

# ROBOT LENGAN UNTUK PROSES PERAKITAN MINIATUR *BODY* MOBIL SEBAGAI MEDIA PEMBELAJARAN ROBOTIKA

Andri Wiyono<sup>1)</sup>, Ismail Rokhim<sup>2)</sup>, Adhitya Sumardi<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup> Teknik Mesin dan Manufaktur, Program Studi Teknik Elektromekanik  
Politeknik Manufaktur Bandung

E-mail: <sup>1)</sup>[andriwiyono.id@gmail.com](mailto:andriwiyono.id@gmail.com), <sup>2)</sup>[ismail\\_r@polman-bandung.ac.id](mailto:ismail_r@polman-bandung.ac.id), <sup>3)</sup>[adhitya@polman-bandung.ac.id](mailto:adhitya@polman-bandung.ac.id)

## Abstrak

Perkembangan penggunaan teknologi otomasi industri di Indonesia cukup pesat. Diantaranya di bidang industri otomotif terutama mobil telah banyak menggunakan robot sebagai bagian dari proses produksinya. Institusi pendidikan sebagai gerbang pengetahuan dan penguasaan teknologi diharapkan mampu memberikan dukungan terhadap industri. Untuk menciptakan lulusan yang kompeten dalam bidang tersebut, tentunya perlu sebuah media pembelajaran yang menggambarkan kondisi di industri. Media pembelajaran mengenai proses perakitan tersebut diharapkan mampu menjawab tantangan tersebut, karena dalam media ini peserta didik dapat mengetahui mengenai alur proses produksi, belajar melakukan *teaching* yaitu membuat program pergerakan robot dengan *pendant*, membuat program PLC kemudian mengintegrasikannya dengan kontroller robot dan beberapa perangkat lain pendukung sistem pada *plant* ini. Metode yang digunakan adalah metode perancangan VDI 2206 yaitu perancangan berbasis mekatronika yang dikembangkan dari tiga domain desain spesifik, yaitu domain mekanik, domain elektrik, dan domain informatik. Ketiga domain tersebut akan diintegrasikan sehingga menjadi kesatuan sistem utuh yang menghasilkan suatu produk berupa *plant* perakitan miniatur *body* mobil dengan menggunakan robot lengan. Berdasarkan hasil pengujian, PLC sebagai unit kendali utama dapat melakukan pengendalian dan komunikasi dengan baik terhadap robot maupun perangkat pendukung lainnya. Robot dapat melakukan perakitan tercepat dengan waktu 31.79 detik, untuk akurasi perakitan didapatkan hasil yaitu, robot melakukan proses perakitan dengan baik sebanyak tiga kali, dengan tingkat akurasi 78%. Unjuk kerja media pembelajaran robotika berfungsi dengan baik secara keseluruhan. Hasil penilaian ahli mendapat presentase 82,7% dan penilaian mahasiswa mendapat presentase 94% dengan kategori sangat layak dan dapat digunakan sebagai media pembelajaran Praktik Robotika di Jurusan Teknik Otomasi Manufaktur dan Mekatronika Polman Bandung.

**Kata kunci:** robot, PLC, konveyor, end effector, otomasi.

## 1. PENDAHULUAN

Perkembangan otomatisasi industri di Indonesia berkembang cukup pesat dengan berbagai terobosan. Secara umum industri di Indonesia sedang memasuki tren baru, yang mengedepankan otomatisasi untuk proses produksi yang lebih efisien. Kemajuan yang sedang berlangsung dalam otomatisasi industri saat ini adalah penerapan aplikasi robotika pada sektor industri otomotif terutama aplikasi robot lengan. Mulai dari sekadar memilih dan meletakkan komponen, hingga pada proses pengelasan dan perakitan.<sup>[1]</sup>

Saat ini tidak sedikit lulusan politeknik / vokasi terutama jurusan teknik yang terjun ke industri otomotif dan mungkin akan berhadapan dengan teknologi robot tersebut. Untuk menunjang perkembangan penggunaan robot lengan pada industri otomotif perlu didukung sumber daya manusia yang kompeten di bidang tersebut. Oleh karena itu, sebuah laboratorium robotika perlu menyediakan media pembelajaran dalam pengoperasian robot yang lebih terintegrasi dengan kebutuhan industri otomotif tersebut, terutama pada proses yang sudah banyak menggunakan robot salah satunya yaitu proses perakitan *body* mobil, dengan adanya media pembelajaran tersebut diharapkan nantinya mahasiswa dapat memahami mengenai alur

proses suatu produksi, aplikasi penggunaan sensor, pemrograman PLC dan kontrol robot (*pendant*), komunikasi PLC dengan kontrol robot serta aplikasi *end effector*.

Saat ini banyak media ajar robotika yang telah disediakan oleh beberapa vendor seperti dari Festo, Yaskawa, dan Kuka. Salah satu media pembelajaran yang menggunakan robot dalam sistemnya adalah *Prolog System* produk dari Festo Didactic. Namun, aplikasi tersebut tidak membahas mengenai bagaimana proses pembuatan program robot (*teaching*) dengan *controller* robot, maupun komunikasi robot dengan perangkat lain.

Dalam kondisi aktual di industri, sangat memungkinkan suatu *plant* robot mengalami *error* dan kehilangan data, maka robot harus dilakukan *teaching* ulang dan komunikasi dengan *device* lain seperti PLC pun harus di *setting* kembali agar *plant* dapat berfungsi sebagaimana mestinya. Selain kasus tersebut, kemampuan *teaching* dan pengkomunikasian antara kontrol robot dengan PLC pun diperlukan untuk pembuatan/instalasi *plant* robot baru.

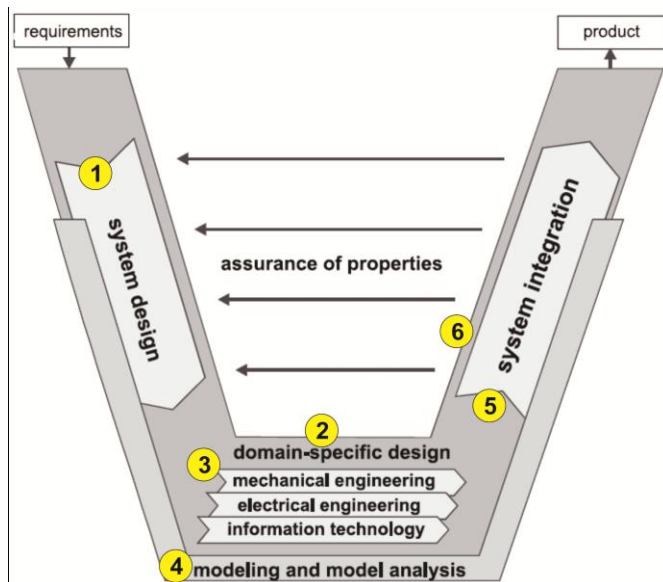
Merujuk pada kebutuhan industri tersebut, dimana robot dalam suatu *line* produksi banyak dikombinasikan dengan PLC sebagai unit kendali utama, dengan pembuatan *plant* ini, diharapkan dapat

memberikan sebuah dasar pengetahuan mengenai bagaimana pembuatan program robot (*teaching*) pada *controller* robot untuk proses perakitan, komunikasi robot dengan PLC, dan PLC dengan *device* lain seperti sensor, konveyor dan lainnya yang mendukung sebuah proses produksi. [2][3]

Selain itu, *plant* tersebut diharapkan dapat menjadi sebuah simulator suatu proses produksi pada industri otomotif yang dapat digunakan sebagai media pembelajaran mahasiswa maupun pelatihan pada industri otomotif.

## 2. METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan adalah metode perancangan VDI 2206 yaitu metode perancangan berbasis mekatronika yang dikembangkan dari tiga domain desain spesifik, yaitu domain mekanik, domain elektrik, dan domain informatik. Adapun gambaran metode VDI 2206 dapat dilihat pada Model V pada gambar 1 di bawah ini. [10]

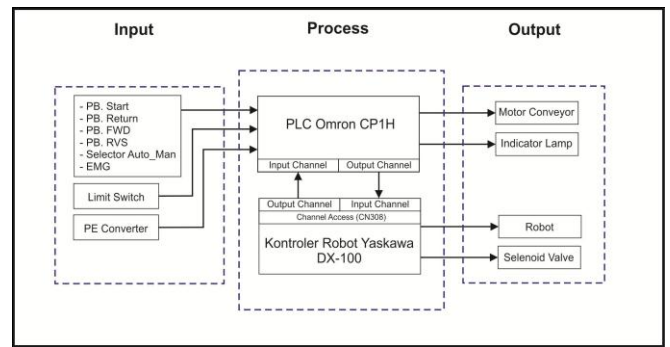


Gambar 1. V-Model VDI 2206 [21]

Dari Gambar 1. diatas dapat dijlaskan bahwa pada metode ini memiliki tiga domain spesifik. Ketiga domain tersebut akan diintegrasikan sehingga menjadi kesatuan sistem yang utuh untuk menghasilkan produk, dimana dalam penelitian ini produk berupa *plant* perakitan miniatur *body* mobil dengan menggunakan robot lengan

### 2.1 Gambaran Umum Sistem

Pada bagian ini akan dijelaskan mengenai sistem yang dibuat pada umumnya. Secara umum sistem terdiri dari tiga bagian yaitu bagian sensor, pengendali, dan penggerak.

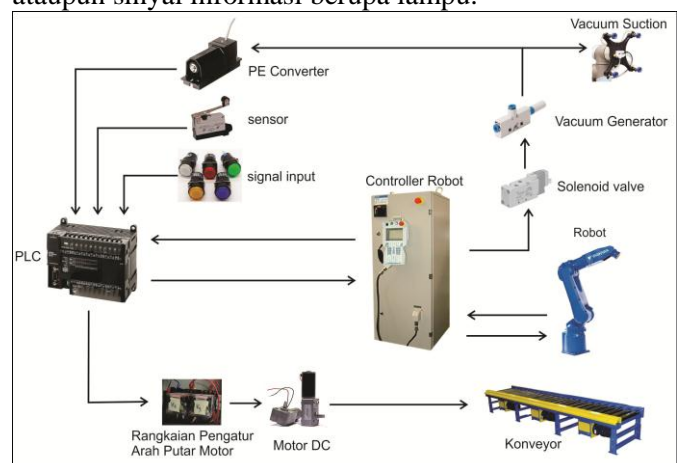


Gambar 2. Gambaran Umum

Adapun penjelasan dari gambar 2 diatas adalah mengenai prinsip kerja dari sistem ini diawali dengan pembacaan sensor posisi pada konveyor yang menandakan posisi komponen rakitan tersedia, dan sensor posisi yang dikirimkan oleh kontroler robot (*input*). Kemudian dilakukan proses pengendalian oleh bagian pengendali utama PLC pada bagian proses untuk menggerakkan konveyor, kemudian robot di langkah berikutnya. Adapun *output* pada sistem ini adalah berupa putaran motor untuk menggerakkan konveyor, pergerakan robot untuk melakukan perakitan dan *solenoid valve* sebagai media untuk menghasilkan udara *vacuum* pada *suction gripper*.

### 2.2 Konsep Sistem

Kendali utama dalam sistem ini depegang oleh PLC, baik dalam pembacaan sensor, memberi perintah pada aktuator ataupun menerima masukan dan memberikan sinyal keluaran pada kontroler robot. Gambar 3. dibawah ini merupakan gambaran konsep sistem, dimana PLC sebagai kendali utama akan melakukan komunikasi dengan kontroler robot baik sebagai masukan ataupun keluaran. PLC pun bertindak sebagai pengolah data dari perangkat masukan pada sistem ini dan memberikan keluaran pada aktuator ataupun sinyal informasi berupa lampu.



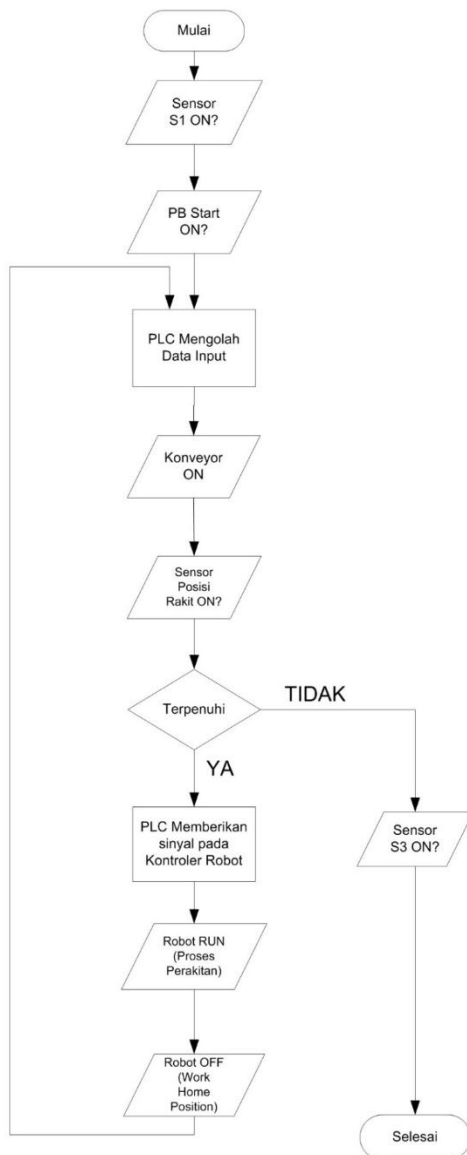
Gambar 3. Konsep Sistem

### 2.3 Diagram Alir Sistem

Pada domain informatik, terdapat beberapa bagian program untuk membangun sebuah sistem.

Adapun diagram alir dari plant ini dapat dilihat pada gambar berikut :

#### DIAGRAM ALIR PLANT PERAKITAN MINIATUR RANGKA MOBIL



Gambar 4.. Diagram alir *plant* perakitan miniatur *body* mobil

Berdasarkan Gambar 4. dapat dijelaskan bahwa proses dimulai dari pembacaan sensor posisi pada konveyor yang menandakan posisi komponen rakitan tersedia, dan sensor posisi yang dikirimkan oleh kontroler robot yang menginformasikan bahwa robot dalam kondisi *Work Home Posotion* (kondisi siap untuk melakukan proses perakitan). Semua sinyal masukan tersebut akan dikirm ke unit pengendali berupa PLC, masukan tersebut kemudian di proses oleh PLC, sehingga PLC kemudian mengeluarkan perintah terhadap motor DC untuk menggerakkan konveyor dan mengantarkan komponen rakitan ke posisi perakitan. Setelah komponen rakitan tiba di posisi perakitan dengan ditandai aktifnya sinyal posisi perakitan, maka sensor tersebut akan memberikan sinyal pada PLC bahwa komponen siap untuk dirakit. Setelah PLC menerima sinyal tersebut, kemudian memprosesnya dan

memberikan perintah pada konroler robot agar robot melakukan eksekusi perakitan. Setelah selesai melakukan perakitan, kontroler robot akan kembali memberikan sinyal terhadap PLC, bahwa proses perakitan telah selesai. Selanjutnya proses perakitan akan berlangsung sebanyak tiga kali, dengan siklus seperti tersebut.

### 3. HASIL DAN ANALISA

#### 3.1 Hasil Aktualisasi Rancangan

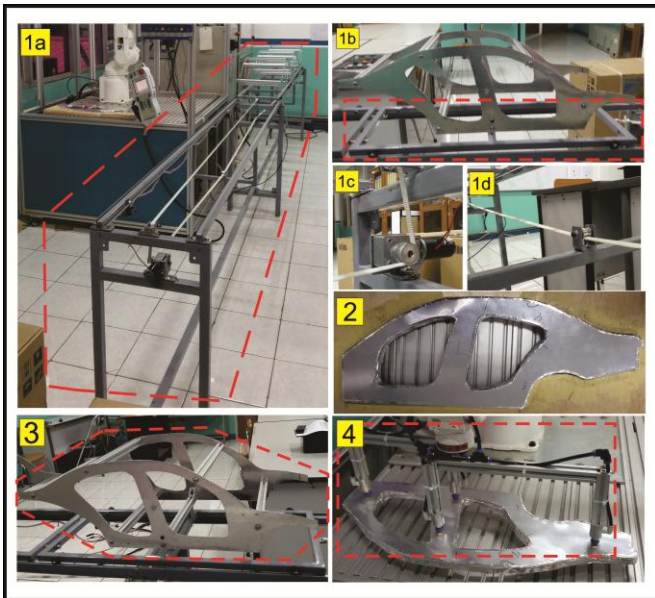
Pada bagian hasil aktualisasi rancangan akan ditampilkan hasil yang dicapai dalam pengerjaan sistem. Adapun hasil yang ditampilkan meliputi hasil aktualisasi rancangan mekanik, dan hasil aktualisasi rancangan elektrik.



Gambar 5. Aktualisasi Rancangan *Plant* Perakitan Miniatur *Body* Mobil

Pada Gambar 5. menunjukkan aktualisasi dari rancangan *plant* perakitan miniatur *body* mobil secara keseluruhan, untuk gambar lebih detail akan diperlihatkan pada sub bagian aktualisasi rancangan baik mekanik maupun elektrik.

### 3.1.1. Hasil Aktualisasi Rancangan Mekanik



Gambar 6. Aktualisasi Rancangan Mekanik

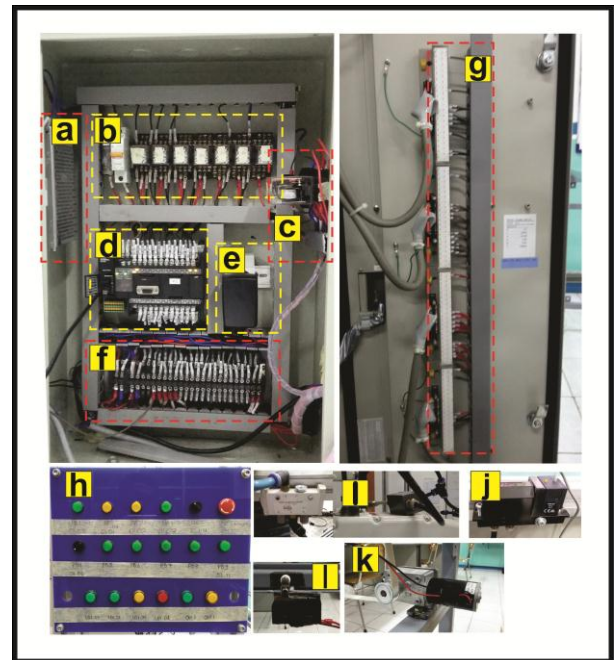
Hasil aktualisasi rancangan mekanik dapat dilihat pada gambar 6. Berikut keterangan gambar dari aktualisasi rancangan mekanik diatas :

1. Konveyor
  - a. Rangka Utama
  - b. Dudukan Komponen Rakit
  - c. *Timing Pulley*
  - d. *Pulley idler*
2. Komponen Rakitan 1 (Body Samping Mobil)
3. Komponen Rakitan 2 (Body Utama Mobil)
4. *End Effector (Vacuum Suction)*

Dari Gambar 6.diatas dapat dijelaskan, bahwa aktualisasi rancangan mekanik terdiri dari unit konveyor sebagai modul pemindah komponen rakitan. Konveyor ini digerakan oleh motor DC yang diteruskan melalui pasangan *timing pulley* dengan *timing belt* yang terhubung ke dudukan komponen rakitan. Pada konveyor ini terdapat 3 unit modul komponen rakitan yang membawa komponen miniatur body mobil, yang kemudian akan dibawa menuju titik perakitan. Untuk proses perakitan body samping terhadap komponen body utama akan dilakukan oleh robot dengan *end effector* menggunakan jenis *vacuum gripper* dengan empat titik *suction cup* untuk mencekam komponen rakitan.

### 3.1.2 Hasil Aktualisasi Rancangan Elektrik

Hasil aktualisasi rancangan elektrik meliputi box panel, panel operator, perangkat elektro-pneumatik, dan sensor. Adapun bagian-bagian tersebut dapat dilihat pada gambar 7. di bawah ini :



Gambar 7. Aktualisasi Rancangan Elektrik

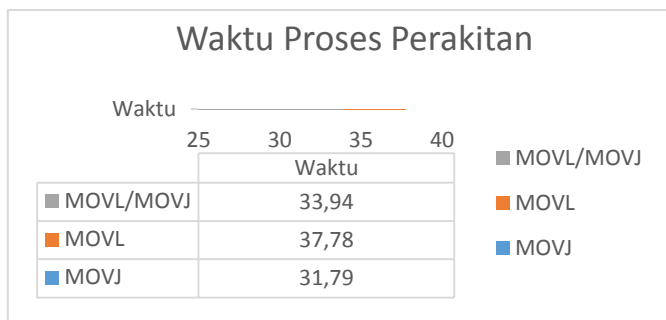
Keterangan dari gambar 7 diatas adalah sebagai berikut :

- a. *Power Supply 24 VDC*
- b. *Relay Emergency Stop*
- c. Rangkaian Pemutar Arah Motor
- d. PLC Omron CP1H
- e. *Power Supply 12 VDC*
- f. Terminal I/O PLC
- g. Terminal I/O Kontroler Robot
- h. Panel Operator
- i. Katup *Solenoid* dan *Vacuum Generator*
- j. *PE Converter*
- k. *Limit Switch*
- l. Motor DC

### 3.2 Pengujian Kecepatan Perakitan

Kecepatan pergerakan robot untuk melakukan proses perakitan akan sangat menentukan untuk menjadi patokan *assembly time*, kecepatan pergerakan robot ini tergantung dari program awal yang dibuat, antara lain perekaman *point to point* pergerakan robot, tipe gerakan robot (MOVJ, MOVL) dan *setting* kecepatan pada setiap gerakan. MOVJ adalah robot bergerak mencari jalur terdekat / termudah (dari suatu titik ke titik lain) berdasarkan 6 axis yang bekerja dengan kecepatan maksimum 100% *speed* robot. Sedangkan MOVL adalah gerakan robot secara linear dari suatu titik ke titik lain dengan kecepatan maksimum 1500 mm/detik. Pada pengujian kecepatan perakitan ini, robot akan di *teaching* dengan gerakan untuk proses perakitan miniatur rangka mobil. Pada pengujian ini perekaman gerakan robot dibuat dengan sedemikian rupa untuk melakukan proses perakitan, waktu dihitung dari mulai robot bergerak sampai robot kembali ke posisi awalnya. Dengan rekam gerak yang sama dan persentase

kecepatan yang sama (0.5 - 10% *max. speed*) terhadap setiap tipe gerakan robot didapat hasil yang disajikan pada gambar 8.



Gambar 8. Grafik Waktu Proses Perakitan

Dari gambar 8. diatas diperoleh hasil bahwa dengan perekaman gerak dan persentase *speed* yang sama, tipe gerak MOVJ lebih efisien dalam melakukan proses perakitan dibandingkan dengan tipe gerakan MOVL maupun kombinasi (MOVL dan MOVJ) dengan waktu perakitan 31.79 detik.

### 3.3 Pengujian Akurasi Perakitan

Akurasi perakitan sangat dipengaruhi oleh pergerakan komponen rakitan yang digerakan oleh konveyor, dimana konveyor akan berhenti sesaat sensor posisi perakitan aktif. Pada pengujian ini dilakukan 9 kali proses perakitan dimana satu siklus perakitan melakukan tiga kali perakitan. Dari hasil pengujian tersebut diperoleh hasil yang disajikan pada tabel berikut :

Tabel 1. Pengujian Akurasi Perakitan

Pengujian	Akurasi Perakitan		
	Body Mobil 1	Body Mobil 2	Body Mobil 3
1	✓	✓	✗
2	✓	✓	✓
3	✓	✓	✗

Dari Tabel 1. diatas dapat dilihat, dari sembilan kali proses perakitan terdapat 2 kali perakitan yang kurang akurat, dari analisa pengujian hal tersebut terjadi dikarenakan komponen body samping memiliki bentuk dan dimensi yang tidak seragam, sehingga komponen tersebut tidak terpasang dengan baik terhadap komponen *body* utama.

### 3.4 Pengukuran Unjuk Kerja Aspek Pedagogi

Untuk mengukur seberapa baik alat yang dibuat untuk dapat digunakan sebagai media ajar, digunakan metode *Evaluation of Multimedia, Pedagogical and Interactive software* (EMPI). Metode ini dikhususkan untuk mengevaluasi unjuk kerja suatu multimedia yang digunakan pada bidang pendidikan [12]. Metode EMPI menuntut penggunaan kuesioner yang berisikan

pernyataan-pernyataan untuk menunjukkan kelayakan multimedia sebagai media ajar. Kuesioner yang dibuat kemudian diisi oleh *evaluator*. *Evaluator* ini bisa saja merupakan seseorang yang akan menggunakan alat, pengajar, atau pimpinan yang berwenang [12].

Kuesioner yang dibuat menggunakan skala Likert untuk menentukan bobot akhir nilai media pembelajaran yang digunakan. Sebelum mengisi kuesioner, pengguna diwajibkan menggunakan aplikasi yang telah dibuat. Selagi pengguna menggunakan aplikasi, waktu penggunaan diukur untuk menentukan waktu pengoperasian alat hingga pengguna dirasa cukup untuk mengerti materi ajar pada aplikasi tersebut.

Adapun aspek penilaian uji validasi yang diberikan kepada para responden disajikan melalui tabel 2. Aspek penilaian yang di uji validasinya terdiri dari dua aspek, yaitu aspek teknis dan kemanfaatan dari media pembelajaran.

Tabel 2. Aspek Penilaian Uji Validasi

No	Aspek Penilaian
<b>Teknis</b>	
1	Tata letak media pembelajaran.
2	Komponen media pembelajaran berfungsi dengan baik.
3	<i>Plant</i> secara keseluruhan dapat bekerja dengan baik.
4	Unjuk kerja <i>plant</i> memenuhi kompetensi praktik Robotika
5	Materi praktikum sesuai RPS Praktik Robotika
6	Materi praktikum mudah dipahami
7	Media pembelajaran dilengkapi dengan modul.
8	Penerapan praktik robotika mudah dipahami.
9	Penggunaan media pembelajaran tidak rumit.
<b>Kemanfaatan</b>	
10	Memperjelas praktikum robotika.
11	Memudahkan dalam memahami konsep penggunaan robot industri.
12	Membangkitkan minat dan motivasi belajar peserta didik.
13	Mendorong kreativitas peserta didik untuk bereksperimen dalam pembelajaran praktikum robotika.

#### 3.4.1 Mengetahui unjuk kerja *Plant* Perakitan Miniatur *Body* Mobil sebagai media pembelajaran mata kuliah Praktik Robotika.

Unjuk kerja media pembelajaran ini dilakukan dengan dua tahap yaitu uji coba unjuk kerja oleh peneliti dan oleh ahli / pengajar. Berdasarkan data yang telah didapat pada bagian uji coba produk oleh peneliti pada Tabel 1. dan Gambar 8. dapat disimpulkan bahwa media pembelajaran sudah berfungsi dengan baik. Sedangkan uji coba ahli dilakukan oleh ahli / pengajar. Setelah memperoleh data dari ahli, selanjutnya data dihitung guna mencari tingkat kelayakan media pembelajaran.

Jumlah data dari uji validitas yaitu 52. Kemudian nilai kelayakan diperoleh dengan mengkonversi nilai rata-rata skor menjadi presentase dengan menggunakan rumus berikut.

Tabel 3. Data Uji Validasi Ahli / Pengajar

No.	Aspek Penilaian	Nomor Butir	Skor Maks	Skor Ahli
1	Teknis	1	4	3
		2	4	3
		3	4	3
		4	4	4
		5	4	4
		6	4	3
		7	4	3
		8	4	3
		9	4	3
2	Kemanfaatan	10	4	4
		11	4	3
		12	4	3
		13	4	4

$$\begin{aligned} \text{Persentase Kelayakan (\%)} &= \frac{\text{Skor yang diperoleh}}{\text{Skor Maksimal}} \times 100\% \\ &= \frac{43}{52} \times 100\% = 82.7\% \end{aligned}$$

Untuk mengetahui kelayakan media maka hasil konversi dimasukkan ke dalam kategori penilaian berdasarkan tabel skala interval kelayakan produk. Berdasarkan data dari Tabel 2. dan dilakukan perhitungan, perolehan nilai kelayakan pada media pembelajaran ini adalah 82.7% yang terletak pada interval antara 75% - 100 %. Melihat perolehan nilai total dikategorikan sangat layak untuk digunakan sebagai media pembelajaran pada mata kuliah praktik Robotika.

### 3.4.2 Mengetahui tingkat kelayakan *Plant Perakitan Miniatur Body Mobil* sebagai media pembelajaran pada mata kuliah **Praktik Robotika**.

Tabel 4. Data Uji Validasi Mahasiswa

No.	Aspek Penilaian	Nomor Butir	Skor Maks	Skor Ahli
1	Teknis	1	4	4
		2	4	4
		3	4	4
		4	4	4
		5	4	3
		6	4	4
		7	4	3
		8	4	4
		9	4	4
2	Kemanfaatan	10	4	4
		11	4	3
		12	4	4
		13	4	4

Uji tingkat kelayakan media pembelajaran dilakukan dengan uji coba media pembelajaran pada mahasiswa D4 Elektromekanik. Jumlah data dari uji validitas yaitu 52. Kemudian nilai kelayakan diperoleh dengan mengkonversi nilai rata-rata skor menjadi presentase dengan menggunakan rumus berikut.

$$\begin{aligned} \text{Persentase Kelayakan (\%)} &= \frac{\text{Skor yang diperoleh}}{\text{Skor Maksimal}} \times 100\% \\ &= \frac{49}{52} \times 100\% = 94\% \end{aligned}$$

Berdasarkan data dari Tabel 2. dan dilakukan perhitungan, pengujian kelayakan media pembelajaran oleh mahasiswa mendapat presentase skor 94% atau dapat dikategorikan sangat layak untuk digunakan sebagai media pembelajaran Praktikum Robotika di Jurusan Teknik Otomasi Manufaktur dan Mekatronika Polman Bandung.

## 4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian, PLC sebagai unit kendali utama dapat melakukan pengendalian dan komunikasi dengan baik terhadap robot maupun perangkat pendukung lainnya. Robot dapat melakukan perakitan tercepat dengan waktu 31.79 detik, untuk akurasi perakitan didapatkan hasil yaitu, robot melakukan proses perakitan dengan baik sebanyak tiga kali, dengan tingkat akurasi 78%. Unjuk kerja media pembelajaran robotika berfungsi dengan baik secara keseluruhan. Hasil penilaian ahli mendapat presentase 82,7% dan penilaian mahasiswa mendapat presentase 94% dengan kategori sangat layak dan dapat digunakan sebagai media pembelajaran Praktik Robotika di Jurusan Teknik Otomasi Manufaktur dan Mekatronika Polman Bandung.

Untuk pengembangan media pembelajaran berikutnya dapat dilanjutkan dengan menambah *station* lain, seperti perakitan komponen atap mobil atau pengelasan serta penambahan unit PLC sebagai unit kendali utama plant akan sangat baik untuk menambah wawasan mengenai komunikasi antar PLC, baik PLC dari pabrikan yang sama maupun berbeda.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Supriyanto, Raden. 2010. *Robotika*. Jakarta. Universitas Gunadarma.
- [2] Chang, Guangshu and Wesley Stone 2013. *An Effective Learning Approach for Industrial Robot Programming*. Western Carolina University.
- [3] Iman, Ccartiman. *Basic PLC Programming*
- [4] Magar and Shelkikar. 2013. *Implementation of Robots in Spot Welding Process*.
- [5] Nof, Simon Y. 1946. *Handbook of Industrial Robotics, Second edition*. John Wiley & Sons, Inc. United State of America.
- [6] Bolton, William. Programmable Logic Controller (PLC) Sebuah Pengantar. Edisi Ketiga. Jakarta. Erlangga. 2004
- [7] Srinivasan, Dhasarathi and Grebemedhin Tesfay G. 2011. *Principles of Material Supply and Assembly Systems in an Automotive Production System*. ChalmersUniversity ofTechnologyGothenburg,Sweden.
- [8] Puspitasari, Apriastuti.2008. *Potensi Bahaya Dan Upaya Pengendalian K3 Pada Industri Perakitan Mobil*.FKM UI.
- [9] Najmi, Mohd 2008. *Miniatur rangka Assembly Process Improvement for Automotive Industry*.Faculty Of Mechanical Engineering Universiti Malaysia Pahang.
- [10] Vasić, Vasilije and Mihailo P. Lazarević. 2008. *Standard Industrial Guideline for Mechatronic Product Design*. Faculty of Mechanical Engineering, Belgrade
- [11] Effendi, Iman Apriana dan Muhammad Aditya Royandi. 2016. *Perancangan Sistem Transmisi Spindel Mesin Bubut Pms-Picco 450 Menggunakan Mekanisme Continuously Variable Transmission Dengan Pendekatan Metode Retrofit*. Politeknik Manufaktur Negeri Bandung.
- [12] S. Crozat, A Method for Evaluating Multimedia Learning Software, Florence, France: ICMCS, 1999.
- [13] Sumarso, Ade Hasan. 2016. *Perancangan Dan Pembuatan Alat Peraga Pendidikan ikrokontroler At Mega 8535*. Bandung. Universitas Pasundan.
- [14] Wicaksono, Handy. 2009. *Progammable Logic Controller Teori, Pemrograman dan Aplikasinya dengan Otomasi Sistem*. Graha Ilmu, Yogyakarta.
- [15] Williams, Isaac Nathaniel. 2016. *Design And Implementation Of A Fixture For Robotic Welding*. Senior Project, Faculty of California Polytechnic State University, San Luis Obispo.
- [16] Ardi, Syahril. 2014. *Disain Sistem Kontrol Mesin Arc Welding dengan Robot di Housing Assembly Line Menggunakan Sistem Kendali PLC Mitsubishi Q-Series, Robot Controller OTC AX-26, dan CC-Link*. Sinergi, Fakultas Teknik Universitas Mercu Buana, Jakarta.
- [17] Siswanto, Okky Rusti dan Achmad Ulul. Robot Untuk Industri. 2012. Universitas Diponegoro. Semarang.