robot pneumatik pick and place berbasis *Internet of Things* dapat ditunjukkan pada tabel 5.

Tabel 5. Kebutuhan sumber daya sistem kontrol

No.	Kebutuhan Daya Sistem Kontrol	
	PLC	<i>Raspberry Pi</i>
1.	259 volt	5,17 volt
2.	257 volt	5,31 volt
3.	260 volt	5,2 volt
4.	256 volt	4,93 volt
5.	261 volt	5,15 volt
Rerata	258,6 volt	5,15 volt

Berdasarkan pengujian kebutuhan sumber daya sistem kontrol pada tabel 5 dapat diketahui bahwa kebutuhan daya sistem kontrol *Raspberry Pi* lebih kecil yaitu 5,15 volt dibandingkan kebutuhan daya sistem kontrol dengan PLC yaitu 258,6 volt. Sehingga dapat disimpulkan bahwa sistem kontrol dengan *Raspberry Pi* jauh lebih hemat dibandingkan sistem kontrol dengan menggunakan PLC.

Setelah dilakukan uji coba sistem kontrol meliputi uji fungsi komponen sistem kontrol, uji coba komponen modul relay, uji coba respon sistem kontrol berbasis IoT (*Internet of Things*), serta uji coba kebutuhan sumber daya sistem kontrol, kemudian sistem kontrol dilakukan uji kelayakan sistem kontrol. Uji kelayakan dilakukan oleh ahli mekatronika dari dosen Teknik Mesin UNNES dan guru Teknik Elektronik Industri SMK Jawa Tengah. Uji kelayakan yang dilakukan yaitu meliputi aspek tampilan,

komponen elektronik, serta aspek K3 dan kemudahan pengguna.

Berdasarkan hasil penilaian dari tenaga ahli dapat ditunjukkan dalam bentuk rekapitulasi penilaian uji kelayakan sistem kontrol robot pneumatik *pick and place* berbasis *Internet of Things* oleh 2 tenaga ahli dapat ditunjukkan pada tabel 6.

Tabel 6. Hasil uji kelayakan sistem kontrol

No.	Kriteria Penilaian	Skor Rata-rata	Kategori
A. Aspek Tampilan			
1.	Sistem kontrol sesuai dengan desain	5	Sangat Layak
2.	Tata letak komponen proporsional	4	Layak
B. Komponen Elektronik			
3.	<i>Microcontroller</i> berfungsi dengan baik	5	Sangat Layak
4.	<i>Driver</i> robot (modul <i>relay</i>) berfungsi dengan baik	4	Layak
C. K3 dan Kemudahan Pengguna			
5.	Tingkat bahaya rendah	4	Layak
6.	Kemudahan instalasi kabel antar komponen fleksibel	4	Layak
7.	Tata letak sistem pendistribusian arus listrik yang sesuai	4,5	Sangat Layak
8.	Pengoperasian mudah	4,5	Sangat Layak
9.	Kecepatan respon tinggi	4	Layak

Berdasarkan penilaian tenaga ahli dapat dijelaskan bahwa sistem kontrol robot *pick and place* berbasis IoT pada aspek tampilan memperoleh skor rata-rata 9 dari total skor 10 dengan kategori sangat layak, aspek komponen elektronik memperoleh skor rata-rata 9 dari total skor 10 dengan kategori sangat layak, dan aspek K3 dan kemudahan pengguna memperoleh skor rata-rata 21 dari total skor 25 dengan kategori sangat layak.

Hasil total penilaian tenaga ahli didapatkan total skor 39 dari total skor maksimal yaitu 45. Sehingga dapat diketahui persentase tingkat kelayakan dengan perhitungan berikut:

$$\begin{aligned}
 x &= 39 \\
 X_{max} &= 45 \\
 \mu &= \frac{x}{X_{max}} \times 100 \% \\
 &= \frac{39}{45} \times 100 \% = 86,7 \%
 \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan dapat ditarik kesimpulan bahwa sistem kontrol robot memperoleh persentase 86,7 %. Dengan demikian sistem kontrol robot pneumatik *pick and place* menggunakan sistem kontrol *Raspberry Pi* berbasis *Internet of Things* dapat dikatakan sangat layak untuk digunakan.

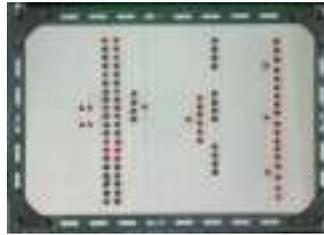
2. PEMBAHASAN

Rancangan sistem kontrol robot *pick and place* diwujudkan dalam bentuk *prototype*. Sistem kontrol robot *pick and place* terdiri dari 1 *microcontroller Raspberry Pi* dan 4 buah modul *relay 2 channel*. Instalasi sistem kontrol dibuat sistem perkabelan dengan menggunakan sistem banana-plug, sehingga instalasi dapat diubah secara fleksibel. Berikut adalah langkah dalam membuat rancangan sistem kontrol robot *pick and place* berbasis IoT (*Internet of Things*):

1. Rancang Bangun Perangkat Keras (Pembuatan *Panelbox* Sistem Kontrol)

Panelbox sistem kontrol digunakan untuk tempat rangkaian komponen kelistrikan yang terdiri dari 1 buah *microcontroller Raspberry Pi* dan 4 buah modul *relay 2 channel*. *Panelbox* dibuat menggunakan papan kayu dengan kerangka menggunakan besi pelat siku. Sistem pengkabelan menggunakan banana-plug agar rangkaian listrik dapat diubah dengan mudah apabila terjadi

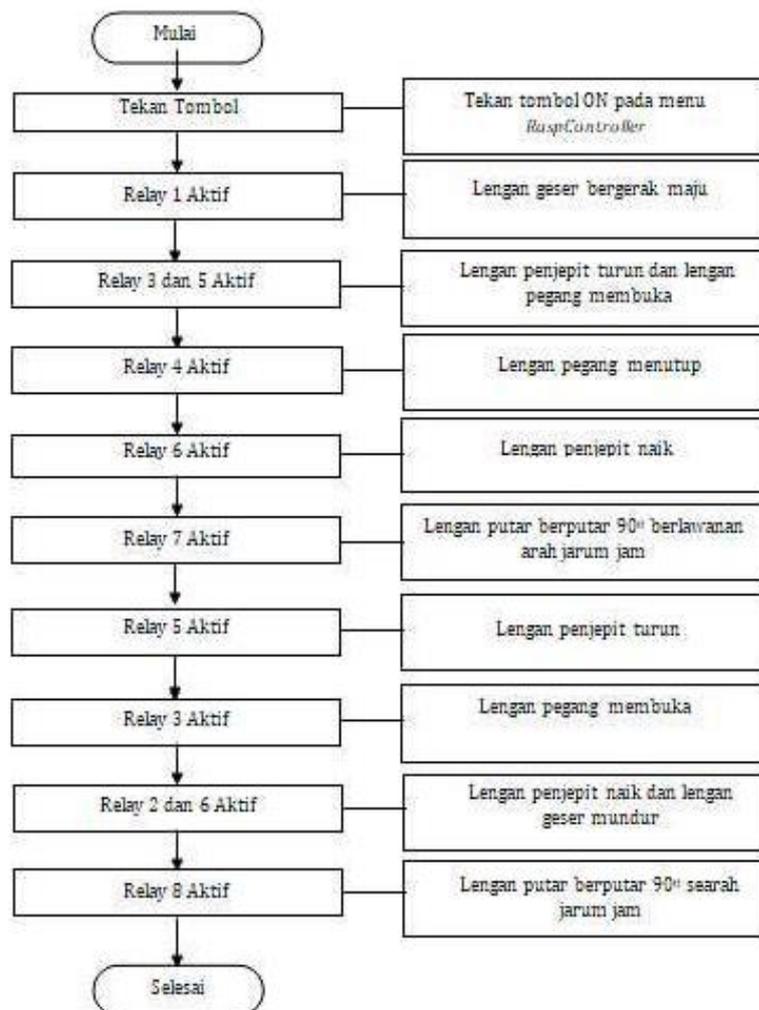
kerusakan. Dimensi *panelbox* sistem kontrol yaitu 59 x 40 cm dengan tinggi 20 cm. *Panelbox* sistem kontrol dapat ditunjukkan pada gambar 2.



Gambar 2. *Panelbox* Sistem Kontrol

2. Rancang Bangun Perangkat Lunak (Pemrograman *Raspberry Pi*)

Bahasa pemrograman yang digunakan untuk mengoperasikan *Raspberry Pi* adalah Python, yaitu salah satu bahasa pemrograman yang ada pada *microcontroller Raspberry Pi*. Bahasa pemrograman ini merupakan bahasa yang banyak dipakai untuk sistem kontrol *Raspberry Pi*. Program yang digunakan untuk mengontrol robot *pick and place* dapat ditunjukkan melalui *flowchart* berikut:



Gambar 3. *Flowchart*

Berdasarkan *flowchart* pada gambar 3 kemudian dibuat program pada sistem kontrol *Raspberry Pi*. Untuk membuat program yang akan disimpan ke *Raspberry Pi*, maka diperlukan proses instal OS (*Operational System*) pada *Raspberry Pi*. Langkah untuk menginstal OS dapat diuraikan sebagai berikut:

a. Mengunduh OS Raspbian, *SD formatter*, dan *Win32 Disk Imager*

OS Raspbian dapat diunduh melalui situs resmi di Raspberrypi.Org. Raspbian merupakan sistem operasi yang paling populer digunakan pada perangkat *Raspberry Pi*. Sistem operasi ini direkomendasikan melalui laman internet resmi *Raspberry Pi*. Cara instalasi tidak sama dengan cara sistem operasi pada umumnya seperti di PC atau laptop, karena storage yang digunakan pada *Raspberry Pi* adalah berupa *SD Card*. Oleh karena itu perlu untuk mengunduh *SD formatter* untuk memformat *SD Card* sampai bersih dari file-file yang ada sebelumnya. Kemudian *Win32 Disk Imager* digunakan untuk memindahkan file OS Raspbian ke *SD Card*.

b. Memformat *SD Card*

SD Card yang digunakan untuk *Raspberry Pi* harus bersih dari file atau OS yang telah digunakan, maka perlu diformat terlebih dahulu. Hal tersebut dilakukan untuk menghindari adanya virus yang mengakibatkan memory card terjadi corrupt. Cara memformat *SD Card* yaitu dengan membuka aplikasi *SDformatter* yang telah di instal. Gambar *SDformatter* dapat ditunjukkan pada gambar 4.



Gambar 4. *SD formatter*

c. Memindahkan file OS Raspbian yang telah diunduh ke *SD Card*

Memindahkan OS Raspbian ke *SD Card* menggunakan aplikasi *Win32 Disk Imager* untuk menghindari adanya virus dan terjadinya corrupt terhadap file OS yang telah diunduh. Kemudian pilih *SD Card* yang digunakan untuk menyimpan OS Raspbian dan klik *write*. Gambar *Win32 Disk Imager* dapat ditunjukkan pada gambar 5.



Gambar 5. *Win32 Disk Imager*

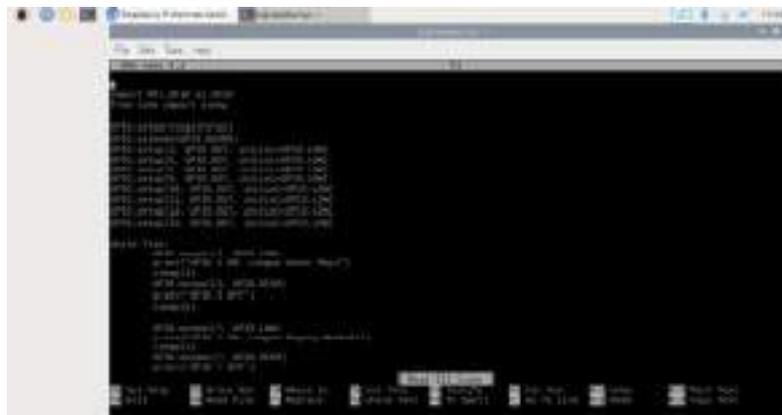
d. Proses instal OS Raspbian pada *Raspberry Pi*

Proses instal dilakukan dengan memasukkan *SD Card* yang telah disimpan file OS Raspbian pada *port SD Card* yang ada di *Raspberry Pi*. Kemudian menyalakan *Raspberry Pi* dengan memberikan arus 5V-2A. Dan menggunakan LCD monitor untuk mempermudah proses instalasi. Proses instalasi dapat ditunjukkan pada gambar 6.



Gambar 6. Instalasi OS Raspbian

Setelah *Raspberry Pi* terinstal OS Raspbian, proses pemrograman sesuai dengan *flowchart* dapat dilakukan melalui bahasa pemrograman Python yang telah tersedia di perangkat *Raspberry Pi*. Program robot *pick and place* sesuai dengan *flowchart*. Proses pemrograman dapat ditunjukkan pada gambar 7.



Gambar 7. Pemrograman robot *pick and place*

e. Rancang Bangun Kelistrikan (Perangkaian Komponen Input-Output dan *Raspberry Pi*)

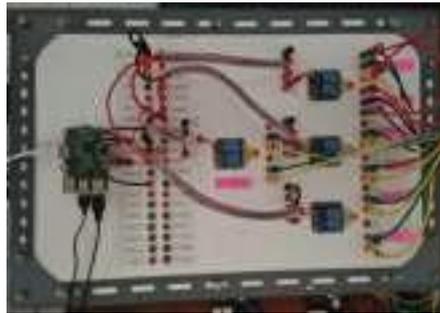
Sistem kontrol terdiri dari komponen kelistrikan 1 buah *microcontroller Raspberry Pi* dan 4 modul relay 2 *channel*. Rangkaian kelistrikan sistem kontrol robot *pick and place* dapat ditunjukkan melalui *Wiring Diagram*. *Raspberry Pi 3* model B terdapat 40 pin GPIO yang digunakan sebagai terminal input atau output. Pada penelitian ini dibutuhkan 8 pin GPIO sebagai kontrol modul relay dan 2 pin GPIO yaitu VCC dan Gnd. Secara lengkap penggunaan pin GPIO beserta alamat yang digunakan dapat dilihat pada tabel 7.

Tabel 7. Penggunaan Pin GPIO *raspberry pi*

No.	Alamat Pin GPIO	Output	Fungsi
1.	Pin 03	Relay 1	Lengan ayun bergerak maju Lengan ayun bergerak mundur
2.	Pin 05	Relay 2	Lengan penjepit membuka pencekam
3.	Pin 07	Relay 3	Lengan penjepit menutup
4.	Pin 08	Relay 4	Lengan penjepit bergerak turun
5.	Pin 10	Relay 5	Lengan penjepit bergerak naik
6.	Pin 11	Relay 6	Lengan putar berputar 90 ⁰
7.	Pin 12	Relay 7	berlawanan arah jarum jam
8.	Pin 13	Relay 8	Lengan putar berputar 90 ⁰ searah jarum jam

Rangkaian kelistrikan berupa microcontroller *Raspberry Pi* dan modul *relay* kemudian dipasang pada *panelbox* yang telah dibuat. Untuk menghubungkan antar komponen digunakan pengkabelan dengan banana-plug. Hal ini dilakukan untuk mempermudah instalasi sesuai dengan kebutuhan. Pin GPIO pada *Raspberry Pi* dan terminal modul *relay* dihubungkan dengan banana-plug menggunakan kabel jumper.

Modul *relay* mendapatkan arus dari pin GPIO, kemudian menggerakkan solenoid untuk menjalankan gerak lengan robot sesuai dengan program yang telah dibuat. Rangkaian kelistrikan yang telah dibuat pada *panelbox* dapat ditunjukkan pada gambar 8.



Gambar 8. Rangkaian kelistrikan sistem kontrol

Setelah dilakukan pengujian, robot pneumatik *pick and place* dengan sistem kontrol *Raspberry Pi* berbasis *Internet of Things* diuji kelayakan oleh ahli mekatronika. Uji kelayakan pada penelitian ini dilakukan oleh dosen teknik mesin UNNES dan guru teknik elektronik industri SMK Jawa Tengah.

Uji kelayakan dilakukan dengan mengirimkan video hasil pengujian robot sesuai permintaan validator ahli. Uji kelayakan robot meliputi aspek komponen pneumatik, komponen elektronik dan microcontroller, dan aspek sistem kontrol berbasis *Internet of Things* yang dapat dijabarkan berdasarkan hasil penelitian sebagai berikut:

1. Uji Komponen Elektronik dan Microcontroller

Uji komponen elektronik dan microcontroller dilakukan dengan menganalisis kebutuhan setiap komponen. Hasil analisis kebutuhan beberapa komponen yang diimplementasikan pada robot *pick and place* pada penelitian ini dapat dijabarkan sebagai berikut:

a. Implementasi Catu Daya

Catu daya berfungsi untuk mensuplai tegangan ke seluruh komponen pada robot *pick and place*. Terdapat 2 suplai arus listrik yang digunakan pada penelitian ini, yaitu suplai arus listrik dengan tegangan DC 5V-2A untuk *Raspberry Pi* dan tegangan AC 220V untuk *power supply*.

Jenis catu daya yang digunakan adalah adaptor *charger* telepon genggam dan *power supply*. Luaran arus dari *Raspberry Pi* digunakan untuk mengaktifkan modul *Relay* dan luaran arus dari *power supply* digunakan untuk mengaktifkan solenoid.

b. Implementasi *Raspberry Pi*

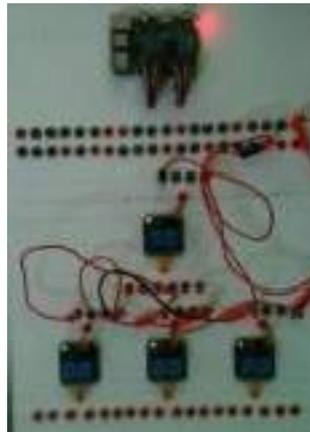
Raspberry Pi digunakan sebagai sistem kontrol untuk mengendalikan robot. Sistem kontrol yang digunakan yaitu *Raspberry Pi 3* model B. *Raspberry Pi* bekerja untuk mengendalikan 4 modul *relay 2 channel*. Sistem berfungsi dengan baik yang dapat diketahui melalui indikator LED pada *Raspberry Pi* yang dapat ditunjukkan pada gambar 9.



Gambar 9. Sistem kontrol robot *pick and place*

c. Implementasi Rangkaian *Driver Robot* (Modul Relay)

Driver robot diimplementasikan menggunakan 4 modul Relay 2 channel. 3 modul relay digunakan untuk mengaktifkan selenoid dan 1 modul relay untuk menjalankan motor DC. Relay akan beroperasi sesuai perintah yang diterima dari *microcontroller*. Implementasi rangkaian driver robot dapat dilihat pada gambar 10.



Gambar 10. Rangkaian driver robot *pick and place*

Penelitian ini membagi *driver* menjadi empat bagian yang disesuaikan dengan jumlah sistem mekanik pada robot, yaitu:

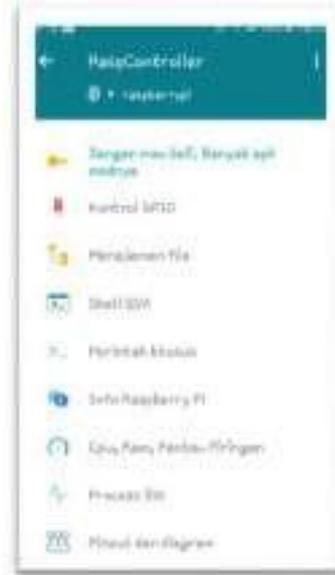
1. Relay pertama berfungsi mengendalikan silinder pneumatik bergerak maju-mundur pada lengan ayun.
2. Relay kedua berfungsi untuk mengendalikan pergerakan naik turun lengan penjepit.
3. Relay ketiga berfungsi untuk mengendalikan gerak membuka dan menutup cekam pada lengan penjepit.
4. Relay keempat berfungsi untuk mengoperasikan motor DC berputar 90°.

2. Uji Sistem Kontrol Berbasis *Internet of Things*

Uji sistem kontrol digunakan untuk mengetahui spesifikasi respon *Internet of Things* terhadap sistem kontrol *Raspberry Pi*. Uji sistem kontrol dilakukan untuk mengukur kecepatan

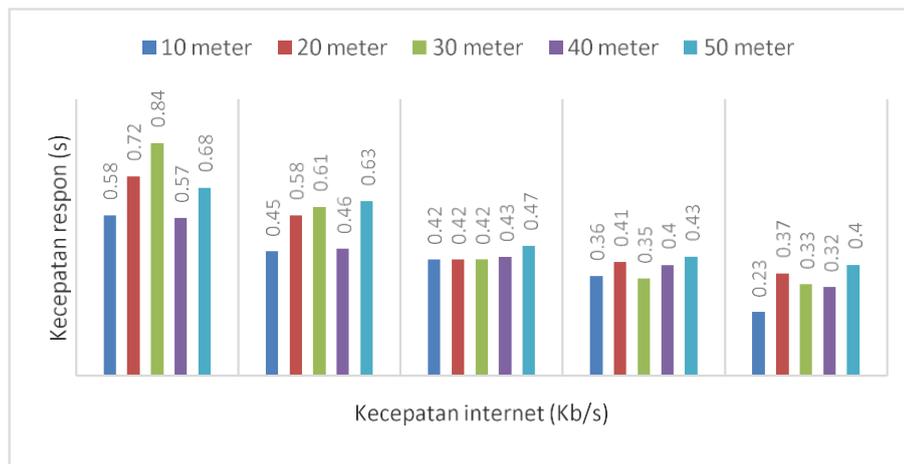
respon pengguna terhadap sistem kontrol dengan variasi jarak 10 m, 20 m, 30 m, 40 m, dan 50 m.

Uji coba sistem kontrol berbasis *Internet of Things* dibutuhkan perangkat berupa robot *pick and place* dan aplikasi *RaspController* sebagai kontrol pengguna melalui ponsel android. Melalui aplikasi *RaspController*, kerusakan komponen kelistrikan sistem kontrol dengan mudah dapat diketahui. Tampilan aplikasi *RaspController* dapat ditunjukkan pada gambar 11.



Gambar 11. Menu *RaspController*

Hasil uji sistem kontrol IoT dengan menggunakan aplikasi *RaspController* yang dilakukan di laboratorium pneumatik dan hidrolik UNNES dengan menggunakan jaringan wifi yang terdapat di Jurusan Teknik Mesin dapat disimpulkan bahwa jarak tidak berpengaruh terhadap kecepatan respon sistem kontrol. Kecepatan waktu respon sistem kontrol dipengaruhi oleh kecepatan internet pengguna dengan sistem kontrol yang terhubung dengan *Raspberry Pi*. Hal tersebut dapat ditunjukkan pada diagram batang uji sistem kontrol pada gambar 12.



Gambar 12. Diagram Hasil Uji Respon Sistem Kontrol

Berdasarkan diagram pengujian respon sistem kontrol yang ditunjukkan pada gambar 4.12 dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi kecepatan internet yang terhubung, maka semakin cepat waktu respon yang diterima sistem kontrol. Baik pada variasi jarak kontrol 10 meter, 20 meter, 30 meter, 40 meter, maupun 50 meter.

3. Efisiensi Sistem Kontrol

Efisiensi sistem kontrol didapat dari pengukuran daya yang dibutuhkan dari sistem

kontrol. Dimana daya yang dibutuhkan sistem kontrol *Raspberry Pi* berbasis *Internet of Things* harus memiliki efisiensi yang lebih baik daripada sistem kontrol manual.

Berdasarkan hasil pengujian sumber daya, sistem kontrol menggunakan *Raspberry Pi* lebih efisien yaitu 5,15 volt dibandingkan tegangan sumber daya sistem kontrol menggunakan PLC yaitu 258,6 volt.

4. Keefektifan Sistem Kontrol

Keefektifan sistem kontrol didapat diketahui dengan membandingkan sistem kontrol *Raspberry Pi* dengan sistem kontrol PLC. Dimana sistem kontrol *Raspberry Pi* dapat digunakan berbasis *Internet of Things* tanpa diperlukan operator yang banyak, sehingga sistem kontrol ini bisa lebih efektif dengan operator dapat dilakukan sendiri dan dari jarak jauh. Sedangkan sistem kontrol dengan menggunakan PLC hanya dapat dioperasikan secara manual.

5. Kelayakan Sistem Kontrol

Berdasarkan hasil uji kelayakan sistem kontrol yang dilakukan oleh 2 tenaga ahli didapatkan skor penilaian yang kemudian dari skor penilaian tersebut dilakukan kalkulasi dan diubah dalam bentuk persen. Persentase skor penilaian uji kelayakan oleh 2 ahli didapatkan 86,7 % . Kemudian berdasarkan persentase kelayakan tersebut diubah menjadi kategori penilaian berdasarkan tabel kategori penilaian oleh (Azizah, dkk. 2018).

Berdasarkan tabel kategori penilaian tersebut dapat disimpulkan bahwa tingkat kelayakan sistem kontrol dengan presentase kelayakan 86,7% termasuk ke dalam kategori penilaian sangat layak. Oleh karena itu, dapat dikatakan bahwa sistem kontrol sangat layak digunakan sebagai sistem kontrol robot pneumatik pick and place berbasis IoT (*Internet of Things*).

SIMPULAN

Sistem kontrol robot pneumatik pick and place dengan *Raspberry Pi* berbasis *Internet of Things* (IoT) dapat dioperasikan menggunakan ponsel android yang terhubung internet dengan bantuan aplikasi *RaspController*. Berdasarkan penelitian yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa rancangan sistem kontrol diwujudkan dalam bentuk prototype berupa panelbox sistem kontrol berbentuk balok dengan dimensi 59 x 40 x 20 cm yang terdiri dari komponen kelistrikan berupa 1 buah *Raspberry Pi* dan 4 buah modul *relay 2 channel*.

Berdasarkan uji kelayakan oleh ahli, sistem kontrol robot *pick and place* berbasis IoT (*Internet of Things*) mendapatkan persentase kelayakan 86,7 % dengan kategori sangat layak, dengan spesifikasi sistem kontrol pick and place berhasil digerakkan melalui jaringan internet dengan jarak respon kontrol maksimal 50 m dan kecepatan respon 0,5 detik dengan kecepatan internet rata-rata 1,49 Kb/s.

DAFTAR PUSTAKA

- Arief I. dan Fajri R.. 2015. Perancangan Purwarupa Sistem Pengendalian Kualitas Pengukuran Dimensi Produk Terotomasi . Jurnal Optimasi Sistem Industri 14(2): 217-226
- Indriyanto, Rudy F. dkk.. 2018. Rancang Bangun Sistem Pengepresan Dengan Penggerak Pneumatik Pada Mesin Press Dan Potong Untuk Pembuatan Kantong Plastik Ukuran 400 X 550 Mm. Jurnal SIMETRIS 9 (2): 1053-1060
- Kumar, S.S.. 2015. Design of Pick and place Robot. International Journal of Advanced Research in Electrical, Electronics and Instrumentation Engineering 4(6): 4887-4898.
- Oktariawan I, dkk. 2013. Pembuatan Sistem Otomasi Dispenser Menggunakan Mikrokontroler Arduino Mega 2560. Jurnal FEMA 1(2): 18-24
- Putro, M.D. dan Litouw, J.. 2017. Robot Pintar Penyambut Costumer pada Pusat Perbelanjaan Kota Manado. Jurnal Rekayasa Elektrika 13(1): 8-17
- Sugiyono. 2014. Metode Penelitian Kombinasi (Mixed Methods). Cetakan ke-6. Bandung: Alfabeta.
- Syahril, Ahmad dan Hidayat, M.F.. 2018. Perancangan Ulang Peralatan Pneumatik Berbasis Programmable Logic Control (PLC) untuk Kegiatan Praktikum. Edisi terbit 1. Jakarta Utara: Jurnal Konversi Energi dan Manufaktur UNJ
- Ulfa, N.W.. 2016. Implementasi Open Meetings Menggunakan Raspberry Pi Sebagai Server. Skripsi. Program Sarjana Universitas Islam Negeri Alauddin. Makasar.