

## **BAB IV**

### **HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN**

#### **A. Deskripsi Data Hasil Uji Coba**

Pengembangan sistem penyalaras gerak robot dengan komunikasi bluetooth HC-05 sebagai media pembelajaran mata kuliah robotika dengan metode pengembangan ADDIE (*Analyze, Design, Development, Implementation, Evaluation*) dari Robert Maribe Branch. Media pembelajaran yang telah dikembangkan selanjutnya akan melalui beberapa tahap pengujian, antara lain pengujian oleh para ahli, dan pengujian pengguna. Setiap tahap pengujian dilakukan perbaikan sesuai dengan saran yang diberikan. Berikut penjabaran hasil analisis, desain, pengembangan, dan evaluasi:

##### **1. Hasil Analisis**

Tahap analisis meliputi observasi terhadap pembelajaran mata kuliah robotika. Observasi yang dilakukan pada mata kuliah ini dilakukan pada Program Studi Pendidikan Teknik Mekatronika pada tahun 2018. Perkuliahan yang berlangsung selama 1 semester memberikan materi awal kepada mahasiswa berupa pengenalan dasar robot dan pengenalan robot-robot yang terdapat di laboratorium robotika JPTE FT UNY. Selanjutnya mahasiswa diberi tugas akhir berupa pembuatan proyek *line follower*, *BoE Shield* dan *LEGO Mindstorms NXT 2.0*. Mahasiswa diberi kebebasan dalam melakukan praktik untuk membuat proyek akhir mata kuliah robotika di dalam kelas atau melakukan pembelajaran di luar kelas dan jam kuliah robotika. Selain itu media pembelajaran robot *BoE Shield* dan

LEGO *Mindstorms* NXT 2.0 jumlahnya terbatas sehingga mahasiswa harus mengantri untuk menggunakannya. Hasil observasi yang diperoleh antara lain:

- a. Proses pembelajaran robotika meliputi percobaan dan pengujian dengan langkah-langkah yang benar mulai dari pengenalan komponen, merakit komponen baik elektronik maupun mekanik, dan pemrograman robot. Deskripsi mata kuliah ini belum mengenalkan mahasiswa dengan komponen kontroler 32 bit seperti OpenCM 9.04. Selain itu tidak semua *software* pemrograman gerakan robot diajarkan kepada mahasiswa, seperti Robotis OpenCM IDE yang dapat mengakses *smart actuator* yang menggunakan *Firmware* Robotis 2.0 dan port komunikasi antar robot pada OpenCM 9.04.
- b. Media pembelajaran untuk praktik robotika belum dikembangkan ke teknologi yang lebih relevan dengan dunia industri. Selain itu belum tersedia media pembelajaran khusus untuk melakukan komunikasi antar robot. Sehingga kompetensi pemrograman robot mahasiswa dalam pembelajaran praktik robotika masih kurang berkembang.
- c. Motivasi peserta didik dalam mengikuti perkuliahan robotika masih rendah, dikarenakan mahasiswa diberi pilihan untuk dapat melaksanakan pembelajaran di luar jam kuliah dengan jumlah media pembelajaran yang terbatas.
- d. Melakukan analisis kebutuhan untuk jenis media pembelajaran yang akan dikembangkan pada penelitian ini. Berdasarkan hasil observasi dan wawancara, maka media pembelajaran yang akan dikembangkan adalah media pembelajaran sistem penyalur gerak robot dengan komunikasi bluetooth HC-

05 untuk menyelaraskan gerak dua buah modul lengan robot menggunakan *software* OpenCM IDE.

## 2. Hasil Perancangan Media

- a. Komponen utama yang dibutuhkan untuk membangun media pembelajaran sistem penyelar gerak robot adalah Bluetooth HC-05, Open CM 9.04, Sensor Proximity Kapasitif, dan Motor Servo Dynamixel AX-12. Kebutuhan komponen elektronik selengkapnya pada Tabel 12, dan kebutuhan mekanik selengkapnya pada Tabel 13.

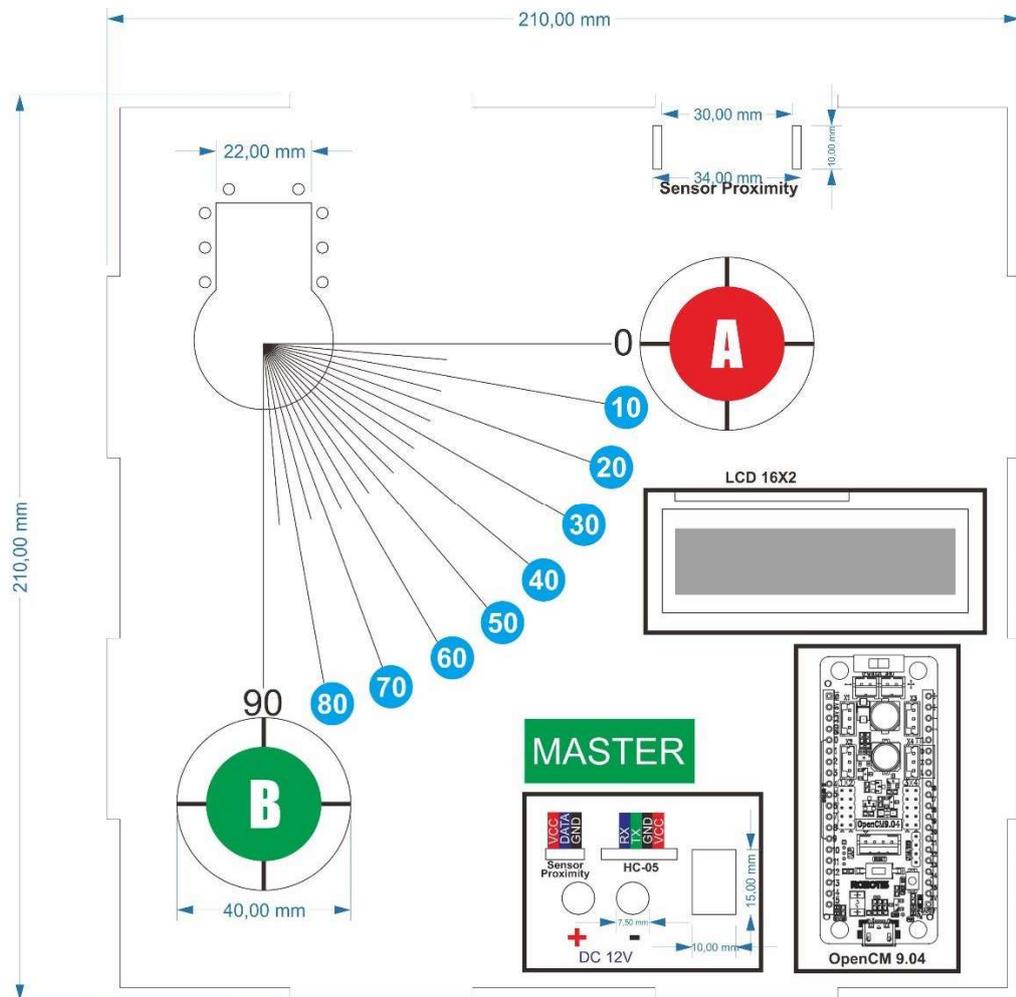
Tabel 11. Daftar Kebutuhan Komponen Elektronik

No.	Nama Komponen	Jumlah	Fungsi
1	Open CM 9.04	2	Kontroler
2	Proximity Kapasitif	2	Sensor
3	Aktuator Motor Servo Dynamixel AX-12	6	Aktuator
4	<i>Power Supply</i> 12VDC	2	Catu Daya
5	LCD 16x2	2	Indikator konektivitas
6	Bluetooth HC-05	2	Perangkat komunikasi
7	Saklar <i>ON/OFF</i>	2	Saklar untuk menyalakan dan mematikan modul praktik
8	<i>DC Jack</i>	2	Menghubungkan <i>power supply</i> ke modul praktik
9	Kabel Servo 3p	6	Menghubungkan antar servo dan antara servo dengan kontroler
10	Kabel Mikro USB	2	<i>Downloader</i>

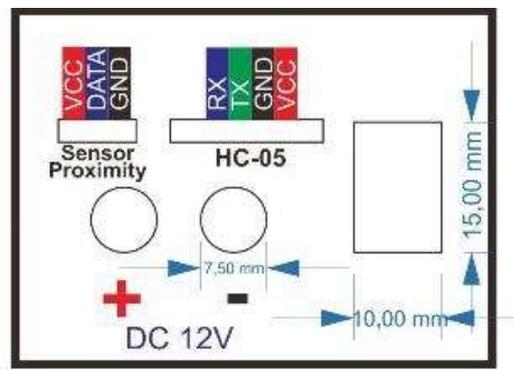
Tabel 12. Daftar Kebutuhan Komponen Mekanik

No.	Nama Komponen	Jumlah	Fungsi
1	Akrilik	1x1 m	Bahan box modul praktik
2	Braket Dynamixel FP04-F2	2	Frame lengan robot
3	Braket Dynamixel FP04-F2	4	Frame lengan robot
4	Baut M2x5mm	38	Memasang servo dengan braket
5	Baut M2x15mm	8	Memasang servo dengan box modul praktik
6	<i>Gripper</i>	2	Pengait benda

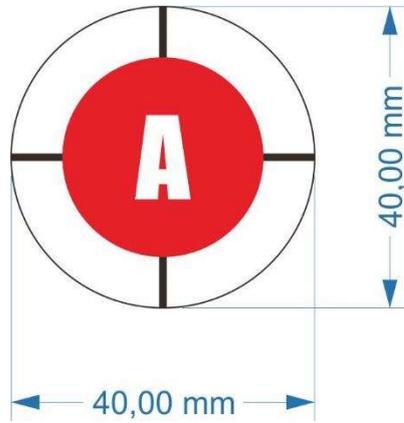
- b. Desain media pembelajaran sistem penyalaras gerak robot dengan komunikasi bluetooth HC-05.



Gambar 12. Desain *Box* Sisi Atas



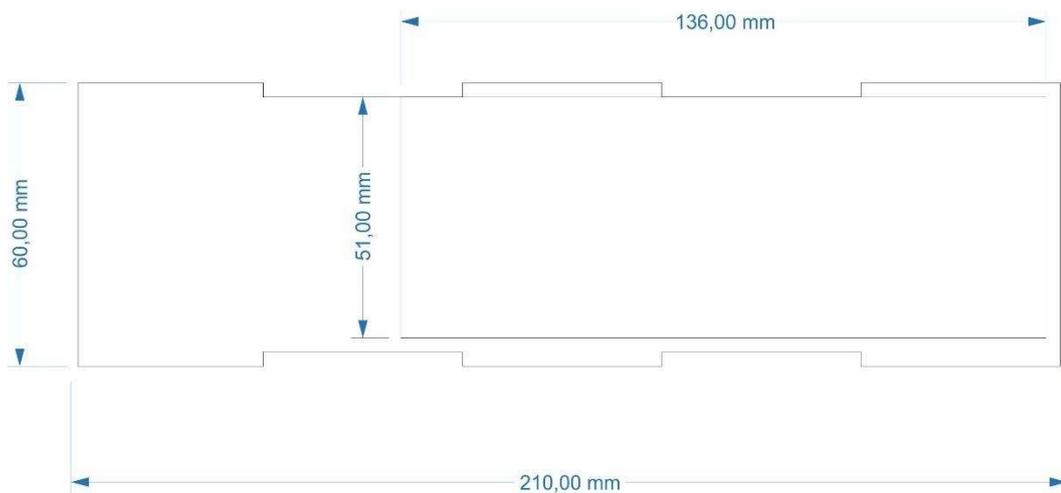
Gambar 13. Desain Tempat Pemasangan Bluetooth, Sensor, dan Catu Daya



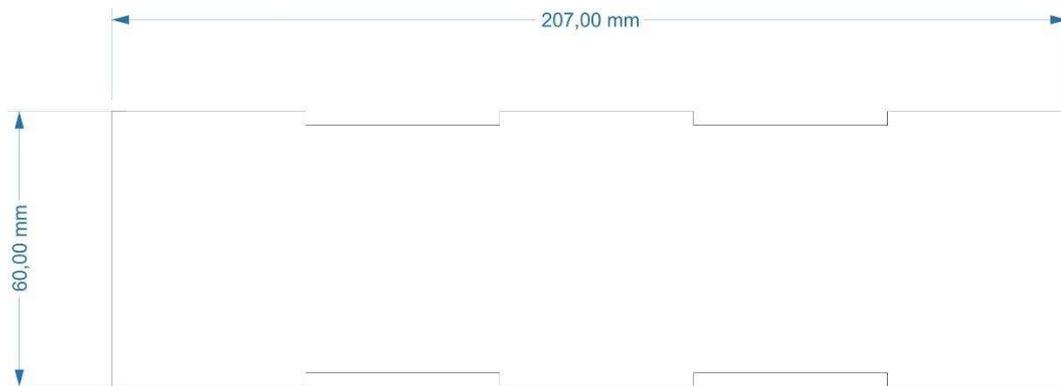
Gambar 14. Tempat Peletakan Benda Kerja



Gambar 15. Desain *Box* Sisi Depan

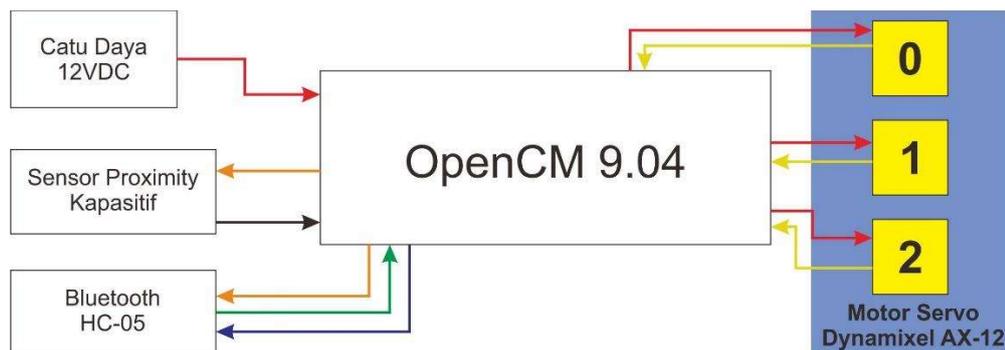


Gambar 16. Desain *Box* Sisi Belakang



Gambar 17. Desain Box Sisi Samping

- c. Diagram blok media pembelajaran sistem penyelar gerak robot dengan komunikasi bluetooth HC-05.



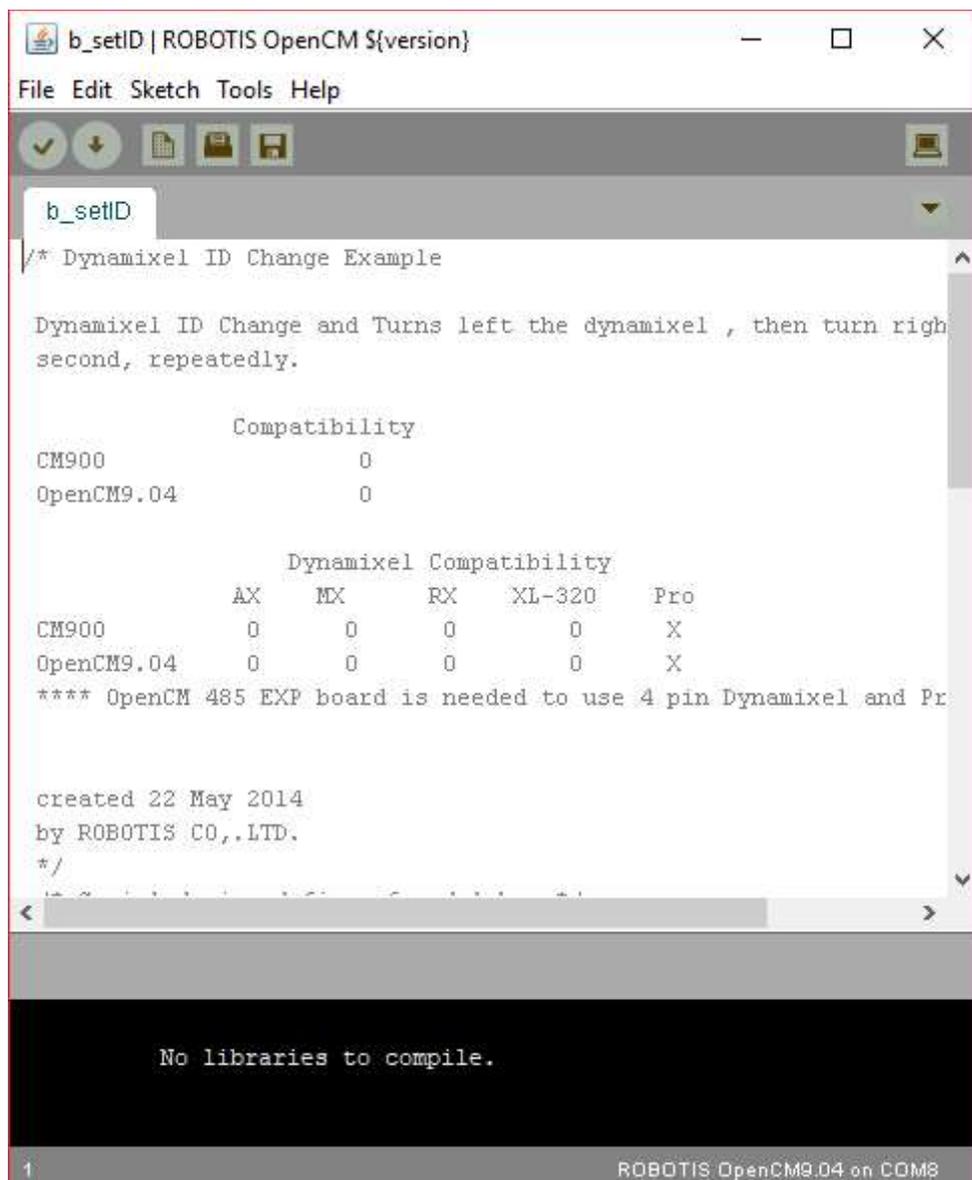
Gambar 18. Diagram Blok Sistem Penyelar Gerak Robot

Tabel 13. Keterangan Koneksi Antar Blok

Warna	Keterangan
	Saluran Catu Daya 12V
	Saluran Catu Daya 5V
	Saluran Serial TTL Servo
	Saluran Data Sensor
	Saluran Serial 3 Tx
	Saluran Serial 3 Rx

- d. *Software* yang digunakan untuk membangun media pembelajaran lengan robot yaitu Robotis OpenCM IDE. *Software* ini dapat digunakan untuk mengatur penomoran ID servo, memrogram perpindahan posisi sudut servo, memrogram *input/output* digital, dan melakukan pemrograman komunikasi. *Port* serial

OpenCM 9.04 yang digunakan diantaranya Serial2 untuk koneksi servo dynamixel AX-12 dan Serial3 (pin 24 dan 25) untuk komunikasi menggunakan bluetooth HC-05.

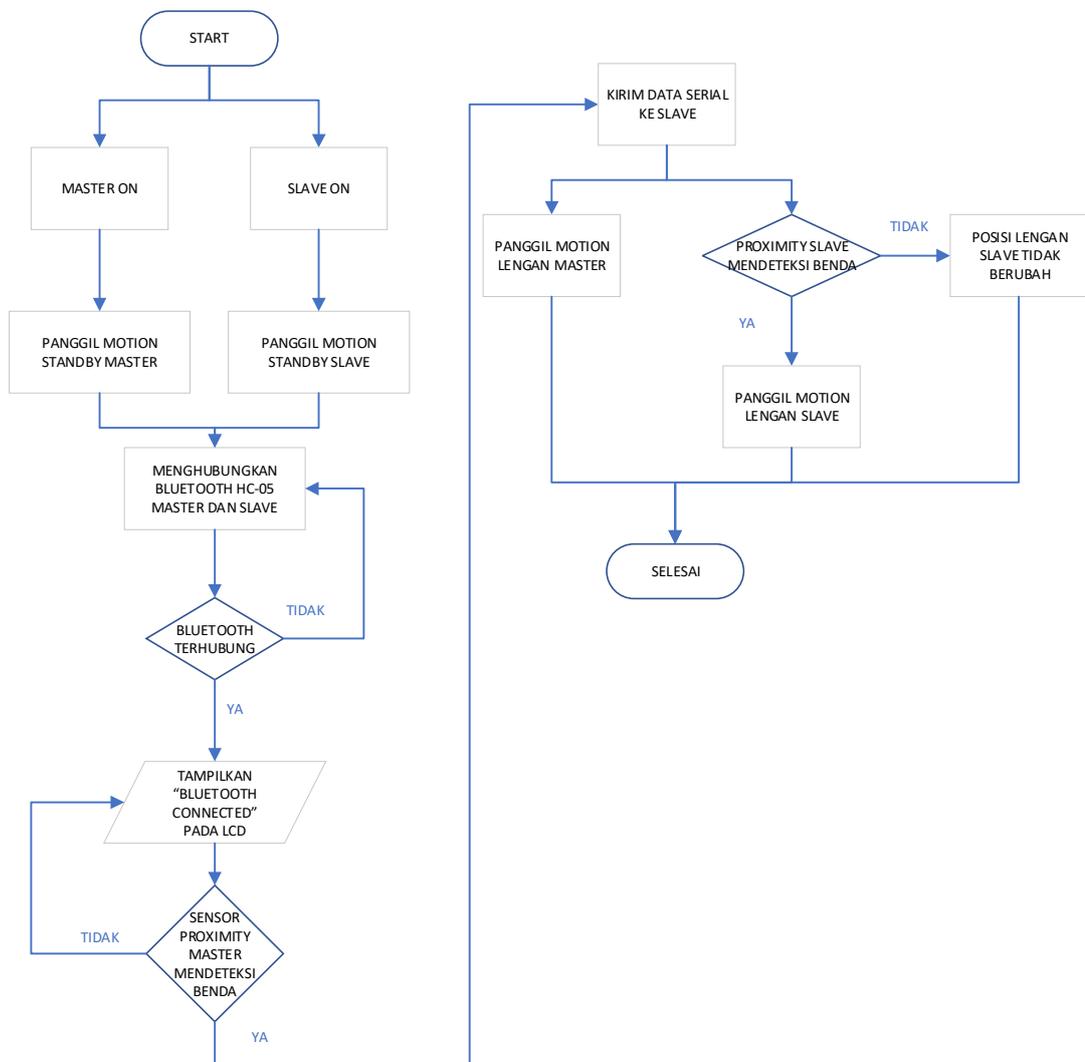


Gambar 19. Robotis OpenCM IDE

e. *Flowchart*

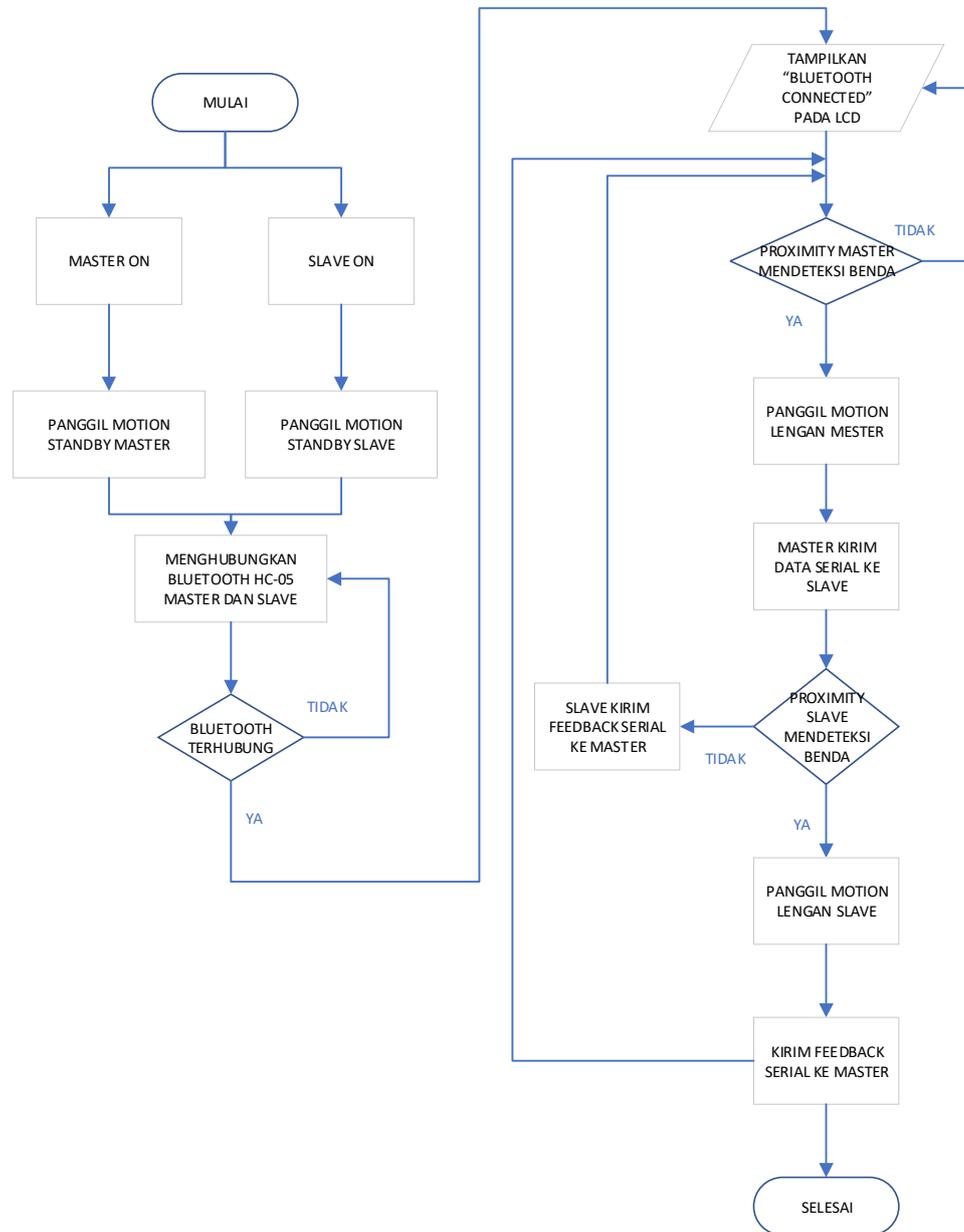
*Flowchart* pada modul praktik sistem penyalaras gerak robot terdiri dari 2 *flowchart* program. *Flowchart* pertama merupakan program untuk melakukan penyalaras gerak robot secara bersamaan. *Flowchart* kedua merupakan program untuk melakukan penyalaras gerak robot secara bergantian disertai *feedback* dari modul lengan robot *slave* ke robot master.

1) *Flowchart* penyalaras lengan robot bergerak bersamaan



Gambar 20. Flowchart Penyalaras Lengan Robot Bergerak Bersamaan

2) *Flowchart* penyalarsan lengan robot bergerak bergantian



Gambar 21. Flowchart Program Penyalarsan Lengan Robot Bergerak Bergantian

**3. Hasil Pengembangan**

- a. Pembuatan dan perakitan media pembelajaran sistem penyalarsan gerak robot dengan komunikasi bluetooth HC-05 dimulai dengan perakitan *box* berbahan

utama akrilik dengan tebal 3mm. Tahap berikutnya merupakan perakitan lengan robot menggunakan aktuator motor servo Dynamixel AX-12, braket Dynamixel FP04-F2, braket Dynamixel FP04-F3 dan *gripper*. Penyambungan antara aktuator motor servo AX-12 dengan masing-masing braket menggunakan baut M2x5mm, sedangkan penyambungan ke *box* modul praktik menggunakan baut m2x15mm. Perakitan komponen elektronik meliputi pemasangan pin header untuk peletakan OpenCM 9.04, Bluetooth HC-05, dan sensor proximity kapasitif, pemasangan saklar *ON/OFF*, pemasangan DC *Jack* dan pengkabelan aktuator Dynamixel AX-12. Selanjutnya dilakukan pemasangan label untuk setiap bagian modul praktik.



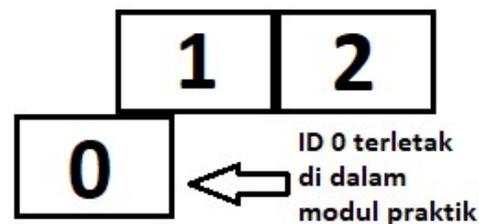
Gambar 22. Hasil Perancangan Modul Praktik Penyelaras Gerak Robot

- b. Proses *pairing* bluetooth HC-05 menggunakan Open CM 9.04. Proses ini merupakan proses untuk menghubungkan 2 buah bluetooth HC-05 sebagai *master* dan *slave*. Proses ini dilakukan menggunakan *software* Robotis OpenCM IDE.

c. Pembuatan program menggunakan Robotis OpenCM IDE dan pengujian.

1) Pengaturan nomor ID Servo menggunakan software Robotis OpenCM IDE.

Penomoran ID dilakukan pada masing-masing ID servo dengan urutan penomoran sesuai pada Gambar 23. Penomoran ID Servo dilakukan menggunakan program *example* yang ada pada OpenCM IDE. Program *example* yang digunakan terdapat pada bagian *Dynamixel Easy* dengan nama program “b\_setID”.



Gambar 23. Penomoran ID Servo

2) Pengujian pembacaan sensor proximity kapasitif.

Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengetahui pembacaan input digital sensor proximity kapasitif pada Robotis OpenCM IDE. Hal ini dilakukan untuk mengetahui pada jarak berapakah sensor proximity kapasitif dapat mendeteksi benda kerja. Pengujian dilakukan dengan men-*download*-kan program pembacaan digital sensor proximity kapasitif yang ditampilkan pada LCD 16x2. Pengamatan data pengujian menggunakan penggaris, lampu indikator pada sensor, dan data yang tertampil pada LCD 16x2. Sensor proximity yang digunakan menghasilkan data digital 0 apabila mendeteksi benda. Hasil pengujian pada Tabel 14 menunjukkan bahwa jarak deteksi maksimal sensor yaitu sejauh 7 cm. Hasil pengujian jarak deteksi sensor tergantung pada kalibrasi yang dilakukan pada sensor dengan memutar potensiometer yang terdapat pada *board* rangkaian sensor.

Tabel 14. Tabel Data Pengujian Sensor Proximity Kapasitif

No.	Jarak Benda Kerja	Lampu Indikator Sensor	Data digital sensor
1	1 cm	ON	0
2	2 cm	ON	0
3	3 cm	ON	0
4	4 cm	ON	0
5	5 cm	ON	0

### 3) Pengujian konektivitas Bluetooth HC-05

Pengujian ini dilakukan untuk menguji jarak maksimal 2 buah bluetooth HC-05 dapat terhubung satu sama lain. Konektivitas antara 2 bluetooth pada modul praktik penyelaras gerak robot diuji dengan menjauhkan modul praktik dengan jarak tertentu dengan interval 1 meter. Jarak minimal pengujian yang dilakukan yaitu 1 meter dan jarak maksimal pengujian yang dilakukan yaitu 10 meter sehingga total pengujian dilakukan 10 kali. Hasil pengujian selengkapnya disajikan pada Tabel 15. Hasil pengujian tersebut menunjukkan jarak maksimal Bluetooth HC-05 dapat terkoneksi yaitu sebesar 9m. Hal ini menunjukkan perbedaan antara pengujian dengan *datasheet* Bluetooth HC-05 yang menyatakan bahwa jarak konektivitas sejauh 10m.

Tabel 15. Pengujian Uji Konektivitas Bluetooth

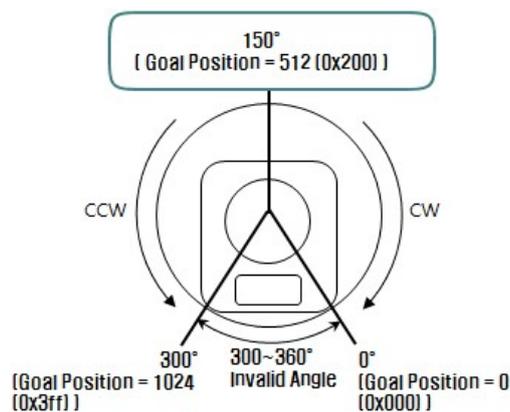
No.	Jarak Antar Bluetooth	Lampu Indikator Bluetooth	Kondisi Konektivitas
1	1 m	Kedip 2 kali	terhubung
2	2 m	Kedip 2 kali	terhubung
3	3 m	Kedip 2 kali	terhubung
4	4 m	Kedip 2 kali	terhubung
5	5 m	Kedip 2 kali	terhubung
6	6 m	Kedip 2 kali	terhubung
7	7 m	Kedip 2 kali	terhubung
8	8 m	Kedip 2 kali	terhubung
9	9 m	Kedip 2 kali	terhubung
10	10 m	Kedip terus menerus	tidak terhubung

#### 4) Pengujian penyelarasan gerak lengan robot

Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengetahui apakah media pembelajaran sistem penyelarasan gerak robot dapat melakukan gerak yang selaras baik secara bersamaan maupun bergantian. Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan software Robotis OpenCM IDE. Pengujian penyelarasan gerak lengan dilakukan menggunakan perlakuan yang sama dengan penelitian milik Ahmad Fajar Nugroho pada tahun 2016, Doni Kurniawan pada tahun 2017, dan Vando Gusti Al Hakim pada tahun 2018, yaitu dengan cara mengatur posisi sudut salah satu servo dengan nomor ID yang sama pada tiap modul. Perbedaan media pembelajaran komunikasi penyelarasan robot dengan masing-masing penelitian yang relevan tersebut terletak pada jumlah media pembelajaran yang berjumlah 2 buah, sedangkan pada penelitian yang relevan jumlah media pembelajaran yaitu 1 buah. Selain itu, perbedaan dengan penelitian milik Doni Kurniawan pada jumlah aktuator. Aktuator pada masing-masing media pembelajaran penyelarasan gerak robot berjumlah 3 buah motor servo, sedangkan pada penelitian Doni Kurniawan jumlah aktuator hanya 1 servo. Perbedaan lainnya terletak pada penelitian milik Vando Gusti Al Hakim yang menguji posisi lengan dengan satuan pengukuran centimeter, sedangkan pada penilaian media pembelajaran penyelarasan gerak robot pengujian dilakukan pada perpindahan posisi sudut servo dalam satuan derajat ( $^{\circ}$ ).

Uji perpindahan posisi aktuator motor servo Dynamixel AX-12 pada penelitian ini dengan mencari terlebih dahulu sudut servo menggunakan perhitungan perbandingan posisi servo yang memiliki rentang 0 hingga 1023. Rentang data tersebut memiliki perbandingan dengan sudut yaitu  $0^{\circ}$  hingga  $300^{\circ}$ .

Posisi *default* atau posisi tengah servo berada pada posisi 512 atau pada sudut  $150^\circ$ . Selanjutnya akan dilihat kesamaan perpindahan posisi servo-servo tersebut dan dicari persentase kesalahannya. Pengujian posisi dilakukan sebanyak 5 kali dengan sudut yang sama.



Gambar 24. Posisi Sudut Servo Dynamixel AX-12  
(sumber: Robotis)

Pengujian pertama yaitu pengujian penyetaraan servo dengan ID 0. Pengujian servo ini dilakukan sebanyak 5 kali percobaan. Hasil dari pengujian ini selengkapnya pada Tabel 16. Sudut yang digunakan dalam pengujian yakni  $30^\circ$  searah jarumjam dari posisi *default* sehingga posisi sudut yang dikehendaki yakni  $120^\circ$ . Posisi sudut  $120^\circ$  apabila dihitung dengan perbandingan menghasilkan data posisi servo 409. Hasil pengujian penyetaraan posisi servo ID 0 selengkapnya pada Tabel 16. Tabel 16 menjelaskan bahwa *error* terbesar yang dialami servo nomor ID 0 pada lengan *master* dan *slave* yaitu  $2^\circ$  atau 6,67%, sedangkan *error* terkecil yaitu  $1^\circ$  atau 3,33%. Kesalahan rata-rata lengan robot *master* sebesar 5,334% sedangkan kesalahan rata-rata lengan robot *slave* sebesar 4,66%.

Tabel 16. Pengujian Penyelarasan Gerak Servo Nomor ID 0

Percobaan Ke	Perhitungan		Pengukuran(°)		Error (°)		Persentase (%)	
	Sudut	Posisi	M	S	M	S	M	S
1	30°CW	409	31	31	1	1	3,33	3,33
2	30°CW	409	31	31	1	1	3,33	3,33
3	30°CW	409	32	31	2	1	6,67	3,33
4	30°CW	409	32	32	2	2	6,67	6,67
5	30°CW	409	32	32	2	2	6,67	6,67
Rata-rata			31,6	31,4	1,6	1,4	5,334	4,66

Keterangan : M= Master      S= Slave      CW= *Clock Wise*

Pengujian kedua merupakan uji keselarasan servo masing-masing modul lengan robot dengan nomor ID servo 1. Sudut yang dikehendaki yakni 45° berlawanan arah jarum jam dari posisi default atau posisi sudut servo 195°. Perhitungan posisi servo berada pada posisi 665. Data yang didapatkan dari hasil pengujian ini menunjukkan kesalahan terbesar dari masing-masing servo adalah 2° atau 4,44 % sedangkan kesalahan terkecil sebesar 1° atau 2,22%. Rata-rata kesalahan modul lengan robot master yakni 1° atau 2,22%. Rata-rata kesalahan modul lengan robot slave yaitu 1,2° atau 2,664%. Hasil pengujian selengkapnya tersaji pada Tabel 17.

Tabel 17. Pengujian Penyelarasan Gerak Servo Nomor ID 1

Percoba-an Ke	Perhitungan		Pengukuran(°)		Error (°)		Persentase (%)	
	Sudut	Posisi	M	S	M	S	M	S
1	45°CCW	665	46	47	1	2	2,22	4,44
2	45°CCW	665	46	46	1	1	2,22	2,22
3	45°CCW	665	46	45	1	0	2,22	0
4	45°CCW	665	47	46	2	1	4,44	2,22
5	45°CCW	665	45	47	0	2	0	4,44
Rata-rata			46	46,2	1	1,2	2,22	2,664

Keterangan : M= Master      S= Slave      CCW= *Counter Clock Wise*

Pengujian penyelarasan gerak ketiga dilakukan pada servo masing-masing modul praktik dengan nomor ID 2. Sudut yang dikehendaki yaitu 45° searah jarum jam atau posisi sudut servo pada 105° pada posisi 358. Kesalahan terbesar dari

masing-masing servo adalah 2° atau 4,44 % sedangkan kesalahan terkecil sebesar 1° atau 2,22%. Rata-rata kesalahan modul lengan robot master yakni 1,6° atau 3,552%. Rata-rata kesalahan modul lengan robot slave yaitu 1,2° atau 2,664%. Hasil pengujian selengkapnya tersaji pada Tabel 18.

Tabel 18. Pengujian Penyelarasan Gerak Servo Nomor ID 2

Percoba-an Ke	Perhitungan		Pengukuran(°)		Error (°)		Persentase (%)	
	Sudut	Posisi	M	S	M	S	M	S
1	45°CW	358	46	46	1	1	2,22	2,22
2	45°CW	358	47	47	2	2	4,44	4,44
3	45°CW	358	47	45	2	0	4,44	0
4	45°CW	358	47	47	2	2	4,44	4,44
5	45°CW	358	46	46	1	1	2,22	2,22
Rata-rata			46,6	46,2	1,6	1,2	3,552	2,664

Keterangan : M= Master      S= Slave      CW= *Clock Wise*

Rata-rata persentase kesalahan dari pengujian ketiga aktuator pada masing-masing media pembelajaran penyelaras gerak robot yaitu 3,702% untuk lengan robot *master* dan 3,329% untuk lengan robot *slave*. Persentase kesalahan tersebut memiliki perbedaan yang cukup kecil dengan hasil uji unjuk kerja penelitian milik Vando Gusti Al Hakim, yang memiliki rata-rata kesalahan sebesar 3,86%. Sedangkan untuk penelitian milik Doni Kurniawan dan Ahmad Fajar Nugroho tidak mencantumkan data kesalahan dan persentase kesalahan.

#### d. Pembuatan Modul Pembelajaran

Modul pembelajaran terdiri dari 2 buah buku. Buku pertama berisi panduan pengoperasian dan buku kedua berisi *jobsheet*. Panduan pengoperasian berisi pengenalan dan langkah-langkah pengoperasian modul praktik penyelaras gerak lengan robot. Bagian kedua dari panduan pengoperasian merupakan materi tentang komponen-komponen modul praktik penyelaras gerak lengan robot dan cara melakukan pemrograman menggunakan Robotis OpenCM IDE. *Jobsheet* pertama

merupakan inisialisasi konektivitas Bluetooth HC-05, kedua berisikan penyetaraan gerak robot bersamaan dan lembar kerja ketiga memuat materi penyetaraan gerak robot bergantian.

#### **4. Hasil Implementasi Media**

##### **a. Menyiapkan Pengajar**

Proses menyiapkan pengajar meliputi pemberian materi pembelajaran serta pengoperasian media pembelajaran sistem penyetaras gerak lengan robot. Proses ini dilakukan sendiri oleh peneliti.

##### **b. Menyiapkan Peserta Didik**

Proses menyiapkan peserta didik meliputi pemberian informasi kepada peserta didik untuk membawa peralatan guna mendukung implementasi. Selanjutnya peserta didik diberikan panduan pengoperasian dan jobsheet yang berisikan materi pembelajaran penyetaras gerak robot dwengan komunikasi Bluetooth HC-05.

#### **5. Hasil Evaluasi Media**

##### **a. Menentukan kriteria evaluasi**

Evaluasi yang dilakukan merupakan evaluasi persepsi, yaitu evaluasi yang digunakan untuk mengetahui tingkat kesamaan persepsi mengenai media pembelajaran sistem penyetaras gerak robot dengan komunikasi Bluetooth HC-05 mampu menambah sumber belajar baru bagi peserta didik.

b. Memilih alat evaluasi

Selanjutnya dilakukan pemilihan alat evaluasi. Alat evaluasi yang digunakan adalah angket dengan empat skala likert, yaitu Sangat Tidak Setuju, Tidak Setuju, Setuju, dan Sangat Setuju.

c. Melaksanakan evaluasi

Langkah selanjutnya yang dilakukan setelah menentukan alat evaluasi yaitu melaksanakan evaluasi. Pelaksanaan evaluasi dilakukan dengan memberikan angket kepada ahli materi, ahli media, dan pengguna.

1) Uji Kelayakan Media oleh Ahli Media

Uji kelayakan media dilakukan oleh dua orang ahli materi. Setiap ahli merupakan dosen Jurusan Pendidikan Teknik Elektro UNY. Hasil penilaian dari ahli materi disajikan pada Tabel 19. Hasil penilaian tersebut kemudian diolah menggunakan persamaan untuk mencari tingkat kelayakan media seperti yang telah dipaparkan di bab III bagian teknik analisis data.

Penilaian media berdasarkan tiga aspek yang diukur dengan jumlah butir yang beragam. Aspek tersebut antara lain aspek kemanfaatan media 8 butir, aspek kelengkapan perangkat media sebanyak 10 butir, dan aspek kemudahan media sebanyak 4 butir. Total butir penilaian media yakni sejumlah 22 butir.

Saran dan masukan diberikan oleh para ahli media saat melakukan uji kelayakan. Hasil uji kelayakan media menyatakan bahwa media pembelajaran yang dikembangkan layak digunakan dengan revisi sesuai dengan saran yang diberikan oleh para ahli. Saran dari para ahli media ditunjukkan pada Tabel 20.

Tabel 19. Hasil Penilaian Ahli Media

No	Aspek Penilaian	No. Butir	Ahli 1	Ahli 2
1	Kemanfaatan Media	1	4	4
		2	4	4
		3	4	4
		4	4	4
		5	4	4
		6	3	4
		7	4	3
		8	4	3
		9	3	3
		10	3	4
2	Kelengkapan Perangkat Media	11	3	3
		12	3	3
		13	4	4
		14	4	3
		15	4	3
		16	4	4
3	Kemudahan Penggunaan Media	17	4	3
		18	3	4
		19	3	4
		20	4	4
		21	4	4
		22	4	4

Tabel 20. Saran Perbaikan Media Pembelajaran Sistem Penyelaras Gerak Robot

No	Validator	Saran
1	Ariadie Chandra Nugraha, M.T.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) Perlu sinkronisasi penjelasan pada panduan dan <i>jobsheet</i> terkait nilai <i>setting</i> servo pada saat <i>gripper</i> membuka dan menutup</li> <li>2) Perlu penataan pada hardware supaya bisa lebih rapi (penataan kabel dll)</li> </ol>
2	Amelia Fauzia Husna, M.Pd.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) Untuk <i>wiring</i> lebih dirapikan</li> <li>2) Sensor yang tertulis disesuaikan dengan yang nyata (jika pakai infrared jangan tulis proximity)</li> <li>3) Perbaiki tata tulis pada <i>labsheet</i>.</li> </ol>

## 2) Uji Kelayakan Materi Oleh Ahli Materi

Uji kelayakan materi dilakukan oleh dua orang ahli materi. Setiap ahli merupakan dosen Jurusan Pendidikan Teknik Elektro UNY. Hasil penilaian dari

ahli materi disajikan pada Tabel 21. Aspek penilaian materi yaitu aspek relevansi materi dengan tujuan pembelajaran sebanyak 5 butir, penyajian sebanyak 13 butir, dan bahasa sebanyak 4 butir. Total penilaian materi yakni 22 butir.

Tabel 21. Penilaian Ahli Materi

No	Aspek Penilaian	No. Butir	Ahli 1	Ahli 2
1	Relevansi Materi dengan Tujuan Pembelajaran	1	4	4
		2	4	4
		3	4	4
		4	3	4
		5	4	4
2	Penyajian	6	3	4
		7	3	3
		8	4	4
		9	4	4
		10	4	4
		11	4	4
		12	4	4
		13	3	4
		14	4	4
		15	3	4
		16	4	4
		17	4	4
		18	4	4
3	Bahasa	19	3	3
		20	3	3
		21	3	3
		22	4	3

Para ahli materi memberikan saran dan masukan saat melakukan uji kelayakan. Hasil uji kelayakan materi menyatakan bahwa materi pembelajaran yang dikembangkan layak digunakan dengan revisi sesuai dengan saran yang diberikan oleh para ahli. Saran dari para ahli media ditunjukkan pada Tabel 22.

Para ahli memberikan saran yang sejenis diantaranya perbaikan pada tata tulis, perbaikan gambar yang kurang jelas, dan penambahan beberapa teori

pendukung yaitu penambahan contoh menggerakkan servo pada sudut tertentu dan mengoperasikan *gripper*.

Tabel 22. Saran Perbaikan Materi Pembelajaran Sistem Penyelaras Gerak Robot

No	Validator	Saran
1	Sigit Yatmono, M.T.	Panduan: 1) Hal 4 dinyatakan bahwa bagian-bagian OpenCM dijelaskan pada tabel 4 tapi tabel 4 nya tidak ada 2) Ada ketidaksesuaian antara gambar yang diacu di narasi dengan yang ditunjukkan pada gambar sebenarnya. Hal 6 gb. 5 seharusnya gb.9 dst. 3) Buku panduan pengoperasian akan lebih baik jika diberi contoh cara menggerakkan servo dengan sudut tertentu, membuka gripper dll sehingga siswa lebih mudah mengerjakan tugas.
2	Ilmawan Mustaqim, M.T.	1) Perbaiki tata tulis dan tampilan gambar serta tulisan supaya lebih baik 2) Tambahkan teori pendukung untuk memperjelas

### 3) Uji Kelayakan Pengguna

Setelah melakukan uji kelayakan media dan kelayakan materi melalui masing-masing 2 ahli, selanjutnya dilakukan uji kegunaan media pembelajaran melalui peserta didik. Peserta didik mengisi angket setelah melakukan proses pembelajaran menggunakan media pembelajaran sistem penyelaras gerak robot dengan komunikasi Bluetooth HC-05. Data hasil uji pengguna disajikan pada Tabel 23. Aspek yang digunakan dalam pengujian pengguna meliputi 3 aspek diantaranya, aspek kualitas isi dan tujuan sebanyak 7 butir, aspek kualitas pembelajaran sebanyak 11 butir, dan aspek penggunaan sebanyak 4 butir

Tabel 23. Data Hasil Uji Pengguna

Respon-den	Kualitas Isi dan Tujuan								Kualitas Pembelajaran												Penggunaan					
	1	2	3	4	5	6	8	7	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	9	10	11	12				
mhs1	4	4	4	4	3	4	3	4	3	4	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
mhs2	4	4	4	4	4	3	4	3	4	4	3	4	4	3	4	4	4	4	4	3	4	4	4	4	4	4
mhs3	4	3	3	4	4	4	3	4	4	4	3	4	4	4	3	4	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4
mhs4	4	3	3	4	4	4	3	4	4	4	4	3	4	3	3	3	3	3	3	3	4	3	3	3	3	3
mhs5	3	3	3	4	3	4	3	3	4	3	4	3	3	4	3	4	3	4	3	3	3	3	3	3	3	3
mhs6	4	4	3	4	4	4	3	3	4	4	4	4	3	3	4	4	3	4	3	4	3	4	4	4	4	4
mhs7	4	3	4	4	4	4	4	4	4	4	3	4	3	4	4	4	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4
mhs8	3	4	4	4	4	3	3	3	2	3	2	3	4	3	3	3	3	2	4	3	4	3	4	3	3	3
mhs9	3	4	3	3	4	3	3	4	4	3	3	4	3	4	4	4	3	4	4	4	4	3	4	4	3	3
mhs10	3	3	3	4	4	4	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	2	3	3	4	4	4	4	4
mhs11	3	3	3	4	3	4	3	4	3	4	3	4	4	3	3	4	3	4	3	3	4	4	3	3	4	4
mhs12	4	4	4	4	4	4	4	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	4	3	4	3	3	3	3
mhs13	3	3	4	4	3	3	3	3	4	4	3	4	4	4	4	3	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3
mhs14	4	3	3	4	4	3	3	4	4	4	3	3	4	3	3	4	3	4	3	3	3	3	3	3	3	3
mhs15	3	4	4	3	3	3	3	4	3	4	4	3	4	3	4	4	4	3	2	3	4	3	4	3	3	3
mhs16	4	4	4	4	4	4	3	3	4	4	4	4	4	3	4	4	4	4	4	3	3	4	3	3	4	4
mhs17	4	3	3	4	4	3	4	3	4	3	3	4	4	4	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2
mhs18	3	3	2	4	3	4	3	2	4	4	3	4	4	4	3	4	3	4	4	3	2	3	4	3	2	3
mhs19	3	3	3	4	4	3	3	3	3	4	2	3	3	3	3	4	3	3	3	4	4	4	3	4	3	3
mhs20	4	3	3	4	3	3	3	4	3	4	3	3	3	4	3	4	2	4	3	4	2	3	4	2	3	3

**B. Analisis Data**

**1. Analisis Data Kelayakan Media Pembelajaran**

Penilaian media dilakukan oleh dua ahli media berdasarkan beberapa aspek. Nilai yang diberikan nantinya akan diakumulasikan dan dibandingkan dengan kriteria penilaian kelayakan media. Kriteria penilaian kelayakan media ditunjukkan oleh Tabel 24.

Tabel 24. Kriteria Penilaian Kelayakan Media

Kriteria Penilaian	Interval Kemanfaatan Media	Interval Kelengkapan Perangkat Media	Interval Kemudahan Media	Keseluruhan
Sangat Layak	$X > 34$	$X > 20,4$	$X > 20,4$	$X > 74,8$
Layak	$28 < X \leq 34$	$16,8 < X \leq 20,4$	$16,8 < X \leq 20,4$	$61,6 < X \leq 74,8$
Cukup Layak	$22 < X \leq 28$	$13,2 < X \leq 16,8$	$13,2 < X \leq 16,8$	$48,4 < X \leq 61,6$
Kurang Layak	$16 < X \leq 22$	$9,6 < X \leq 13,2$	$9,6 < X \leq 13,2$	$35,2 < X \leq 48,4$
Tidak Layak	$X \leq 16$	$X \leq 9,6$	$X \leq 9,6$	$X \leq 35,2$

Masing-masing aspek yang dikemukakan memiliki nilai interval yang berbeda tiap kriteria penilaian. Nilai interval yang telah ditentukan tersebut akan menjadi acuan untuk menentukan kelayakan dari media pembelajaran. Acuan perhitungan untuk menentukan interval kelayakan tiap aspek terdiri dari skor maksimal, skor minimal, rerata ideal dan simpangan baku selengkapnya disajikan pada lampiran 5.1. Data yang didapat dari penilaian ahli media disajikan pada Tabel 25.

Tabel 25. Data Hasil Penilaian Oleh Para Ahli Media

Data Hasil Penilaian Media				
	Aspek Kemanfaatan	Aspek Kelengkapan Perangkat	Aspek Kemudahan	Total
Skor Maks	40	24	24	88
Skor Min	10	6	6	22
Skor Ahli 1	37	22	22	81
Skor Ahli 2	37	20	23	80
Rerata Skor Ahli	37	21	22,5	80,5
Persentase	92,5%	87,5%	93,75	91,48%

Berdasarkan data yang diperoleh, penilaian media pembelajaran oleh dua ahli media dari segi aspek kemanfaatan memperoleh skor 37 dari skor maksimal 40 dan skor minimal 10, yang berarti masuk dalam kategori sangat layak 92,5%. Aspek kelengkapan perangkat dari dua ahli memperoleh skor 21 dari skor maksimal 24 dan skor minimal 6, sehingga masuk ke kategori sangat layak dengan persentase

87,5%. Penilaian dari dua ahli media dalam aspek kemudahan memperoleh skor 22,5 dari skor maksimal 24 dan skor minimal 6, sehingga masuk ke kategori sangat layak 93,75%. Hasil skor tersebut diperoleh skor rata-rata total uji kelayakan ahli media adalah 80,5 dari skor maksimal 88 dan skor minimal 22 yang berarti masuk ke kategori sangat layak dengan persentase 91,48%.

## 2. Analisis Data Kelayakan Materi Pembelajaran

Penilaian materi dilakukan oleh dua ahli materi berdasarkan beberapa aspek. Nilai yang diberikan nantinya akan diakumulasikan dan dibandingkan dengan kriteria penilaian kelayakan materi. Kriteria penilaian kelayakan materi terdapat dalam Tabel 26.

Tabel 26. Kriteria Penilaian Kelayakan Materi

Kriteria Penilaian	Aspek Relevansi	Aspek Penyajian	Aspek Bahasa	Keseluruhan
Sangat Layak	$X > 17$	$X > 44,2$	$X > 13,6$	$X > 74,8$
Layak	$14 < X \leq 17$	$36,4 < X \leq 44,2$	$11,2 < X \leq 13,6$	$61,6 < X \leq 74,8$
Cukup Layak	$11 < X \leq 14$	$28,6 < X \leq 36,4$	$8,8 < X \leq 11,2$	$48,4 < X \leq 61,6$
Kurang Layak	$8 < X \leq 11$	$20,8 < X \leq 28,6$	$6,4 < X \leq 8,8$	$35,2 < X \leq 48,4$
Tidak Layak	$X \leq 8$	$X \leq 20,8$	$X \leq 6,4$	$X \leq 35,2$

Masing-masing aspek yang dikemukakan memiliki nilai interval yang berbeda di setiap kategori penilaian. Acuan perhitungan untuk menentukan interval kelayakan tiap aspek terdiri dari skor maksimal, skor minimal, rerata ideal dan simpangan baku selengkapnya disajikan pada lampiran 5.2. Nilai interval yang telah ditentukan tersebut akan menjadi acuan untuk menentukan kategori kelayakan materi pembelajaran. Data yang diperoleh dari penilaian ahli materi tersaji dalam Tabel 27.

Tabel 27. Data Hasil Penilaian Ahli Materi

<b>Data Hasil Penilaian Materi</b>				
	<b>Aspek Relevansi</b>	<b>Aspek Penyajian</b>	<b>Aspek Bahasa</b>	<b>Total</b>
Skor Maks	20	52	16	88
Skor Min	5	13	4	22
Skor Ahli 1	19	48	13	80
Skor Ahli 2	20	51	12	83
Rerata Skor Ahli	19,5	49,5	12,5	81,5
Persentase	97,5%	95,19%	78,13%	92,61%

Berdasarkan data yang diperoleh, penilaian materi dari aspek relevansi dari dua ahli memperoleh skor 19,5 dari skor maksimal 20 dan skor minimal 5, sehingga masuk kriteria sangat layak dengan presentasi 97,5%. Penilaian materi dari aspek penyajian memperoleh skor 49,5 dari skor maksimal 52 dan skor minimal 13, sehingga masuk dalam kriteria sangat layak dengan persentase 95,19%. Sedangkan penilaian materi dari aspek bahasa memperoleh skor 12,5 dari skor maksimal 16 dan skor minimal 4, sehingga masuk dalam kriteria layak dengan persentase 78,13%. Perolehan skor rata-rata total uji kelayakan materi sebesar 81,25 dari skor maksimal 88 dan skor minimal 22, sehingga masuk ke kriteria sangat layak dengan persentase 92,61%.

### **3. Analisis Data Pengguna**

Pengujian ini dilakukan kepada mahasiswa Jurusan Pendidikan Teknik Elektro yang pernah mengikuti mata kuliah robotika. Nilai yang diberikan akan diakumulasikan dan dibandingkan dengan kriteria penilaian pengguna. Acuan perhitungan untuk menentukan interval kelayakan tiap aspek terdiri dari skor maksimal, skor minimal, rerata ideal dan simpangan baku selengkapnya disajikan pada lampiran 5.3. Kriteria penilaian pengguna disajikan dalam Tabel 28.

Tabel 28. Kriteria Penilaian Pengguna

Kriteria Penilaian	Interval Kualitas Isi dan Tujuan	Interval Kualitas Pembelajaran	Interval Penggunaan	Keseluruhan
Sangat Layak	$X > 23,8$	$X > 34$	$X > 13,6$	$X > 74,8$
Layak	$19,6 < X \leq 23,8$	$28 < X \leq 34$	$11,2 < X \leq 24,6$	$61,6 < X \leq 74,8$
Cukup Layak	$15,4 < X \leq 19,6$	$22 < X \leq 28$	$8,8 < X \leq 11,2$	$48,4 < X \leq 61,6$
Kurang Layak	$11,2 < X \leq 15,4$	$16 < X \leq 22$	$6,4 < X \leq 8,8$	$35,2 < X \leq 48,4$
Tidak Layak	$X \leq 11,2$	$X \leq 16$	$X \leq 6,4$	$X \leq 35,2$

Interval pada masing-masing aspek memiliki nilai yang berbeda di setiap kriteria penilaian. Nilai interval tersebut akan dijadikan acuan dalam menentukan kriteria kelayakan. Data yang diperoleh dari penilaian pengguna tersaji di dalam Tabel 29.

Data Hasil Penilaian Media				
	Aspek Kualitas Isi dan Tujuan	Aspek Pembelajaran	Aspek Penggunaan	Total
Skor Maks	28	44	16	88
Skor Min	7	11	4	22
Rerata Skor	24,6	39,3	13,35	77,25
Persentase	87,86%	89,32%	83,44%	87,78%

Berdasarkan data yang diperoleh dari pengguna, penilaian aspek kualitas isi dan tujuan memperoleh skor 24,6 dari skor maksimal 28 dan skor minimal 7, sehingga masuk dalam kriteria sangat layak dengan persentase 87,86%. Aspek pembelajaran memperoleh skor pengguna sebesar 39,3 dari skor maksimal 44 dan skor minimal 11, yang berarti masuk kriteria sangat layak dengan persentase 89,32%. Sedangkan aspek penggunaan memperoleh skor 13,35 dari skor maksimal 16 dan skor minimal 4, sehingga masuk ke kriteria layak dengan presentasi 83,44%. Skor rerata total dari semua aspek memperoleh skor 77,25 dari skor maksimal 88 dan skor minimal 22, sehingga masuk dalam kriteria sangat layak dengan persentase 87,78%.

#### **4. Analisis Reliabilitas Instrumen**

Instrumen yang digunakan untuk uji reliabilitas adalah instrumen uji pengguna. Instrumen tersebut digunakan untuk mengukur hasil pembelajaran yang telah dilakukan menggunakan media pembelajaran sistem penyelaras gerak robot dengan komunikasi Bluetooth HC-05. Analisis reliabilitas instrumen menggunakan *software* IBM SPSS Statistic Viewer dengan rumus *Alpha Cronbach*. Berdasarkan perhitungan *software*, didapatkan hasil koefisien reliabilitas sebesar 0,749 sehingga masuk dalam kriteria koefisien yang “TINGGI”.

#### **C. Kajian Produk**

Media pembelajaran sistem penyelaras gerak robot dengan komunikasi Bluetooth HC-05 dikembangkan menggunakan model pengembangan ADDIE menurut Robert Maribe Branch. Media pembelajaran ini disusun menggunakan beberapa komponen utama, yaitu OpenCM 9.04 sebagai kontroler, sensor proximity kapasitif, motor servo Dynamixel AX-12, Bluetooth HC-05, LCD 16x2, dan *software* Robotis OpenCM IDE untuk membuat motion dan program.

Media pembelajaran sistem penyelaras gerak robot dengan komunikasi Bluetooth HC-05 melewati beberapa pengujian diantaranya, uji validasi media, uji validasi materi, dan uji pengguna. Serangkaian pengujian tersebut memperoleh masukan dan saran untuk memperbaiki media pembelajaran agar lebih baik lagi. Perbaikan yang dilakukan pada media pembelajaran berupa merapikan kabel-kabel yang terdapat pada media pembelajaran. Perbaikan yang dilakukan pada materi pembelajaran berupa perbaikan tata tulis, gambar, dan menambahkan teori

pendukung tambahan berupa cara mengakses servo pada sudut tertentu, serta membuka dan menutup gripper.

Kelemahan pada media pembelajaran ini yaitu jumlah DOF (*degree of freedom*) atau derajat kebebasan yang terbatas pada 3 axis, sehingga gerakan yang dihasilkan kurang beragam. Selain itu terdapat kelemahan pada kontroler utama yakni OpenCM 9.04 yang berbeda tahun keluarannya pada masing-masing modul praktik sehingga terjadi delay pada saat melakukan gerak bersamaan.

#### **D. Pembahasan Hasil Penelitian**

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengembangan, unjuk kerja, dan tingkat kelayakan dari media pembelajaran sistem penyalaras gerak robot dengan komunikasi Bluetooth HC-05. Pengembangan media pembelajaran ini terdiri dari pembuatan dan pengembangan produk media, dan pembuatan materi pembelajaran yang terdiri dari panduan pengoperasian dan *jobsheet* untuk memudahkan peserta didik menggunakan media tersebut. Produk media pembelajaran penyalaras gerak robot dengan komunikasi Bluetooth HC-05 dibangun menjadi dua buah modul praktik sistem penyalaras gerak robot yang masing-masing tersusun diatas *box* akrilik berukuran 21cm x 21cm x 6cm.

Unjuk kerja media pembelajaran sistem penyalaras gerak robot dengan komunikasi Bluetooth HC-05 yaitu kedua modul praktik sistem penyalaras gerak robot dapat berkomunikasi menggunakan Bluetooth HC-05 untuk memindahkan benda secara bersamaan, dan dapat memindahkan benda dari lengan robot *master* ke lengan robot *slave*. Uji unjuk kerja media pembelajaran sistem penyalaras gerak robot dengan komunikasi Bluetooth HC-05 menghasilkan data konektivitas

bluetooth dengan jarak maksimal 9 meter. Jarak ini berbeda dengan jarak yang dicantumkan pada *datasheet* Bluetooth HC-05 yaitu 10 meter. Selain itu jarak maksimal sensor proximity kapasitif yang ditemukan dalam uji unjuk kerja media yaitu 5 cm.

Keselarasan gerak servo dengan nomor ID 0 tiap modul diuji dengan sudut  $30^\circ$  searah jarum jam dari posisi *default*, data yang diperoleh servo lengan robot *master* dapat menuju posisi tersebut dengan persentase kesalahan 5,344%, sedangkan servo lengan robot *slave* memiliki persentase kesalahan 3,66%. Keselarasan gerak servo dengan nomor ID 1 masing-masing lengan robot diuji pada sudut  $45^\circ$  berlawanan arah jarum jam dari posisi *default*. Data pengujian yang dihasilkan yaitu servo lengan robot *master* dapat bergerak menuju posisi yang ditentukan dengan persentase kesalahan sebesar 2,22%, sedangkan servo lengan robot *slave* sebesar 2,664%. Pengujian keselarasan servo dengan nomor ID 2 masing-masing lengan robot dengan menggerakkan servo pada sudut  $45^\circ$  searah jarum jam dengan hasil persentase kesalahan servo lengan robot *master* 3,552% dan lengan robot *slave* 2,664%.

Tingkat kelayakan media pembelajaran sistem penyelarasan gerak robot dengan komunikasi Bluetooth HC-05 diukur menggunakan angket media pembelajaran, materi pembelajaran dan pengguna. Instrumen angket media pembelajaran diujikan kepada ahli media yang merupakan dosen Jurusan Pendidikan Teknik Elektro UNY.

Berdasarkan data yang diperoleh, penilaian media pembelajaran oleh dua ahli media dari segi aspek kemanfaatan memperoleh skor 37 dari skor maksimal 40

dan skor minimal 10, yang berarti masuk dalam kategori sangat layak 92,5%. Aspek kelengkapan perangkat dari dua ahli memperoleh skor 21 dari skor maksimal 24 dan skor minimal 6, sehingga masuk ke kategori sangat layak dengan persentase 87,5%. Penilaian dari dua ahli media dalam aspek kemudahan memperoleh skor 22,5 dari skor maksimal 24 dan skor minimal 6, sehingga masuk ke kategori sangat layak dengan persentase 93,75%. Hasil skor tersebut diperoleh skor rata-rata total uji kelayakan ahli media adalah 80,5 dari skor maksimal 88 dan skor minimal 22 yang berarti masuk ke kategori sangat layak dengan persentase 91,48%.

Berdasarkan data yang diperoleh, penilaian materi dari aspek relevansi dari dua ahli memperoleh skor 19,5 dari skor maksimal 20 dan skor minimal 5, sehingga masuk kriteria sangat layak dengan presentasi 97,5%. Penilaian materi dari aspek penyajian memperoleh skor 49,5 dari skor maksimal 52 dan skor minimal 13, sehingga masuk dalam kriteria sangat layak dengan persentase 95,19%. Sedangkan penilaian materi dari aspek bahasa memperoleh skor 12,5 dari skor maksimal 16 dan skor minimal 4, sehingga masuk dalam kriteria layak dengan persentase 78,13%. Perolehan skor rata-rata total uji kelayakan materi sebesar 81,25 dari skor maksimal 88 dan skor minimal 22, sehingga masuk ke kriteria sangat layak dengan persentase 92,61%.

Berdasarkan data yang diperoleh dari pengguna, penilaian aspek kualitas isi dan tujuan memperoleh skor 24,6 dari skor maksimal 28 dan skor minimal 7, sehingga masuk dalam kriteria sangat layak dengan persentase 87,86%. Aspek pembelajaran memperoleh skor pengguna sebesar 39,3 dari skor maksimal 44 dan skor minimal 11, yang berarti masuk kriteria sangat layak dengan persentase

89,32%. Sedangkan aspek penggunaan memperoleh skor 13,35 dari skor maksimal 16 dan skor minimal 4, sehingga masuk ke kriteria layak dengan presentasi 83,44%. Skor rerata total dari semua aspek memperoleh skor 77,25 dari skor maksimal 88 dan skor maksimal 22, sehingga masuk dalam kriteria sangat layak dengan persentase 87,78%.