

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN

A. Hasil Pengembangan Produk Awal

1. Tahap *Planning*

a. Ruang Lingkup Penelitian

Tahap pertama yang dilakukan pada penelitian ini adalah tahap *planning*.

Pada tahap ini peneliti menentukan ruang lingkup penelitian tentang pembelajaran Praktik Elektronika Medis. Mata kuliah ini dipilih untuk diteliti karena terdapat beberapa permasalahan dalam membelajarkan mahasiswa. Informasi ini peneliti dapatkan dari dosen pengampu mata kuliah Elektronika Medis.

b. Identifikasi Masalah

Berdasarkan informasi yang telah diperoleh dari dosen pengampu mata kuliah Elektronika Medis, peneliti kemudian mengidentifikasi sebab-sebab permasalahannya. Permasalahan yang menjadi kendala utama dalam membelajarkan mahasiswa yaitu belum tersedianya media pembelajaran yang dapat memenuhi seluruh capaian standar kompetensi mahasiswa untuk Mata Kuliah Praktik Elektronika Medis.

c. Data Awal

1) Hasil Wawancara

Untuk mendukung proses identifikasi masalah, maka peneliti mengumpulkan data awal yang berkaitan dengan pembelajaran Praktik

Elektronika Medis. Pengumpulan data awal yang pertama dilakukan peneliti dengan cara mewawancara dosen pengampu Mata Kuliah Praktik Elektronika Medis. Teknik wawancara ini dilakukan secara tidak terstruktur untuk mengetahui informasi yang lebih dalam tentang berbagai macam permasalahan yang terjadi pada Mata Kuliah Praktik Elektronika Medis. Dengan teknik ini peneliti hanya menulis poin-poin penting mengenai standar kompetensi, tujuan pembelajaran, materi pembelajaran, media pembelajaran, pendekatan pembelajaran, serta kendala-kendala dalam proses pembelajaran Praktik Elektronika Medis.

Hasil wawancara menunjukkan bahwa hanya ada satu standar kompetensi yang baru dicapai dalam proses pembelajaran Praktik Elektronika Medis, kompetensi tersebut yaitu merancang instrumentasi medis mulai dari *input*, proses, sampai pada *output*-nya. Berdasarkan analisis deskripsi Mata Kuliah Praktik Elektronika Medis yang terdapat pada kurikulum menunjukkan bahwa ada satu standar kompetensi lagi yang belum dicapai dalam proses pembelajarannya, kompetensi tersebut yaitu mengukur sinyal-sinyal listrik yang berasal dari dalam tubuh manusia. Hal ini tentunya menjadi masalah dalam pencapaian kompetensi Mata Kuliah Praktik Elektronika Medis.

Pembelajaran Mata Kuliah Praktik Elektronika Medis yang dilaksanakan sekarang ini bertujuan untuk membuat proyek instrumentasi medis dengan ruang lingkup yang bebas namun masih dalam cakupan elektronika medis. Materi pembelajaran yang diajarkan pada mata kuliah ini mencakup berbagai macam sensor sebagai *input*-an, rangkaian pengkondisi sinyal yang dibeli maupun dirancang menggunakan beberapa *software* sebagai proses, dan *output devices* baik dalam bentuk *hardware* maupun dalam bentuk simulasi *software*. Bebasnya

ruang lingkup pembuatan proyek ini berpengaruh terhadap perbedaan materi pembelajaran yang diajarkan secara paralel pada pembelajaran teori dengan pembelajaran praktik. Hal ini mengakibatkan adanya beberapa materi pembelajaran yang tidak dipraktikan dan mempraktikan materi pembelajaran yang belum diajarkan. Hal ini terjadi karena belum siapnya perangkat pembelajaran yang digunakan untuk membelajarkan mahasiswa.

Materi pembelajaran pada Mata Kuliah Praktik Elektronika Medis berisikan tentang *Electrocardiography* (ECG) dan *Electromyography* (EMG). Materi-materi ini belum dapat dipraktikan secara langsung oleh mahasiswa terutama untuk mencapai standar kompetensi pengukuran sinyal-sinyal listrik yang berasal dari tubuh manusia.

Media pembelajaran yang digunakan pada setiap pertemuan Mata Kuliah Praktik Elektronika Medis sering kali menggunakan laptop yang terkoneksi dengan jaringan internet untuk mencari pengetahuannya secara mandiri serta melatih keterampilannya dalam mengoperasikan *software* seperti Proteus, Electronics Workbench (EWB), dan Matlab.

Pendekatan pembelajaran yang digunakan pada Mata Kuliah Praktik Elektronika Medis yaitu *Project Based Learning*. Dengan mengimplementasikan pendekatan pembelajaran ini, mahasiswa dituntut untuk membuat suatu proyek sebagai hasil akhir pembelajaran. Namun untuk menghasilkan suatu proyek membutuhkan waktu yang relatif lama.

Selama proses pembelajaran terdapat beberapa kendala dalam membelajarkan mahasiswa. Beberapa kendala tersebut diantaranya yaitu dalam pembuatan proyek ada beberapa komponen yang tidak tersedia di pasaran dan ada

juga beberapa komponen yang harganya relatif mahal, sehingga hal tersebut dapat mempengaruhi motivasi belajar mahasiswa. Antisipasi untuk menangani beberapa kendala tersebut yaitu mengganti komponen yang tidak tersedia di pasaran dengan komponen lain yang mempunyai spesifikasi yang hampir serupa. Selain itu biaya untuk pembelian komponen bisa ditanggung bersama dengan teman sekelompoknya mengingat semua biaya yang dikeluarkan untuk membuat proyek ini bersumber dari dana pribadi mahasiswa.

2) Hasil Dokumentasi

Selain melakukan wawancara, peneliti juga melakukan dokumentasi. Teknik dokumentasi ini dilakukan dengan cara mencari dokumen-dokumen penting yang berkaitan dengan pembelajaran Praktik Elektronika Medis. Dokumen-dokumen ini dikatakan penting karena dijadikan sebagai pedoman dalam pelaksanaan pembelajaran Praktik Elektronika Medis seperti kurikulum, silabus, Rencana Pembelajaran Semester, sumber belajar, dan instrumen penilaian.

Hasil dokumentasi menunjukkan bahwa telah dilakukan revisi kurikulum untuk Program Studi Teknik Elektronika jenjang D3 di Universitas Negeri Yogyakarta. Salah satu hasil revisi kurikulumnya yaitu berubahnya status Mata Kuliah Praktik Elektronika Medis dari mata kuliah pilihan menjadi mata kuliah wajib. Mengingat pentingnya mata kuliah ini sebagai salah satu cabang dari ilmu elektronika, serta banyaknya industri yang membutuhkan teknisi yang terampil di bidang instrumentasi medis, terlebih lagi tidak adanya mahasiswa yang memilih mata kuliah ini di setiap tahunnya, maka berubahlah status mata kuliah ini

menjadi wajib. Perubahan status mata kuliah ini belum diimbangi dengan kesiapan perangkat pembelajaran yang akan digunakan untuk membelajarkan mahasiswa. Perangkat pembelajaran yang belum siap yaitu silabus dan Rencana Pembelajaran Semester yang sampai saat ini masih dalam tahap penyusunan, padahal silabus dan Rencana Pembelajaran Semester berperan sangat penting sebagai acuan dalam proses pelaksanaan pembelajaran.

Proses pembelajaran Praktik Elektronika Medis yang selama ini dilakukan bersumber dari *handbook* Biomedical Instrumentation karangan Khandpur dan *handbook* Introduction to Medical Electronics Applications karangan Jennings, Flint, Turton, Nokes. Namun sangat disayangkan sampai saat ini belum ada instrumen penilaian secara tertulis untuk mengukur kompetensi mahasiswa. Selama ini proses penilaian pembelajaran dilakukan secara observatif tanpa rubrik penilaian sehingga terkesan subjektif.

3) Hasil Observasi

Untuk meyakinkan data awal, peneliti juga melakukan observasi. Teknik observasi ini dilakukan untuk mengetahui proses pembelajaran Praktik Elektronika Medis secara langsung. Dengan teknik ini peneliti sengaja datang ke kelas untuk mengamati proses pembelajaran Praktik Elektronika Medis, namun peneliti tidak ikut terlibat dalam kegiatan praktikum.

Hasil observasi menunjukkan bahwa proses pembelajaran Praktik Elektronika Medis dilaksanakan dengan berbasis proyek. Pada setiap pertemuan, mahasiswa diberi tugas secara terstruktur untuk merancang instrumentasi medis sebagai salah satu kompetensi Mata Kuliah Praktik Elektronika Medis. Dengan

menggunakan media pembelajaran laptop, mahasiswa ditugaskan untuk mencari jurnal-jurnal yang berkaitan dengan proyek yang akan dibuat. Kemudian mahasiswa berdiskusi dalam kelompok kecil untuk menganalisis jurnal-jurnal yang telah diperolehnya. Proyek akhir yang harus mahasiswa kerjakan untuk Mata Kuliah Praktik Elektronika Medis yaitu membuat produk instrumentasi medis baik dalam bentuk *hardware* maupun simulasi. Di akhir pembelajaran, mahasiswa harus membuat laporan tentang proyek akhir yang dibuatnya, kemudian dipresentasikan di kelas.

Dalam proses pembelajaran Praktik Elektronika Medis belum menggunakan media pembelajaran *trainer kit* dan *job sheet* seperti pada mata kuliah praktikum yang lainnya, sehingga pembelajaran terkesan pasif dengan hanya duduk di depan layar laptop saja. Terdapat kelebihan dan kekurangan dalam proses pelaksanaan pembelajaran seperti ini. Kelebihannya yaitu mahasiswa bebas untuk mengeksplor pengetahuannya dalam melakukan perancangan proyek, namun kelemahannya kebanyakan dari mereka lebih cenderung mengeksplor hal lain di luar konten pembelajaran. Oleh karena itu diperlukan pemantauan dan pengawasan selama proses pembelajarannya.

d. Analisis Kebutuhan

Setelah mengumpulkan data awal, peneliti juga melakukan analisis kebutuhan melalui *brainstorming* dengan dosen pengampu Mata Kuliah Praktik Elektronika Medis. Hal ini dilakukan dengan cara mendiskusikan produk pengembangan media pembelajaran seperti apa yang dibutuhkan untuk mendukung proses pembelajaran Praktik Elektronika Medis. Produk

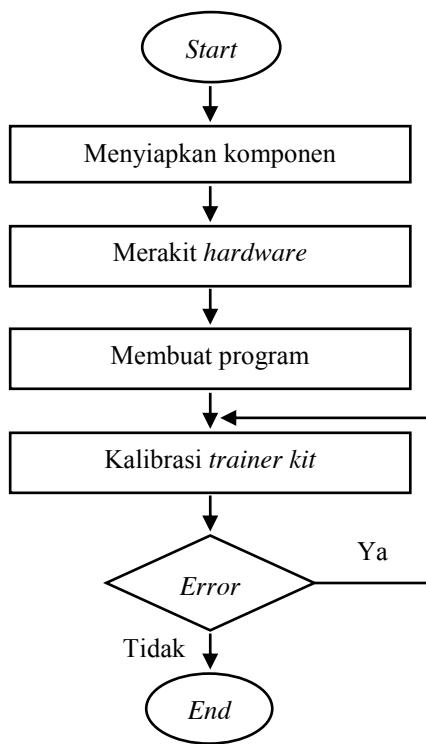
pengembangan media pembelajaran yang dibutuhkan adalah yang dapat menyelesaikan permasalahan yang terjadi di lapangan, yaitu dapat mencapai seluruh standar kompetensi Mata Kuliah Praktik Elektronika Medis. Oleh karena itu diperlukan *trainer kit* yang menarik, praktis dan mendidik sebagai media pembelajaran praktikum yang dapat digunakan untuk membelajarkan mahasiswa sehingga dapat mencapai kompetensinya. Dengan tersedianya media pembelajaran *trainer kit*, diharapkan proses pembelajaran praktikum akan menjadi lebih riil. Selain itu diperlukan juga media pembelajaran praktikum berupa *job sheet* sebagai pedoman mahasiswa dalam melaksanakan pembelajaran praktikum. Dengan tersedianya media pembelajaran *job sheet*, diharapkan proses pembelajaran praktikum akan menjadi lebih terarah. Dengan langkah-langkah pendekatan *Problem Based Learning* yang tertulis pada *job sheet*, diharapkan proses pembelajaran praktikum akan menjadi lebih aktif.

2. Tahap *Design*

a. *Flowchart*

1) *Flowchart* Perancangan *Trainer Kit*

Tahap kedua yang dilakukan pada penelitian ini adalah tahap *design*. Pada tahap ini peneliti membuat konsep perancangan produk media pembelajaran Praktik Elektronika Medis dengan membuat *flowchart* tentang perancangan *trainer kit* seperti yang nampak pada Gambar 23.

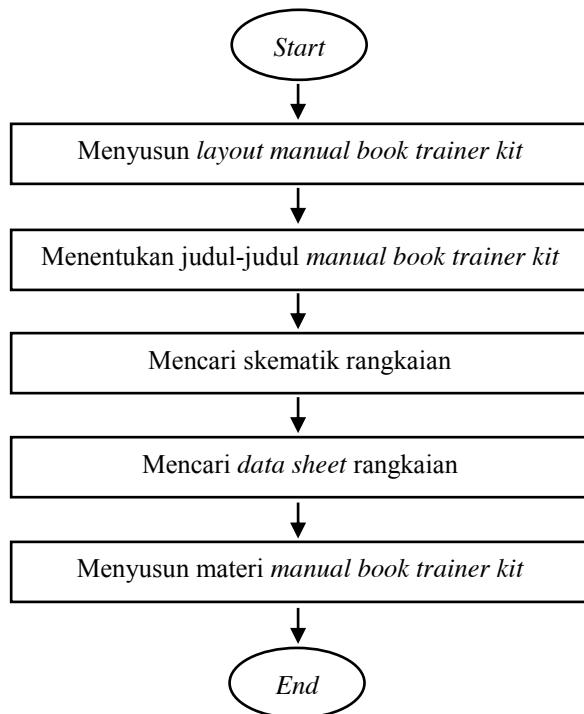


Gambar 23. *Flowchart* Perancangan *Trainer Kit*

Langkah pertama yang dilakukan peneliti dalam merancang *trainer kit* yaitu membuat daftar komponen dan menyiapkan komponen-komponen yang dibutuhkan. Setelah komponen yang dibutuhkan tersedia, kemudian langkah selanjutnya yaitu merakit *hardware* dan membuat program untuk menjadi sebuah *trainer kit*. *Trainer kit* yang sudah jadi kemudian di kalibrasi untuk mengetahui apakah dalam pengoperaiannya terjadi *trouble* dan *error*. Jika ya, maka *trainer kit* tersebut harus di kalibrasi ulang. Jika tidak, maka proses perancangan *trainer kit* selesai.

2) *Flowchart Penyusunan Manual Book Trainer Kit*

Untuk melengkapi *trainer kit*, disusun pula *manual book trainer kit* sebagai petunjuk penggunaan *trainer kit*. Oleh karena itu, peneliti juga membuat *flowchart* tentang penyusunan *manual book trainer kit* seperti yang nampak pada Gambar 24.

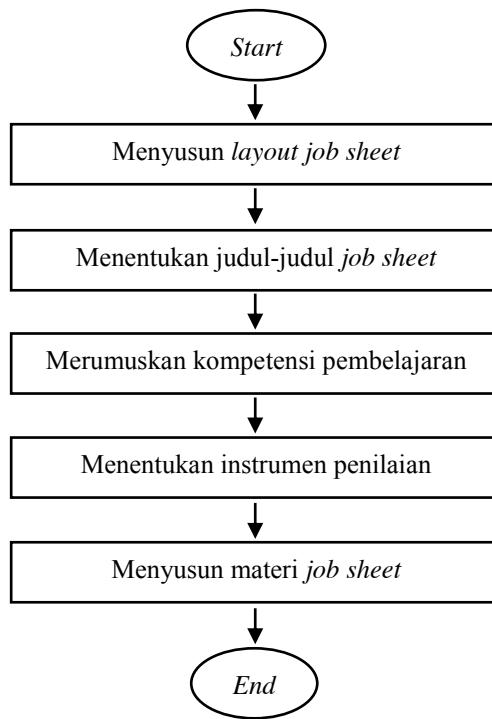


Gambar 24. *Flowchart Penyusunan Manual Book Trainer Kit*

Langkah pertama yang dilakukan peneliti dalam menyusun *manual book trainer kit* yaitu menyusun *layout manual book trainer kit* mulai dari *cover* sampai dengan lampiran. Kemudian langkah selanjutnya yaitu menentukan judul-judul *manual book trainer kit*. Setelah itu mencari skematik rangkaian dan *data sheet* rangkaian dari berbagai sumber. Langkah yang terakhir yaitu menyusun materi *manual book trainer kit*.

3) *Flowchart Penyusunan Job Sheet*

Selain membuat *flowchart* perancangan *trainer kit* dan penyusunan *manual book trainer kit*, peneliti juga membuat *flowchart* tentang penyusunan *job sheet* seperti yang nampak pada Gambar 25.



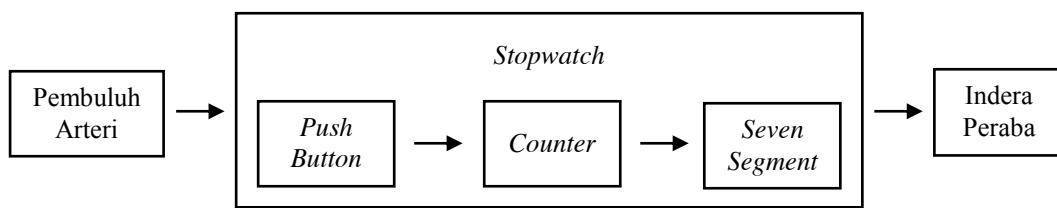
Gambar 25. *Flowchart Penyusunan Job Sheet*

Langkah pertama yang dilakukan peneliti dalam menyusun *job sheet* yaitu menyusun *layout job sheet* mulai dari *cover* sampai dengan lampiran. Kemudian langkah selanjutnya yaitu menentukan judul-judul *job sheet* untuk setiap pertemuan. Setelah itu merumuskan kompetensi pembelajaran yang akan dicapai mahasiswa sesuai dengan standar kompetensi. Langkah selanjutnya yaitu menentukan instrumen penilaian sebagai bahan evaluasi pembelajaran dan langkah yang terakhir yaitu menyusun materi *job sheet*.

b) *Storyboard*

1) Diagram Blok *Trainer Kit* Pengukur Denyut Jantung dengan Metode *Palpasi*

Pada tahap ini peneliti membuat *storyboard* berupa diagram blok *trainer kit* pengukur denyut jantung dengan metode *Palpasi* seperti yang nampak pada Gambar 26.



Gambar 26. Diagram Blok *Trainer Kit* Pengukur Denyut Jantung dengan Metode *Palpasi*

Trainer kit pengukur denyut jantung dengan metode *Palpasi* lebih menekankan pada pengukur waktu (*stopwatch*). *Input*-nya diperoleh dari pembuluh arteri yang kemudian akan diukur waktunya menggunakan *stopwatch* dengan menekan *push button* yang diproses pada *counter* dan ditampilkan pada *seven segment* yang kemudian akan terasa berdenyut oleh *indera peraba* sebagai *output*-nya.

2) Diagram Blok *Trainer Kit* Pengukur Denyut Jantung dengan Metode *Photoplethysmography (PPG)*

Pada tahap ini juga peneliti membuat *storyboard* berupa diagram blok *trainer kit* pengukur denyut jantung dengan metode *Photoplethysmography (PPG)* seperti yang nampak pada Gambar 27.



Gambar 27. Diagram Blok *Trainer Kit* Pengukur Denyut Jantung dengan Metode *Photoplethysmography* (PPG)

Trainer kit pengukur denyut jantung dengan metode *Photoplethysmography* (PPG) akan dibuat menggunakan sensor cahaya sebagai *input*-an dari sistem. Sinyal yang terditeksi oleh sensor cahaya kemudian akan difilter sesuai dengan kebutuhan. Sinyal yang telah difilter tersebut kemudian dikuatkan oleh rangkaian *amplifier*. Sinyal *output* dari rangkaian *amplifier* akan diproses menggunakan Arduino Uno. *Output* dari sistem akan ditampilkan pada laptop dengan menggunakan *software* Arduino.

3) Diagram Blok *Trainer Kit* Pengukur Denyut Jantung dengan Metode *Electrocardiography* (ECG)

Pada tahap ini pula peneliti membuat *storyboard* berupa diagram blok *trainer kit* pengukur denyut jantung dengan metode *Electrocardiography* (ECG) seperti yang nampak pada Gambar 28.



Gambar 28. Diagram Blok *Trainer Kit* Pengukur Denyut Jantung dengan Metode *Electrocardiography* (ECG)

Trainer kit pengukur denyut jantung dengan metode *Electrocardiography* (ECG) akan dibuat menggunakan elektroda sebagai *input*-an dari sistem. Sinyal yang terditeksi oleh elektroda kemudian akan difilter sesuai dengan kebutuhan.

Sinyal yang telah difilter tersebut kemudian dikuatkan oleh rangkaian *amplifier*.

Sinyal *output* dari rangkaian *amplifier* akan diproses menggunakan Arduino Uno.

Output dari sistem akan ditampilkan pada laptop menggunakan *software* Arduino.

4) *Storyboard* Tampilan *Manual Book Trainer Kit*

Untuk melengkapi *trainer kit*, peneliti juga membuat *storyboard* tampilan *manual book trainer kit*. Tampilan *manual book trainer kit* yang dibuat terdiri dari delapan bagian utama yang dimulai dari *cover* atau jilid *manual book trainer kit*, kata pengantar, daftar isi, *trainer kit* 1 untuk metode *Palpasi*, *trainer kit* 2 untuk metode *Photoplethysmography* (PPG), *trainer kit* 3 untuk metode *Electrocardiography* (ECG), daftar pustaka, dan lampiran.

5) *Storyboard* Tampilan *Job Sheet*

Selain membuat *storyboard* diagram blok *trainer kit* dan *storyboard* tampilan *manual book trainer kit*, peneliti juga membuat *storyboard* tampilan *job sheet*. Tampilan *job sheet* yang dibuat terdiri dari delapan bagian utama yang dimulai dari *cover* atau jilid *job sheet*, kata pengantar, daftar isi, peraturan umum praktikum, *job sheet* 1 untuk pertemuan pertama, *job sheet* 2 untuk pertemuan kedua, *job sheet* 3 untuk pertemuan ketiga, dan lampiran.

3. Tahap *Development*

Tahap ketiga sekaligus tahap terakhir yang dilakukan pada penelitian ini adalah tahap *development*. Pada tahap *development* peneliti membuat produk media pembelajaran Praktik Elektronika Medis berdasarkan konsep perancangan

yang telah dibuat. Pembuatan produk dimulai dengan membuat daftar komponen-komponen yang dibutuhkan dan menyiapkannya untuk pembuatan *trainer kit*.

a. Komponen *Trainer Kit*

1) Komponen Pengukur Denyut Jantung dengan Metode *Palpasi*

Daftar komponen yang dibutuhkan untuk membuat *trainer kit* pengukur denyut jantung dengan metode *Palpasi* nampak pada Tabel 8.

Tabel 8. Daftar Komponen Pengukur Denyut Jantung dengan Metode *Palpasi*

Hardware	Komponen	Nilai/Jenis	Jumlah	Posisi
<i>Input devices</i>	Push button	Self locking 6 pin	1	SW1
		Omron B3F 4055	1	PB1
	Baterai	HW 9 volt	1	<i>Battery</i>
<i>Signal conditioning devices</i>	Resistor	10 kΩ	1	R1
		220 Ω	1	R2
		100 kΩ	1	R3
		330 Ω	15	R4, R5, R6, R7, R8, R9, R10, R11, R12, R13, R14, R15, R16, R17, R18
		2 kΩ	1	RV1
	Kapasitor	100 μF	2	C1, C2
	IC	555	1	U1
		4026	2	U2, U3
		4073	1	U4
		7805	1	U5
	Dioda	LED merah	1	D1
		1N4148	3	D2, D3, D4
		1N4002	1	D5
	Konektor	Male 2 pin	1	B1
<i>Output devices</i>	Seven segment	Common katoda	2	SEG1, SEG2

2) Komponen *Trainer Kit* Pengukur Denyut Jantung dengan Metode *Photoplethysmography* (PPG)

Daftar komponen yang dibutuhkan untuk membuat *trainer kit* pengukur denyut jantung dengan metode *Photoplethysmography* (PPG) nampak pada Tabel 9.

Tabel 9. Daftar Komponen Pengukur Denyut Jantung dengan Metode *Photoplethysmography* (PPG)

Hardware	Komponen	Nilai/Jenis	Jumlah	Posisi
<i>Input devices</i>	Sensor cahaya	LED	1	<i>Pulse heart rate sensor</i>
		<i>Photodetector</i>	1	<i>Pulse heart rate sensor</i>
<i>Signal conditioning devices</i>	<i>Pulse heart rate sensor</i>	Metode refleksi	1	<i>Pulse heart rate sensor</i>
	Arduino	Uno	1	Arduino Uno
<i>Output devices</i>	Laptop	<i>Software Arduino (serial monitor)</i>	1	Laptop

3) Komponen *Trainer Kit* Pengukur Denyut Jantung dengan Metode *Electrocardiography* (ECG)

Daftar komponen yang dibutuhkan untuk membuat *trainer kit* pengukur denyut jantung dengan metode *Electrocardiography* (ECG) nampak pada Tabel 10.

Tabel 10. Daftar Komponen Pengukur Denyut Jantung dengan Metode *Electrocardiography* (ECG)

Hardware	Komponen	Nilai/Jenis	Jumlah	Posisi
<i>Input devices</i>	Elektroda	<i>Skin electrode</i>	3	RA, LA, RL
<i>Signal conditioning devices</i>	<i>Heart monitor</i>	AD8232	1	AD8232 <i>heart monitor</i>
	Arduino	Uno	1	Arduino Uno
<i>Output devices</i>	Laptop	<i>Software Arduino (serial plotter)</i>	1	Laptop

b. *Hardware*

Setelah komponen yang dibutuhkan tersedia, kemudian langkah selanjutnya yaitu merakit *hardware* untuk menjadi sebuah *trainer kit*. Perakitan *hardware* ini terdiri dari tiga bagian yaitu *input devices*, *signal conditioning devices*, dan *output devices*.

1) *Hardware Pengukur Denyut Jantung dengan Metode Palpasi*

Pengukur denyut jantung dengan metode *Palpasi* dilakukan secara manual. *Input*-nya diperoleh dari pembuluh arteri, kemudian dikontrol dengan menggunakan rangkaian *stopwatch*, dan *output*-nya diperoleh melalui indera peraba menggunakan jari tangan seperti yang nampak pada Gambar 29.



Gambar 29. *Hardware Pengukur Denyut Jantung dengan Metode Palpasi*

2) *Hardware Pengukur Denyut Jantung dengan Metode Photoplethysmography (PPG)*

Input devices yang digunakan pada *trainer kit* pengukur denyut jantung dengan metode *Photoplethysmography* (PPG) yaitu sensor cahaya dengan menggunakan komponen LED dan *photodetector*. Sensor cahaya ini berfungsi untuk mendeteksi denyut jantung melalui aliran darah di dalam kulit ujung jari

pada pembuluh arteri. Komponen LED pada rangkaian sensor ini berfungsi sebagai *transmitter* sedangkan komponen *photodetector* pada rangkaian sensor ini berfungsi sebagai *receiver*.

Signal conditioning devices yang digunakan pada *trainer kit* pengukur denyut jantung dengan metode *Photoplethysmography* (PPG) yaitu rangkaian filter, rangkaian *amplifier*, dan Arduino Uno. Rangkaian filter pada *trainer kit* ini berfungsi untuk menghilangkan distorsi dan melewatkkan frekuensi tertentu yang dibutuhkan. Jenis filter yang diguanakan pada *trainer kit* ini yaitu *High Pass Filter* (HPF) dan *Low Pass Filter* (LPF). Rangkaian *amplifier* pada *trainer kit* ini berfungsi untuk menguatkan tegangan *output* yang terdeteksi oleh sensor. Jenis penguat yang diguanakan pada *trainer kit* ini yaitu *operational amplifier non inverting* yang terdapat pada komponen IC MCP6001. Arduino Uno pada *trainer kit* ini berfungsi sebagai pengolah data. Bagian Arduino Uno yang digunakan untuk mengukur denyut jantung dengan metode *Photoplethysmography* (PPG) yaitu bagian *power* (5V dan GND) dan bagian analog (A0).

Output devices yang digunakan pada *trainer kit* pengukur denyut jantung dengan metode *Photoplethysmography* (PPG) yaitu laptop dengan menggunakan *software* Arduino pada menu *serial monitor*. *Hardware* pengukur denyut jantung dengan metode *Photoplethysmography* (PPG) nampak pada Gambar 30.



Gambar 30. *Hardware Pengukur Denyut Jantung dengan Metode Photoplethysmography (PPG)*

**3) *Hardware Pengukur Denyut Jantung dengan Metode
Electrocardiography (ECG)***

Input devices yang digunakan pada *trainer kit* pengukur denyut jantung dengan metode *Electrocardiography* (ECG) yaitu elektroda. Jenis elektroda yang digunakan pada *trainer kit* ini yaitu *skin electrode* dengan menggunakan bahan Ag-AgCl. Elektroda yang digunakan pada *trainer kit* ini sebanyak tiga buah yang akan dipasang di tiga bagian tubuh, yaitu lengan kanan (RA), lengan kiri (LA), dan kaki kanan (RL). Elektroda ini berfungsi untuk mendeteksi denyut jantung dan merekam aktivitas listrik jantung.

Signal conditioning devices yang digunakan pada *trainer kit* pengukur denyut jantung dengan metode *Electrocardiography* (ECG) yaitu rangkaian filter, rangkaian *amplifier*, dan Arduino Uno. Rangkaian filter pada *trainer kit* ini berfungsi untuk menghilangkan distorsi dan melewatkkan frekuensi tertentu yang dibutuhkan. Jenis filter yang digunakan pada *trainer kit* ini yaitu *High Pass Filter* (HPF) dan *Low Pass Filter* (LPF). Rangkaian *amplifier* pada *trainer kit* ini berfungsi untuk menguatkan tegangan *output* yang terdeteksi oleh sensor. Jenis penguat yang digunakan pada *trainer kit* ini yaitu *operational amplifier non*

inverting yang tertanam pada mikrokontroler. Arduino Uno pada *trainer kit* ini berfungsi sebagai pengolah data. Bagian Arduino Uno yang digunakan untuk mengukur denyut jantung dengan metode *Electrocardiography* (ECG) yaitu bagian *power* (3,3V dan GND), bagian analog (A0), dan bagian digital (10 dan 11).

Output devices yang digunakan pada *trainer kit* pengukur denyut jantung dengan metode *Electrocardiography* (ECG) yaitu laptop dengan menggunakan *software* Arduino pada menu *serial plotter*. *Hardware* pengukur denyut jantung dengan metode *Electrocardiography* (ECG) nampak pada Gambar 31.



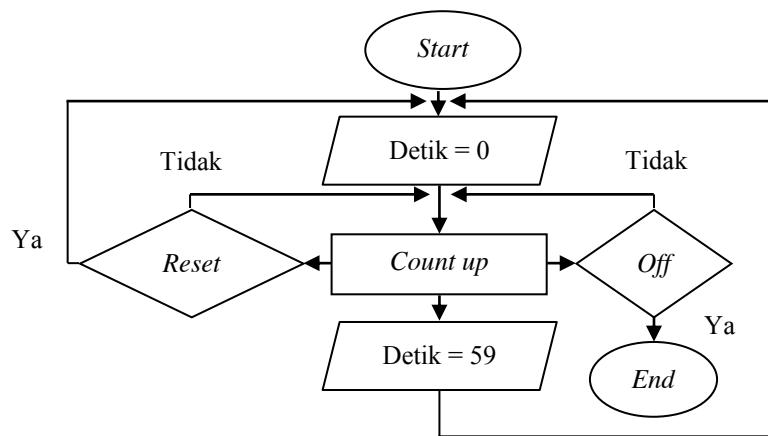
Gambar 31. *Hardware* Pengukur Denyut Jantung dengan Metode *Electrocardiography* (ECG)

c. Program

Setelah ketiga bagian *hardware* dirakit, langkah selanjutnya yaitu membuat program untuk menjadi sebuah *trainer kit* yang utuh.

1) Program Pengukur Denyut Jantung dengan Metode *Palpasi*

Pengukur denyut jantung dengan metode *Palpasi* dilakukan secara manual. Oleh karena itu, tidak ada program khusus yang dibuat untuk pengukuran denyut jantungnya. Secara umum prinsip kerja *trainer kit* pengukur denyut jantung dengan metode *Palpasi* nampak pada Gambar 32.



Gambar 32. *Flowchart* Prinsip Kerja *Trainer Kit* Pengukur Denyut Jantung dengan Metode *Palpasi*

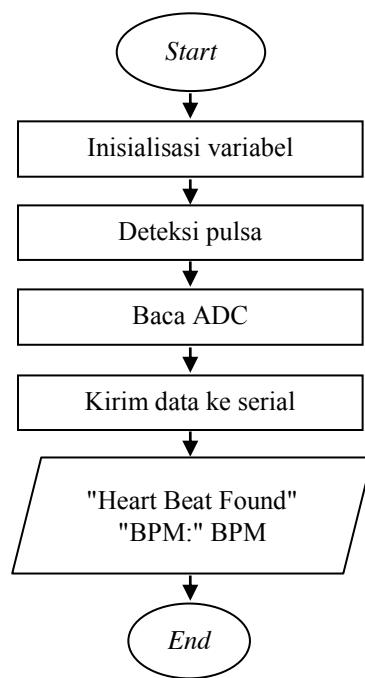
Prinsip kerja *trainer kit* pengukur denyut jantung dengan metode *Palpasi* dimulai pada detik ke-0 dan akan mulai menghitung maju (*count up*) pada saat *push button on* ditekan. *Seven segment* akan menampilkan perhitungan waktu sampai pada detik ke-59 yang kemudian akan berulang pada detik ke-0 yang menunjukkan waktu perhitungan 1 menit. Jika *push button reset* ditekan pada saat *stopwatch* menghitung maju (*count up*), maka perhitungan waktu akan kembali pada detik ke-0, namun jika *push button reset* tidak ditekan pada saat *stopwatch* menghitung maju (*count up*), maka perhitungan waktu akan terus berjalan. Jika *push button off* ditekan pada saat *stopwatch* menghitung maju (*count up*), maka perhitungan waktu akan berhenti, namun jika *push button off* tidak ditekan pada

saat *stopwatch* menghitung maju (*count up*), maka perhitungan waktu akan terus berjalan.

2) Program Pengukur Denyut Jantung dengan Metode

Photoplethysmography (PPG)

Program untuk *trainer kit* pengukur denyut jantung dengan metode *Photoplethysmography* (PPG) ini dibuat menggunakan *software* Arduino. Secara umum prinsip kerja *trainer kit* pengukur denyut jantung dengan metode *Photoplethysmography* (PPG) nampak pada Gambar 33.



Gambar 33. *Flowchart* Prinsip Kerja *Trainer Kit* Pengukur Denyut Jantung dengan Metode *Photoplethysmography* (PPG)

Prinsip kerja *trainer kit* pengukur denyut jantung dengan metode *Photoplethysmography* (PPG) dimulai dengan menginisialisasi variabel yang digunakan pada *sketch* program yang dibuat. Langkah selanjutnya yaitu

mendeteksi pulsa pada bagian tubuh yang dipasang sensor. Kemudian membaca ADC, dimana pulsa analog yang telah terdeteksi akan diubah menjadi pulsa digital. Lalu data tersebut akan dikirimkan melalui komunikasi serial. Akhirnya data akan tampil pada layar dengan format "Heart Beat Found" "BPM:" BPM yang menunjukkan hasil pengukuran denyut jantung dalam satuan bpm.

Sketch program yang dibuat untuk *trainer kit* pengukur denyut jantung dengan metode *Photoplethysmography* (PPG) nampak pada Gambar 34.

```
int pulsePin = A0;
int blinkPin = 13;

volatile int BPM;
volatile int Signal;
volatile int IBI = 600;
volatile boolean Pulse = false;
volatile boolean QS = false;

static boolean serialVisual = true;

volatile int rate[10];
volatile unsigned long sampleCounter = 0;
volatile unsigned long lastBeatTime = 0;
volatile int P = 512;
volatile int T = 512;
volatile int thresh = 525;
volatile int amp = 100;
volatile boolean firstBeat = true;
volatile boolean secondBeat = false;

void setup()
{
  pinMode(blinkPin,OUTPUT);
  Serial.begin(115200);
  interruptSetup();

}
```

```

void loop()
{
    serialOutput();

    if (QS == true)
    {
        serialOutputWhenBeatHappens();
        QS = false;
    }

    delay(20);
}

void interruptSetup()
{
    TCCR2A = 0x02;
    TCCR2B = 0x06;
    OCR2A = 0X7C;
    TIMSK2 = 0x02;
    sei();
}

void serialOutput()
{
    if (serialVisual == true)
    {
        arduinoSerialMonitorVisual('-', Signal);
    }
    else
    {
        sendDataToSerial('S', Signal);
    }
}

void serialOutputWhenBeatHappens()
{
    if (serialVisual == true)
    {
        Serial.print(" Heart-Beat Found ");
        Serial.print("BPM: ");
        Serial.println(BPM);
    }
    else
    {
}

```

```

sendDataToSerial('B',BPM);
sendDataToSerial('Q',IBI);
}

}

void arduinoSerialMonitorVisual(char symbol, int data )
{
const int sensorMin = 0;
const int sensorMax = 1024;
int sensorReading = data;
int range = map(sensorReading, sensorMin, sensorMax, 0, 11);

}

void sendDataToSerial(char symbol, int data )
{
Serial.print(symbol);
Serial.println(data);
}

ISR(TIMER2_COMPA_vect)
{
cli();
Signal = analogRead(pulsePin);
sampleCounter += 2;
int N = sampleCounter - lastBeatTime;

if(Signal < thresh && N > (IBI/5)*3)
{
if (Signal < T)
{
T = Signal;
}
}

if(Signal > thresh && Signal > P)
{
P = Signal;
}

if (N > 250)
{
if( (Signal > thresh) && (Pulse == false) && (N > (IBI/5)*3) )
{
}
}
}

```

```

Pulse = true;
digitalWrite(blinkPin,HIGH);
IBI = sampleCounter - lastBeatTime;
lastBeatTime = sampleCounter;

if(secondBeat)
{
    secondBeat = false;
    for(int i=0; i<=9; i++)
    {
        rate[i] = IBI;
    }
}

if(firstBeat)
{
    firstBeat = false;
    secondBeat = true;
    sei();
    return;
}

word runningTotal = 0;

for(int i=0; i<=8; i++)
{
    rate[i] = rate[i+1];
    runningTotal += rate[i];
}

rate[9] = IBI;
runningTotal += rate[9];
runningTotal /= 10;
BPM = 60000/runningTotal;
QS = true;

}

if (Signal < thresh && Pulse == true)
{
    digitalWrite(blinkPin,LOW);
    Pulse = false;
    amp = P - T;
    thresh = amp/2 + T;
    P = thresh;
    T = thresh;
}

```

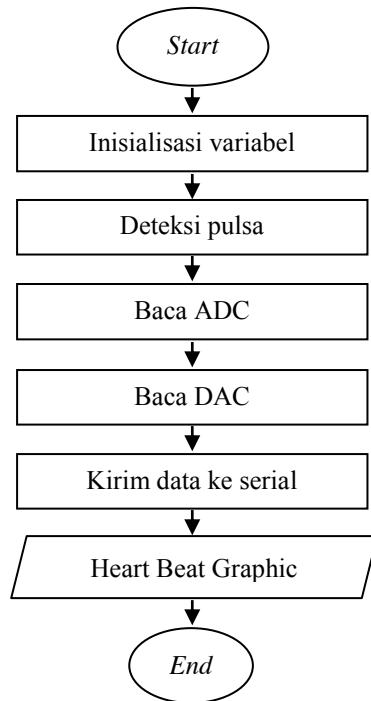
```
if (N > 2500)
{
    thresh = 512;
    P = 512;
    T = 512;
    lastBeatTime = sampleCounter;
    firstBeat = true;
    secondBeat = false;
}

sei();
}
```

Gambar 34. *Sketch* Program Pengukur Denyut Jantung dengan Metode *Photoplethysmography* (PPG)

3) Program Pengukur Denyut Jantung dengan Metode *Electrocardiography* (ECG)

Program untuk *trainer kit* pengukur denyut jantung dengan metode *Electrocardiography* (ECG) ini dibuat menggunakan *software* Arduino. Secara umum prinsip kerja *trainer kit* pengukur denyut jantung dengan metode *Electrocardiography* (ECG) nampak pada Gambar 35.



Gambar 35. *Flowchart* Prinsip Kerja *Trainer Kit* Pengukur Denyut Jantung dengan Metode *Electrocardiography* (ECG)

Prinsip kerja *trainer kit* pengukur denyut jantung dengan metode *Electrocardiography* (ECG) dimulai dengan menginisialisasi variabel yang digunakan pada *sketch* program yang dibuat. Langkah selanjutnya yaitu mendeteksi pulsa pada bagian tubuh yang dipasang sensor. Kemudian membaca ADC, dimana pulsa analog yang telah terdeteksi akan diubah menjadi pulsa digital. Pulsa digital diolah lalu diubah kembali menjadi pulsa analog dengan cara membaca DAC. Selanjutnya data tersebut akan dikirimkan melalui komunikasi serial. Akhirnya data akan tampil pada layar dalam bentuk grafik yang menunjukkan rekaman aktivitas listrik jantung.

Sketch program yang dibuat untuk *trainer kit* pengukur denyut jantung dengan metode *Electrocardiography* (ECG) nampak pada Gambar 36.

```
void setup() {  
  
Serial.begin(9600);  
pinMode(10, INPUT);  
pinMode(11, INPUT);  
  
}  
  
void loop() {  
  
if((digitalRead(10) == 1)|| (digitalRead(11) == 1)){  
Serial.println('!');  
}  
else{  
  
Serial.println(analogRead(A0));  
}  
  
delay(1);  
}
```

Gambar 36. *Sketch Program Pengukur Denyut Jantung dengan Metode *Electrocardiography* (ECG)*

d. Kalibrasi *Trainer Kit*

1) Kalibrasi *Trainer Kit* Pengukur Denyut Jantung dengan Metode *Palpasi*

Kalibrasi *trainer kit* pengukur denyut jantung dengan metode *Palpasi* dilakukan menggunakan aplikasi *stopwatch* yang berada di *handphone* seperti yang nampak pada Gambar 37.



Gambar 37. Kalibrasi *Trainer Kit* Pengukur Denyut Jantung dengan Metode *Palpasi*

Hasil kalibrasi *trainer kit* pengukur denyut jantung dengan metode *Palpasi* dapat dilihat pada Tabel 11. Untuk menghitung tingkat kesalahan (*error rate*) dari *trainer kit* dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut (diadaptasi dari Hashem, *et al*, 2010: 200):

$$E = \frac{[|RA - RM| \times 100]}{RA}$$

Keterangan:

E = *error rate (%)*

RA = *actual time* (detik)

RM = *measured time* (detik)

Stopwatch berperan sebagai *actual time* (RA), sedangkan *trainer kit* pengukur denyut jantung dengan metode *Palpasi* berperan sebagai *measured time* (RM). Saat melakukan kalibrasi, *stopwatch* dan *trainer kit* pengukur denyut jantung dengan metode *Palpasi* harus dilakukan secara bersamaan pada detik ke 0.

Tabel 11. Hasil Kalibrasi *Trainer Kit* Pengukur Denyut Jantung dengan Metode *Palpasi*

Waktu Pengukuran	Hasil Pengukuran		Selisih Pengukuran	Error Rate
	Stopwatch (RA)	Trainer Kit (RM)		
15 detik	15 detik	15 detik	0 detik	0%
30 detik	30 detik	30 detik	0 detik	0%
60 detik	60 detik	60 detik	0 detik	0%

Hasil kalibrasi *trainer kit* pengukur denyut jantung dengan metode *Palpasi* pada Tabel 11 menunjukkan bahwa *error rate* sebesar 0% untuk waktu pengukuran 15 detik, 30 detik, dan 60 detik. Hal ini bisa terjadi karena kecepatan *clock* pada *trainer kit* dapat diatur secara manual dengan cara memutar multturn trimpot resistor (RV1) menggunakan obeng trim. Dengan *error rate* sebesar 0%, maka *trainer kit* pengukur denyut jantung dengan metode *Palpasi* menunjukkan tingkat akurasi yang sangat baik. Hasil kalibrasi *trainer kit* sudah sesuai dengan Cooper (1978: 15) yang menyatakan bahwa tingkat kesalahan (*error rate*) yang masih bisa ditolerir dalam pengukuran yaitu sebesar 0,6745%.

2) Kalibrasi *Trainer Kit* Pengukur Denyut Jantung dengan Metode *Photoplethysmography* (PPG)

Kalibrasi *trainer kit* pengukur denyut jantung dengan metode *Photoplethysmography* (PPG) dilakukan menggunakan instrumentasi medis *Oximeter* seperti yang nampak pada Gambar 38.



Gambar 38. Kalibrasi *Trainer Kit* Pengukur Denyut Jantung dengan Metode *Photoplethysmography* (PPG)

Hasil kalibrasi *trainer kit* pengukur denyut jantung dengan metode *Photoplethysmography* (PPG) dapat dilihat pada Tabel 12. Untuk menghitung tingkat kesalahan (*error rate*) dari *trainer kit* dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut (diadaptasi dari Hashem, *et al*, 2010: 200):

$$E = \frac{[|RA - RM| \times 100]}{RA}$$

Keterangan:

E = *error rate (%)*

RA = *actual heart rate (bpm)*

RM = *measured heart rate (bpm)*

Instrumentasi medis *Oximeter* berperan sebagai *actual heart rate* (RA), sedangkan *trainer kit* pengukur denyut jantung dengan metode *Photoplethysmography* (PPG) berperan sebagai *measured heart rate* (RM). Saat melakukan kalibrasi, instrumentasi medis *Oximeter* dan *trainer kit* pengukur denyut jantung dengan metode *Photoplethysmography* (PPG) harus dilakukan secara bersamaan pada orang yang sama dan kondisi tubuh yang sama. Proses

pengukuran denyut jantung akan dilakukan pada satu jari untuk setiap tangan dengan menggunakan instrumentasi medis yang berbeda. Kalibrasi akan dilakukan kepada tiga orang dengan tiga kali pengukuran untuk setiap orangnya, kemudian hasilnya dirata-ratakan. Untuk menghitung rata-rata *actual heart rate* (RA) dan rata-rata *measured heart rate* (RM) digunakan pembulatan satuan dari hasil tiga kali pengukuran, sebab tidak ada denyut jantung yang bernilai desimal.

Tabel 12. Hasil Kalibrasi *Trainer Kit* Pengukur Denyut Jantung dengan Metode *Photoplethysmography* (PPG)

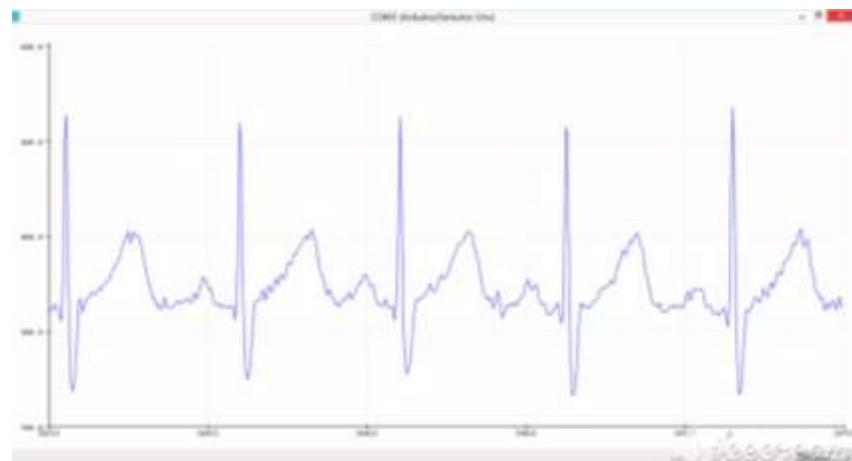
No	Nama	Hasil Pengukuran							Error Rate	
		Oximeter (RA)			Rata-Rata (RA)	Trainer Kit (RM)				
		1	2	3		1	2	3		
1	Zaki	83 bpm	85 bpm	85 bpm	84 bpm	85 bpm	86 bpm	85 bpm	85 bpm 1,19%	
2	Yudi	75 bpm	77 bpm	84 bpm	79 bpm	75 bpm	80 bpm	82 bpm	79 bpm 0%	
3	Suyat	76 bpm	75 bpm	77 bpm	76 bpm	74 bpm	76 bpm	77 bpm	76 bpm 0%	
Rata-Rata Error Rate									0,40%	

Hasil kalibrasi *trainer kit* pengukur denyut jantung dengan metode *Photoplethysmography* (PPG) pada Tabel 12 menunjukkan bahwa *error rate* sebesar 0,40%. Dengan *error rate* sebesar 0,40%, maka *trainer kit* pengukur denyut jantung dengan metode *Photoplethysmography* (PPG) menunjukkan tingkat akurasi yang baik. Hasil kalibrasi *trainer kit* sudah sesuai dengan Cooper (1978: 15) yang menyatakan bahwa tingkat kesalahan (*error rate*) yang masih bisa ditolerir dalam pengukuran yaitu sebesar 0,6745%. Pada setiap pengukuran hasilnya ada yang sama dan ada pula yang berbeda antara *actual heart rate* (RA) dengan *measured heart rate* (RM). *Error* dalam hasil pengukuran terjadi karena adanya *motion artifacts* yang disebabkan oleh gerakan jari tangan yang sedang dilakukan pengukuran. *Motion artifacts* pada jari tangan akan berpengaruh

terhadap intensitas cahaya yang terdeteksi oleh sensor. Hal ini dapat terjadi karena sensor yang digunakan pada *trainer kit* bersifat sensitif.

3) Kalibrasi *Trainer Kit* Pengukur Denyut Jantung dengan Metode *Electrocardiography* (ECG)

Kalibrasi *trainer kit* pengukur denyut jantung dengan metode *Electrocardiography* (ECG) tidak dilakukan karena peneliti menemui kesulitan dalam memperoleh instrumentasi medis *Electrocardiography* (ECG). Instrumentasi medis ini hanya terdapat di tempat-tempat tertentu saja seperti di Rumah Sakit. Peneliti sulit mendapatkan izin dari pihak Rumah Sakit untuk meminjam instrumentasi medis tersebut guna keperluan penelitian. Instrumentasi medis yang berada di Rumah Sakit hanya digunakan untuk keperluan diagnosis pasien saja. Selain itu, peneliti juga tidak mampu untuk membeli instrumentasi medis ini karena harganya yang mahal. Oleh sebab itu peneliti tidak melakukan kalibrasi untuk *trainer kit* pengukur denyut jantung dengan metode *Electrocardiography* (ECG). Meskipun *trainer kit* pengukur denyut jantung dengan metode *Electrocardiography* (ECG) tidak di kalibrasi dan belum diketahui tingkat akurasi pengukurannya, namun secara umum hasil pengukurannya dapat terlihat cukup jelas dari pola gelombang grafik ECG yang ditampilkan pada *software* Arduino, meskipun terdapat *noise* pada gelombangnya. Pola gelombang grafik ECG tersebut nampak pada Gambar 39.





Gambar 40. Pengukuran Denyut Jantung dengan Metode *Palpasi*

2) Hasil Pengukuran Denyut Jantung dengan Metode

Photoplethysmography (PPG)

Pengukuran denyut jantung dengan metode *Photoplethysmography (PPG)* nampak pada Gambar 41. Objek pengukuran denyut jantung dilakukan pada salah satu jari tangan yang akan dililitkan *pulse heart rate sensor* menggunakan *velcro finger strap*. Pengukuran ini dilakukan oleh setiap orang secara bergantian dengan mengambil dua sampel hasil pengukuran denyut jantung yang memiliki minimal tiga nilai yang sama secara berurutan.



Gambar 41. Pengukuran Denyut Jantung dengan Metode *Photoplethysmography (PPG)*

3) Hasil Pengukuran Denyut Jantung dengan Metode *Electrocardiography* (ECG)

Pengukuran denyut jantung dengan metode *Electrocardiography* (ECG) nampak pada Gambar 42. Objek pengukuran denyut jantung dilakukan pada lengan kanan, lengan kiri, dan kaki kanan yang ditempelkan elektroda Ag-AgCl. Pengukuran ini dilakukan oleh setiap orang secara bergantian dengan mengambil dua sampel rekaman ECG sepanjang 6 detik, kemudian hitung jumlah gelombang QRS dan kalikan dengan 10.



Gambar 42. Pengukuran Denyut Jantung dengan Metode *Electrocardiography* (ECG)

f. *Layout Manual Book Trainer Kit*

Layout manual book trainer kit pada bagian *cover* akan ditampilkan judul *manual book trainer kit*, gambar yang merepresentasikan *manual book trainer kit*, nama penulis *manual book trainer kit*, nama program studi, nama fakultas, nama universitas, logo universitas, dan tahun pembuatan *manual book trainer kit*. *Layout manual book trainer kit* pada bagian kata pengantar akan ditulis ucapan syukur, status penulis, dan deskripsi singkat *manual book trainer kit*. *Layout*

manual book trainer kit pada bagian daftar isi akan ditulis daftar halaman untuk setiap bagian yang terdapat pada *manual book trainer kit*.

Layout manual book trainer kit pada bagian *trainer kit 1*, *trainer kit 2*, dan *trainer kit 3* akan ditampilkan *header*, materi *manual book trainer kit*, dan *footer*.

Layout manual book trainer kit pada bagian *header* akan ditampilkan logo universitas, nama program studi, nama fakultas, nama universitas, semester, judul *trainer kit*, waktu, pertemuan, revisi, tanggal, dan halaman. *Layout manual book trainer kit* pada bagian materi akan ditulis tampilan *trainer kit*, komponen *trainer kit*, dan petunjuk penggunaan *trainer kit*. *Layout manual book trainer kit* pada bagian *footer* akan ditampilkan nama penulis *manual book trainer kit*, peraturan legalitas, dan nama *reviewer manual book trainer kit*.

Layout manual book trainer kit pada bagian daftar pustaka akan ditulis daftar sumber-sumber referensi yang digunakan dalam penulisan *manual book trainer kit*. *Layout manual book trainer kit* pada bagian lampiran akan ditampilkan skematik rangkaian dan *data sheet* rangkaian.

g. Judul-Judul *Manual Book Trainer Kit*

Secara umum *manual book trainer kit* diberi judul Pengukur Denyut Jantung. Di dalam *manual book trainer kit* ini terdapat beberapa judul untuk setiap metode pengukurannya seperti yang nampak pada Tabel 13.

Tabel 13. Judul *Manual Book Trainer Kit*

No	Judul <i>Manual Book Trainer Kit</i>	Deskripsi
1	Pengukur Denyut Jantung dengan Metode <i>Palpasi</i>	Pada bagian ini akan dijelaskan mengenai tampilan <i>trainer kit</i> , komponen <i>trainer kit</i> , dan petunjuk penggunaan <i>trainer kit</i> yang berkaitan

No	Judul <i>Manual Book Trainer Kit</i>	Deskripsi
		dengan pengukur denyut jantung dengan metode <i>Palpasi</i> .
2	Pengukur Denyut Jantung dengan Metode <i>Photoplethysmography</i> (PPG)	Pada bagian ini akan dijelaskan mengenai tampilan <i>trainer kit</i> , komponen <i>trainer kit</i> , dan petunjuk penggunaan <i>trainer kit</i> yang berkaitan dengan pengukur denyut jantung dengan metode <i>Photoplethysmography</i> (PPG).
3	Pengukur Denyut Jantung dengan Metode <i>Electrocardiography</i> (ECG)	Pada bagian ini akan dijelaskan mengenai tampilan <i>trainer kit</i> , komponen <i>trainer kit</i> , dan petunjuk penggunaan <i>trainer kit</i> yang berkaitan dengan pengukur denyut jantung dengan metode <i>Electrocardiography</i> (ECG).

h. Skematik Rangkaian

Ada empat skematik rangkaian yang terdapat pada *manual book trainer kit*, yaitu skematik *stopwatch* yang terdapat pada Lampiran 6a, skematik Arduino Uno yang terdapat pada Lampiran 6b, skematik *pulse heart rate sensor* yang terdapat pada Lampiran 6c, dan skematik AD8232 *heart monitor* yang terdapat pada Lampiran 6d. Skematik rangkaian ini diperoleh dari media *online* yang disajikan secara utuh dan ada pula yang dimodifikasi dan disesuaikan dengan kebutuhan *trainer kit*. Skematik rangkaian ini terdapat pada bagian lampiran pada *manual book trainer kit*.

i. Data Sheet Rangkaian

Ada tiga *data sheet* rangkaian yang terdapat pada *manual book trainer kit*, yaitu *data sheet* Arduino Uno, *data sheet* *pulse heart rate sensor*, dan *data sheet* AD8232 *heart monitor*. *Data sheet* rangkaian ini diperoleh dari media *online* yang digunakan untuk memperjelas setiap bagian yang terdapat pada skematik

rangkaian. *Data sheet* rangkaian ini terdapat pada bagian lampiran pada *manual book trainer kit*.

j. Materi *Manual Book Trainer Kit*

Materi pada *manual book trainer kit* disusun berdasarkan spesifikasi *trainer kit* pengukur denyut jantung yang telah dibuat.

k. *Layout Job Sheet*

Layout job sheet pada bagian *cover* akan ditampilkan judul *job sheet*, gambar yang merepresentasikan *job sheet*, nama penulis *job sheet*, nama program studi, nama fakultas, nama universitas, logo universitas, dan tahun pembuatan *job sheet*. *Layout job sheet* pada bagian kata pengantar akan ditulis ucapan syukur, status penulis, dan deskripsi singkat *job sheet*. *Layout job sheet* pada bagian daftar isi akan ditulis daftar halaman untuk setiap bagian yang terdapat pada *job sheet*. *Layout job sheet* pada bagian peraturan umum praktikum akan ditulis peraturan umum, kelengkapan praktikum, persiapan praktikum, pergantian jadwal, dan sanksi.

Layout job sheet pada bagian *job sheet 1*, *job sheet 2*, dan *job sheet 3* akan ditampilkan *header*, materi *job sheet*, dan *footer*. *Layout job sheet* pada bagian *header* akan ditampilkan logo universitas, nama program studi, nama fakultas, nama universitas, semester, judul *job sheet*, waktu, pertemuan, revisi, tanggal, dan halaman. *Layout job sheet* pada bagian materi akan ditulis kompetensi pembelajaran, tujuan pembelajaran, masalah pembelajaran, dasar teori, alat dan bahan, keselamatan kerja, langkah kerja, bahan diskusi, penilaian, dan daftar

pustaka. *Layout job sheet* pada bagian *footer* akan ditampilkan nama penulis *job sheet*, peraturan legalitas, dan nama *reviewer job sheet*.

Layout job sheet pada bagian lampiran akan ditampilkan tiga jenis lampiran, yaitu kaki-kaki *input output* rangkaian, instruksi program, dan glosarium.

I. Judul-Judul Job Sheet

Secara umum *job sheet* yang dikembangkan ini diberi judul Praktik Elektronika Medis. Di dalam *job sheet* ini terdapat beberapa judul *job sheet* untuk setiap kegiatan praktikumnya seperti yang nampak pada Tabel 14.

Tabel 14. Judul *Job Sheet* Praktik Elektronika Medis

No	Judul Job Sheet	Deskripsi
1	Pengukuran Denyut Jantung dengan Metode <i>Palpasi</i>	Pada praktikum ini mahasiswa akan mengukur denyut jantung dengan cara meraba denyut arteri.
2	Pengukuran Denyut Jantung dengan Metode <i>Photoplethysmography</i> (PPG)	Pada praktikum ini mahasiswa akan mengukur denyut jantung dengan menggunakan teknologi optik sebagai sensornya.
3	Pengukuran Denyut Jantung dengan Metode <i>Electrocardiography</i> (ECG)	Pada praktikum ini mahasiswa akan mengukur denyut jantung dengan menggunakan elektroda sebagai sensornya.

m. Kompetensi Pembelajaran

Kompetensi pembelajaran yang disajikan dalam *job sheet* yaitu mengukur denyut jantung yang berasal dari tubuh manusia. Dengan kompetensi ini, mahasiswa dilatih untuk terampil dalam mengoperasikan instrumentasi medis untuk mengukur denyut jantung dengan berbagai metode pengukuran yang biasa

dilakukan oleh para ahli medis seperti metode *Palpasi*, *Photoplethysmography* (PPG), dan *Electrocardiography* (ECG).

n. Instrumen Penilaian

Instrumen penilaian pada pembelajaran Praktik Elektronika Medis digunakan sebagai alat ukur untuk menilai proses dan hasil belajar mahasiswa dalam kegiatan praktikum. Terdapat dua jenis instrumen yang digunakan dalam pembelajaran Praktik Elektronika Medis, yaitu instrumen tes dan instrumen non tes. Instrumen tes akan mengevaluasi aspek kognitif mahasiswa, sedangkan instrumen non tes akan mengevaluasi aspek afektif dan psikomotor mahasiswa. Aspek kognitif akan menilai pengetahuan mahasiswa menggunakan beberapa soal dalam bentuk tabel pengamatan, tabel pengukuran, dan pertanyaan uraian (*essay*) yang terdapat pada *job sheet*. Aspek afektif akan menilai sikap mahasiswa dan aspek psikomotorik akan menilai keterampilan mahasiswa menggunakan lembar observasi. Evaluasi pembelajaran ini dilakukan pada setiap kegiatan praktikum yang bertujuan untuk mengetahui sudah sampai sejauh mana mahasiswa mencapai kompetensinya.

1) Indikator dan Kriteria Penilaian Praktik Elektronika Medis

a) Penilaian untuk Aspek Kognitif

Terdapat empat indikator penilaian untuk menilai aspek kognitif mahasiswa pada pembelajaran Praktik Elektronika Medis. Keempat indikator penilaian tersebut yaitu: (1) laporan praktikum dari hasil pengamatan; (2) laporan praktikum dari hasil pengukuran; (3) laporan praktikum dari hasil diskusi; dan (4)

presentasi kelompok. Laporan praktikum dari hasil pengamatan berisi jawaban mahasiswa dari bagian masalah pembelajaran yang terdapat pada *job sheet*. Laporan praktikum dari hasil pengukuran berisi jawaban mahasiswa dari bagian langkah kerja yang terdapat pada *job sheet*. Laporan praktikum dari hasil diskusi berisi jawaban mahasiswa dari bagian bahan diskusi yang terdapat pada *job sheet*. Presentasi kelompok berisi pemaparan mahasiswa terhadap hasil praktikum secara keseluruhan. Setiap indikator penilaian memiliki empat kriteria penilaian dengan rentang nilai 1 sampai dengan 4 seperti yang nampak pada Tabel 15.

Tabel 15. Indikator dan Kriteria Penilaian Mahasiswa untuk Aspek Kognitif

No	Indikator Penilaian	Kriteria Penilaian			
		Nilai 1	Nilai 2	Nilai 3	Nilai 4
1	Laporan praktikum dari hasil pengamatan	Mahasiswa melaporkan hasil pengamatan dengan sangat salah	Mahasiswa melaporkan hasil pengamatan dengan salah	Mahasiswa melaporkan hasil pengamatan dengan benar	Mahasiswa melaporkan hasil pengamatan dengan sangat benar
2	Laporan praktikum dari hasil pengukuran	Mahasiswa melaporkan hasil pengukuran dengan sangat salah	Mahasiswa melaporkan hasil pengukuran dengan salah	Mahasiswa melaporkan hasil pengukuran dengan benar	Mahasiswa melaporkan hasil pengukuran dengan sangat benar
3	Laporan praktikum dari hasil diskusi	Mahasiswa menjawab satu bahan diskusi dengan benar	Mahasiswa menjawab dua bahan diskusi dengan benar	Mahasiswa menjawab tiga bahan diskusi dengan benar	Mahasiswa menjawab empat bahan diskusi dengan benar
4	Presentasi kelompok	Mahasiswa mempresentasikan hasil praktikum dengan sangat tidak jelas	Mahasiswa mempresentasikan hasil praktikum dengan tidak jelas	Mahasiswa mempresentasikan hasil praktikum dengan jelas	Mahasiswa mempresentasikan hasil praktikum dengan sangat jelas

b) Penilaian untuk Aspek Psikomotor

Terdapat empat indikator penilaian untuk menilai aspek psikomotor mahasiswa pada pembelajaran Praktik Elektronika Medis. Keempat indikator

penilaian tersebut yaitu: (1) menyiapkan alat dan bahan praktikum; (2) merangkai alat dan bahan praktikum; (3) mengukur denyut jantung; dan (4) mengklasifikasikan hasil pengukuran denyut jantung. Menyiapkan alat dan bahan praktikum berarti mahasiswa menyiapkan semua alat dan bahan yang diperlukan untuk kegiatan praktikum. Merangkai alat dan bahan praktikum berarti mahasiswa menyusun semua alat dan bahan praktikum yang telah disiapkan sebelumnya sampai *trainer kit* siap digunakan untuk pembelajaran praktikum. Mengukur denyut jantung berarti mahasiswa melakukan pengukuran denyut jantung berdasarkan metode pengukuran yang telah ditentukan. Mengklasifikasikan hasil pengukuran denyut jantung berarti mahasiswa mengelompokkan hasil pengukuran denyut jantung yang telah dilakukan. Setiap indikator penilaian memiliki empat kriteria penilaian dengan rentang nilai 1 sampai dengan 4 seperti yang nampak pada Tabel 16.

Tabel 16. Indikator dan Kriteria Penilaian Mahasiswa untuk Aspek Psikomotor

No	Indikator Penilaian	Kriteria Penilaian			
		Nilai 1	Nilai 2	Nilai 3	Nilai 4
1	Menyiapkan alat dan bahan praktikum	Mahasiswa menyiapkan alat dan bahan praktikum dengan sangat tidak lengkap	Mahasiswa menyiapkan alat dan bahan praktikum dengan tidak lengkap	Mahasiswa menyiapkan alat dan bahan praktikum dengan lengkap	Mahasiswa menyiapkan alat dan bahan praktikum dengan sangat lengkap
2	Merangkai alat dan bahan praktikum	Mahasiswa merangkai alat dan bahan praktikum dengan sangat salah	Mahasiswa merangkai alat dan bahan praktikum dengan salah	Mahasiswa merangkai alat dan bahan praktikum dengan benar	Mahasiswa merangkai alat dan bahan praktikum dengan sangat benar
3	Mengukur denyut jantung	Mahasiswa mengukur denyut jantung dengan prosedur yang sangat salah	Mahasiswa mengukur denyut jantung dengan prosedur yang salah	Mahasiswa mengukur denyut jantung dengan prosedur yang benar	Mahasiswa mengukur denyut jantung dengan prosedur yang sangat benar
4	Mengklasifikasi hasil	Mahasiswa mengklasifikasikan hasil	Mahasiswa mengklasifikasikan hasil	Mahasiswa mengklasifikasikan hasil	Mahasiswa mengklasifikasikan hasil

No	Indikator Penilaian	Kriteria Penilaian			
		Nilai 1	Nilai 2	Nilai 3	Nilai 4
	pengukuran denyut jantung	pengukuran denyut jantung dengan sangat salah	pengukuran denyut jantung dengan salah	pengukuran denyut jantung dengan benar	pengukuran denyut jantung dengan sangat benar

c) Penilaian untuk Aspek Afektif

Terdapat empat indikator penilaian untuk menilai aspek afektif mahasiswa pada pembelajaran Praktik Elektronika Medis. Keempat indikator penilaian tersebut yaitu: (1) disiplin terhadap peraturan umum praktikum; (2) aktif selama proses pembelajaran praktikum; (3) tanggung jawab terhadap pemakaian alat dan bahan praktikum; dan (4) jujur dalam menulis hasil laporan praktikum. Disiplin terhadap peraturan umum praktikum berarti mahasiswa menaati setiap peraturan yang telah ditentukan selama melaksanakan kegiatan praktikum. Aktif selama proses pembelajaran praktikum berarti mahasiswa bersikap responsif terhadap permasalahan pembelajaran yang diberikan pada kegiatan praktikum. Tanggung jawab terhadap pemakaian alat dan bahan praktikum berarti mahasiswa berani menanggung konsekuensi terhadap apa yang telah mereka lakukan selama proses pelaksanaan kegiatan praktikum. Jujur dalam menulis hasil laporan praktikum berarti mahasiswa melaporkan hasil praktikum apa adanya sesuai dengan apa yang telah mereka kerjakan. Setiap indikator penilaian memiliki empat kriteria penilaian dengan rentang nilai 1 sampai dengan 4 seperti yang nampak pada Tabel 17.

Tabel 17. Indikator dan Kriteria Penilaian Mahasiswa untuk Aspek Afektif

No	Indikator Penilaian	Kriteria Penilaian			
		Nilai 1	Nilai 2	Nilai 3	Nilai 4
1	Disiplin terhadap peraturan	Mahasiswa sangat tidak disiplin terhadap	Mahasiswa tidak disiplin terhadap	Mahasiswa disiplin terhadap peraturan umum	Mahasiswa sangat disiplin terhadap

No	Indikator Penilaian	Kriteria Penilaian			
		Nilai 1	Nilai 2	Nilai 3	Nilai 4
	umum praktikum	peraturan umum praktikum	peraturan umum praktikum	praktikum	peraturan umum praktikum
2	Aktif selama proses pembelajaran praktikum	Mahasiswa sangat tidak aktif selama proses pembelajaran praktikum	Mahasiswa tidak aktif selama proses pembelajaran praktikum	Mahasiswa aktif selama proses pembelajaran praktikum	Mahasiswa sangat aktif selama proses pembelajaran praktikum
3	Tanggung jawab terhadap pemakaian alat dan bahan praktikum	Mahasiswa sangat tidak bertanggung jawab terhadap pemakaian alat dan bahan praktikum	Mahasiswa tidak bertanggung jawab terhadap pemakaian alat dan bahan praktikum	Mahasiswa bertanggung jawab terhadap pemakaian alat dan bahan praktikum	Mahasiswa sangat bertanggung jawab terhadap pemakaian alat dan bahan praktikum
4	Jujur dalam menulis hasil laporan praktikum	Mahasiswa sangat tidak jujur dalam menulis hasil laporan praktikum	Mahasiswa tidak jujur dalam menulis hasil laporan praktikum	Mahasiswa jujur dalam menulis hasil laporan praktikum	Mahasiswa sangat jujur dalam menulis hasil laporan praktikum

2) Instrumen Penilaian Praktik Elektronika Medis

a) Instrumen Penilaian Kognitif

Instrumen penilaian kognitif digunakan sebagai alat untuk menilai pengetahuan mahasiswa pada pembelajaran Praktik Elektronika Medis. Instrumen penilaian mahasiswa untuk aspek kognitif nampak pada Tabel 18.

Tabel 18. Instrumen Penilaian Mahasiswa untuk Aspek Kognitif

No	Nama Mahasiswa	Nilai Mahasiswa				Jumlah Nilai
		Indikator Penilaian 1	Indikator Penilaian 2	Indikator Penilaian 3	Indikator Penilaian 4	
1						
2						
3						
4						

Keterangan:

- Indikator penilaian 1 tentang laporan praktikum dari hasil pengamatan
- Indikator penilaian 2 tentang laporan praktikum dari hasil pengukuran

- c. Indikator penilaian 3 tentang laporan praktikum dari hasil diskusi
- d. Indikator penilaian 4 tentang presentasi kelompok

Rumus Penilaian:

$$\text{Nilai kognitif} = \frac{\text{Jumlah Nilai}}{\text{Nilai Maksimum}} \times 100$$

$$\text{Nilai akhir kognitif} = \text{Nilai kognitif} \times 30\%$$

b) Instrumen Penilaian Psikomotor

Instrumen penilaian psikomotor digunakan sebagai alat untuk menilai keterampilan mahasiswa pada pembelajaran Praktik Elektronika Medis. Instrumen penilaian mahasiswa untuk aspek psikomotor nampak pada Tabel 19.

Tabel 19. Instrumen Penilaian Mahasiswa untuk Aspek Psikomotor

No	Nama Mahasiswa	Nilai Mahasiswa				Jumlah Nilai
		Indikator Penilaian 1	Indikator Penilaian 2	Indikator Penilaian 3	Indikator Penilaian 4	
1						
2						
3						
4						

Keterangan:

- a. Indikator penilaian 1 tentang menyiapkan alat dan bahan praktikum
- b. Indikator penilaian 2 tentang merangkai alat dan bahan praktikum
- c. Indikator penilaian 3 tentang mengukur denyut jantung
- d. Indikator penilaian 4 tentang mengklasifikasikan hasil pengukuran denyut jantung

Rumus Penilaian:

$$\text{Nilai psikomotor} = \frac{\text{Jumlah Nilai}}{\text{Nilai Maksimum}} \times 100$$

$$\text{Nilai akhir psikomotor} = \text{Nilai psikomotor} \times 60\%$$

c) Instrumen Penilaian Afektif

Instrumen penilaian afektif digunakan sebagai alat untuk menilai sikap mahasiswa pada pembelajaran Praktik Elektronika Medis. Instrumen penilaian mahasiswa untuk aspek afektif nampak pada Tabel 20.

Tabel 20. Instrumen Penilaian Mahasiswa untuk Aspek Afektif

No	Nama Mahasiswa	Nilai Mahasiswa				Jumlah Nilai
		Indikator Penilaian 1	Indikator Penilaian 2	Indikator Penilaian 3	Indikator Penilaian 4	
1						
2						
3						
4						

Keterangan:

- a. Indikator penilaian 1 tentang disiplin terhadap peraturan umum praktikum
- b. Indikator penilaian 2 tentang aktif selama proses pembelajaran praktikum
- c. Indikator penilaian 3 tentang tanggung jawab terhadap pemakaian alat dan bahan praktikum
- d. Indikator penilaian 4 tentang jujur dalam menulis hasil laporan praktikum

Rumus Penilaian:

$$\text{Nilai afektif} = \frac{\text{Jumlah Nilai}}{\text{Nilai Maksimum}} \times 100$$

$$\text{Nilai akhir afektif} = \text{Nilai afektif} \times 10\%$$

Bobot penilaian untuk setiap aspek berbeda-beda. Bobot penilaian untuk aspek kognitif sebesar 30%, bobot penilaian untuk aspek psikomotor sebesar 60%, dan bobot penilaian untuk aspek afektif sebesar 10%. Nilai akhir yang diperoleh mahasiswa dari ketiga aspek tersebut dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{Nilai akhir} = \text{Nilai akhir kognitif} + \text{Nilai akhir psikomotor} + \text{Nilai akhir afektif}$$

Nilai akhir yang diperoleh mahasiswa tersebut kemudian dilakukan konversi. Aturan konversi nilai mahasiswa nampak pada Tabel 21.

Tabel 21. Aturan Konversi Nilai Mahasiswa

Nilai Akhir	Konversi Nilai
86 - 100	A
81 - 85	A-
76 - 80	B+
71 - 75	B
66 - 70	B-
61 - 65	C+
56 - 60	C
41 - 55	D
0 - 40	E

o. Materi *Job Sheet*

Materi yang terdapat pada *job sheet* yaitu tentang Elektronika Medis, khususnya yang berkaitan dengan pengukuran denyut jantung baik dengan metode *Palpasi*, *Photoplethysmography* (PPG), dan *Electrocardiography* (ECG). Materi pada *job sheet* ini diambil dari beberapa sumber referensi seperti yang nampak pada Tabel 22.

Tabel 22. Sumber Referensi yang Digunakan untuk Menyusun *Job Sheet*

Sumber Referensi	Judul	Penulis
Buku	Anatomi dan Fisiologi untuk Paramedis	Evelyn C. Pearce
	Auskultasi Jantung	Richard W. D. Turner & Ronald G. Gold
	<i>Basic Trauma Cardiac Life Support</i>	Sudiharto & Sartono
	<i>Biomedical Digital Signal Processing</i>	Willis J. Tompkins
	<i>Biomedical Instrumentation</i>	R. S. Khandpur
	<i>Biomedical Signal Analysis</i>	Rangaraj M. Rangayyan
	<i>Biomedical Signal and Image Processing</i>	Kayvan Najarian & Robert Splinter
	BTCLS + AED	Tim GTC
	Ensiklopedia Tubuh Manusia	Steve Parker
	<i>Introduction to Biomedical Engineering</i>	Jhon D. Enderle & Joseph D. Bronzino
	<i>Medical Instrumentation Application and Design</i>	John G. Webster
Artikel Jurnal	Panduan Praktis Mempelajari Aplikasi Mikrokontroler dan Pemrogramannya Menggunakan Arduino	Abdul Kadir
	<i>Advances in Photoplethysmography Signal Analysis for Biomedical Applications</i>	Jermana L. Moraes, Matheus X. Rocha, Glauber G. Vasconcelos, Jose E. Vasconcelos Filho, Victor Hugo C. de Albuquerque, & Auzuir R. Alexandria
	<i>A Review on Wearable Photoplethysmography Sensors and Their Potential Future Applications in Health Care</i>	Denisse Castaneda, Aibhlin Esparza, Mohammad Ghamari, Cinna Soltanpur, & Homer Nazeran
	Pengembangan Trainer Indikator Denyut Jantung	Pipit Utami & Muklas Fajar
	Rancang Bangun <i>Photoplethysmography</i> (PPG) Tipe Gelang Tangan untuk Menghitung Detak Jantung Berbasis Arduino	Riza Yulian & Bambang Suprianto
	<i>Wearable Photoplethysmographic Sensors - Past and Present</i>	Toshiyo Tamura, Yuka Maeda, Masaki Sekine, & Masaki Yoshida

Setelah *trainer kit* dan *job sheet* dibuat, maka peneliti akan melakukan *alpha testing* kepada dua orang ahli media dan dua orang ahli materi, kemudian melakukan revisi awal terkait dengan produk yang dikembangkan berdasarkan saran dari para ahli. Setelah mendapatkan persetujuan dari para ahli, maka peneliti akan melakukan *beta testing* kepada empat orang mahasiswa, kemudian melakukan revisi akhir terkait dengan produk yang dikembangkan berdasarkan respon dari mahasiswa. Untuk *alpha testing* dan *beta testing* akan dibahas lebih lanjut pada subbab hasil uji coba produk, sedangkan untuk revisi awal dan revisi akhir akan dibahas lebih lanjut pada subbab revisi produk.

B. Hasil Uji Coba Produk

1. *Alpha Testing*

Hasil *alpha testing* menunjukkan bahwa menurut kedua ahli media dan kedua ahli materi terdapat beberapa hal yang harus diperbaiki terkait dengan *trainer kit* dan *job sheet* yang dikembangkan. Beberapa hal tersebut yaitu:

- a. Tuliskan kalimat “*trainer kit* pengukur denyut jantung” di bagian Alat dan Bahan pada *job sheet*!
- b. Konfirmasi kembali lamanya waktu pelaksanaan pembelajaran praktikum!
- c. Perjelas label pada gambar di *job sheet*!
- d. Tuliskan status penulis sebagai mahasiswa S2 PTEI di bagian Kata Pengantar pada *job sheet*!
- e. Cek kembali kebenaran lamanya waktu pengukuran denyut arteri dengan metode *Palpasi*!
- f. Perbaiki cara pengutipan pada *job sheet*!

- g. Ubah ukuran huruf untuk *sketch* program menjadi lebih kecil dan beri pembatas yang menunjukkan bahwa itu merupakan *sketch* program!
- h. Ubah kalimat “selisih pengukuran dimutlakan” pada hasil pengukuran di bagian Langkah Kerja pada *job sheet*!
- i. Sediakan *input* tegangan pada *trainer kit* dari sumber listrik PLN!
- j. Ubah ukuran *manual book trainer kit* menjadi A5 dengan orientasi *portrait*!

2. **Beta Testing**

Hasil *beta testing* menunjukkan bahwa respon dari keempat mahasiswa memberikan beberapa masukan terkait dengan *trainer kit* dan *job sheet* yang telah mereka gunakan. Beberapa masukan tersebut yaitu:

- a. Permudah penggunaan bahasa pada *job sheet*!
- b. Rapikan kembali *soldering* pada *trainer kit* pengukur denyut jantung dengan metode *Photoplethysmography* (PPG) supaya kuat dan dapat dipakai secara kontinyu!

C. Revisi Produk

1. Revisi Awal

Berdasarkan hasil dari *alpha testing*, revisi awal yang dilakukan yaitu:

- a. Kalimat “*trainer kit* pengukur denyut jantung” telah dituliskan di bagian Alat dan Bahan pada *job sheet*.
- b. Lamanya waktu pelaksanaan pembelajaran Praktik Elektronika Medis yaitu 2 SKS, di mana 2 SKS untuk pembelajaran praktikum sama dengan 4×50 menit.

- c. Label pada gambar di *job sheet* sudah diperjelas dengan cara mengedit gambar dari *brightness*, *contrast*, *saturation*, sampai kepada membuat ulang label.
- d. Status penulis sebagai mahasiswa S2 PTEI telah dituliskan di bagian Kata Pengantar pada *job sheet*.
- e. Untuk lamanya waktu pengukuran denyut arteri dengan metode *Palpasi*, para ahli medis biasanya mengukur denyut arteri selama 15 detik, namun untuk keperluan pembelajaran maka dilakukan waktu pengukuran yang lainnya, yaitu 30 detik dan 60 detik.
- f. Pengutipan pada *job sheet* sudah diperbaiki dengan cara tidak memberikan *space* antara akhir kalimat yang dikutip dengan nomor pengutipan.
- g. Ukuran huruf untuk *sketch* program telah diubah menjadi 10 *point* dan ditulis di dalam kolom yang menunjukkan bahwa itu merupakan *sketch* program.
- h. Kalimat “selisih pengukuran dimutlakan” telah diubah menjadi “selisih pengukuran bernilai positif” pada hasil pengukuran di bagian Langkah Kerja pada *job sheet*.
- i. *Input* tegangan pada *trainer kit* dari sumber listrik PLN telah disediakan secara terpisah dengan *trainer kit* karena bersifat *optional*. *Input* tegangan yang telah disediakan yaitu *power supply* 12V 3A untuk rangkaian *stopwatch* serta adapter 9V 2A untuk Arduino Uno.
- j. Ukuran *manual book trainer kit* telah diubah menjadi A5 dengan orientasi *portrait*.

2. Revisi Akhir

Berdasarkan hasil dari *beta testing*, revisi akhir yang dilakukan yaitu:

- a. Penggunaan bahasa atau istilah asing yang terdapat pada *job sheet* dijelaskan pada bagian Glosarium.
- b. *Soldering* pada *trainer kit* pengukur denyut jantung dengan metode *Photoplethysmography* (PPG) telah dirapikan sehingga dapat dipakai secara kontinyu.

D. Kajian Produk Akhir

1. *Trainer Kit Pengukur Denyut Jantung dengan Metode Palpasi*

Trainer kit pengukur denyut jantung dengan metode *Palpasi* berfungsi sebagai pengukur waktu selama 60 detik. *Trainer kit* dapat dikendalikan secara manual sehingga mudah untuk disesuaikan dengan kebutuhan. Cara kerja *trainer kit* dimulai dengan menekan tombol *on* dan diakhiri dengan menekan tombol *off*. *Trainer kit* dapat diset ulang dengan menekan tombol *reset*. Hasil pengukuran denyut jantung ditampilkan pada dua buah *seven segment*. Bagian *trainer kit* yang digunakan untuk mengukur denyut jantung dengan metode *Palpasi* ditandai dengan garis berwarna merah. Produk akhir *trainer kit* pengukur denyut jantung dengan metode *Palpasi* nampak pada Gambar 43.



Gambar 43. Produk Akhir *Trainer Kit* Pengukur Denyut Jantung dengan Metode *Palpasi*

Cara mengoperasikan *trainer kit* pengukur denyut jantung dengan metode *Palpasi* yaitu hubungkan rangkaian *stopwatch* dengan *battery* sebagai sumber tegangan. *Seven segment* dan LED merah akan menyala ketika rangkaian *stopwatch* sudah mendapatkan *input* tegangan dari *battery*. Tekan tombol *on/off* untuk memulai atau mengakhiri pengukuran waktu. Tekan tombol *reset* untuk mengatur ulang pengukuran waktu. Putar multiturn trimpot resistor (RV1) untuk mengatur kecepatan waktu.

Sebelum rangkaian *stopwatch* digunakan sebagai pengukur waktu untuk mengukur denyut jantung dengan metode *Palpasi*, lakukan kalibrasi terlebih dahulu dengan *stopwatch* yang asli. Atur kecepatan waktu pada rangkaian *stopwatch* dengan cara memutar multiturn trimpot resistor (RV1) menggunakan obeng trim. Jika rangkaian *stopwatch* sudah di kalibrasi, maka pengukuran denyut jantung dengan metode *Palpasi* dapat dilakukan.

2. Trainer Kit Pengukur Denyut Jantung dengan Metode

Photoplethysmography (PPG)

Trainer kit pengukur denyut jantung dengan metode

Photoplethysmography (PPG) dapat digunakan untuk menghitung denyut jantung melalui sistem peredaran darah di dalam tubuh. *Trainer kit* menggunakan sensor cahaya LED dan *photodetector* untuk mendeteksi aliran darah pada arteri digita di dalam kulit jari. *Trainer kit* menggunakan mode pantulan (*reflection*) di mana LED dan *photodetector* ditempatkan pada bidang yang sama, sedangkan jari ditempatkan di atasnya. LED berfungsi sebagai pemancar cahaya, *photodetector* berfungsi sebagai penerima cahaya, sedangkan jari berfungsi sebagai reflektor yang akan merefleksikan pancaran cahaya dari LED. Cahaya dari LED akan tersebar melalui jaringan kulit jari, kemudian cahaya tersebut diserap oleh darah sehingga terjadi perubahan intensitas cahaya yang disebabkan karena perubahan volume darah yang mengalir pada arteri digita yang terdapat di dalam kulit jari. Cahaya yang dipancarkan tersebut akan diterima oleh *photodetector*.

Denyut jantung yang sudah terdeteksi oleh rangkaian sensor akan difilter menggunakan *High Pass Filter* (HPF) dan *Low Pass Filter* (LPF). Sinyal yang sudah difilter tersebut akan dikuatkan oleh *operational amplifier non inverting* yang kemudian datanya akan diolah oleh Arduino Uno. Hasil pengukuran denyut jantung akan ditampilkan di laptop dengan menggunakan *software* Arduino pada menu *serial monitor*. Bagian *trainer kit* yang digunakan untuk mengukur denyut jantung dengan metode *Photoplethysmography* (PPG) ditandai dengan garis berwarna kuning. Produk akhir *trainer kit* pengukur denyut jantung dengan metode *Photoplethysmography* (PPG) nampak pada Gambar 44.



Gambar 44. Produk Akhir *Trainer Kit* Pengukur Denyut Jantung dengan Metode *Photoplethysmography* (PPG)

Cara mengoperasikan *trainer kit* pengukur denyut jantung dengan metode *Photoplethysmography* (PPG) yaitu hubungkan Arduino Uno dengan laptop menggunakan kabel USB. Lampu indikator berlabel ON dan lampu indikator yang terhubung ke pin 13 akan menyala ketika Arduino Uno sudah mendapatkan *input* tegangan. Buka *software* Arduino lalu tulis *sketch* yang dibutuhkan untuk memprogram Arduino Uno. Simpan *sketch* yang telah ditulis tersebut kemudian verifikasi lalu *upload*.

Hubungkan *pulse heart rate sensor* dengan Arduino Uno menggunakan kabel *jumper*. Hubungkan kabel *jumper* berwarna merah pada *pulse heart rate sensor* ke pin A0 pada Arduino Uno. Hubungkan kabel *jumper* berwarna kuning pada *pulse heart rate sensor* ke pin 5V pada Arduino Uno. Hubungkan kabel *jumper* berwarna hijau pada *pulse heart rate sensor* ke pin GND pada Arduino Uno. Sensor cahaya akan menyala ketika *pulse heart rate sensor* sudah mendapatkan *input* tegangan.

Lilitkan salah satu jari tangan pada *pulse heart rate sensor* menggunakan *velcro finger strap*. Jika semua komponen sudah terpasang, maka pengukuran denyut jantung dengan metode *Photoplethysmography* (PPG) dapat dilakukan menggunakan *serial monitor* pada *software* Arduino dengan terlebih dahulu mengatur nilai *baud rate* yang dibutuhkan.

3. Trainer Kit Pengukur Denyut Jantung dengan Metode *Electrocardiography* (ECG)

Trainer kit pengukur denyut jantung dengan metode *Electrocardiography* (ECG) dapat digunakan untuk menghitung denyut jantung dengan cara mengambil sampel dari grafik ECG per satuan waktu. *Trainer kit* menggunakan sensor elektroda Ag-AgCl untuk mendeteksi denyut jantung dan merekam aktivitas listrik jantung. Tiga buah elektroda Ag-AgCl ditempelkan di lengan kanan (RA/*Right Arm*), lengan kiri (LA/*Left Arm*), dan kaki kanan (RL/*Right Leg*).

Denyut jantung yang sudah terdeteksi oleh rangkaian sensor akan difilter menggunakan *High Pass Filter* (HPF) dan *Low Pass Filter* (LPF). Sinyal yang sudah difilter tersebut akan dikuatkan oleh *operational amplifier non inverting* yang kemudian datanya akan diolah oleh Arduino Uno. Hasil pengukuran denyut jantung akan ditampilkan di laptop dengan menggunakan *software* Arduino pada menu *serial plotter*. Bagian *trainer kit* yang digunakan untuk mengukur denyut jantung dengan metode *Electrocardiography* (ECG) ditandai dengan garis berwarna hijau. Produk akhir *trainer kit* pengukur denyut jantung dengan metode *Electrocardiography* (ECG) nampak pada Gambar 45.



Gambar 45. Produk Akhir *Trainer Kit* Pengukur Denyut Jantung dengan Metode *Electrocardiography* (ECG)

Cara mengoperasikan *trainer kit* pengukur denyut jantung dengan metode *Electrocardiography* (ECG) yaitu hubungkan Arduino Uno dengan laptop menggunakan kabel USB. Lampu indikator berlabel ON dan lampu indikator yang terhubung ke pin 13 akan menyala ketika Arduino Uno sudah mendapatkan *input* tegangan. Buka *software* Arduino lalu tulis *sketch* yang dibutuhkan untuk memprogram Arduino Uno. Simpan *sketch* yang telah ditulis tersebut kemudian verifikasi lalu *upload*.

Hubungkan AD8232 *heart monitor* dengan Arduino Uno menggunakan kabel *jumper male to female*. Hubungkan pin LO+ pada AD8232 *heart monitor* ke pin 10 pada Arduino Uno. Hubungkan pin LO- pada AD8232 *heart monitor* ke pin 11 pada Arduino Uno. Hubungkan pin OUTPUT pada AD8232 *heart monitor* ke pin A0 pada Arduino Uno. Hubungkan pin 3.3V pada AD8232 *heart monitor* ke pin 3.3V pada Arduino Uno. Hubungkan pin GND pada AD8232 *heart monitor* ke pin GND pada Arduino Uno. Lampu indikator akan menyala ketika AD8232 *heart monitor* sudah mendapatkan *input* tegangan.

Hubungkan AD8232 *heart monitor* dengan elektroda menggunakan kabel tiga *channel*. Pasang elektroda dengan konektor berwarna merah lalu tempelkan di lengan kanan (RA/*Right Arm*). Pasang elektroda dengan konektor berwarna kuning lalu tempelkan di lengan kiri (LA/*Left Arm*). Pasang elektroda dengan konektor berwarna hijau lalu tempelkan di kaki kanan (RL/*Right Leg*). Jika semua komponen sudah terpasang, maka pengukuran denyut jantung dengan metode *Electrocardiography* (ECG) dapat dilakukan menggunakan *serial plotter* pada *software* Arduino dengan terlebih dahulu mengatur nilai *baud rate* yang dibutuhkan.

4. *Manual Book Trainer Kit*

Manual book trainer kit digunakan sebagai pelengkap *trainer kit* karena berisi penjelasan mengenai setiap bagian yang terdapat pada *trainer kit*. *Manual book trainer kit* dibuat dengan menggunakan kertas HVS 80 gram ukuran A5 dengan orientasi *portrait*. Jenis huruf yang digunakan yaitu Arial dengan spasi 1,5 pada setiap barisnya agar lebih mudah dibaca oleh mahasiswa. Ukuran huruf digunakan secara bervariasi sesuai dengan kebutuhan. Ukuran 12 *point* digunakan untuk judul dan ukuran 10 *point* digunakan untuk teks bacaan.

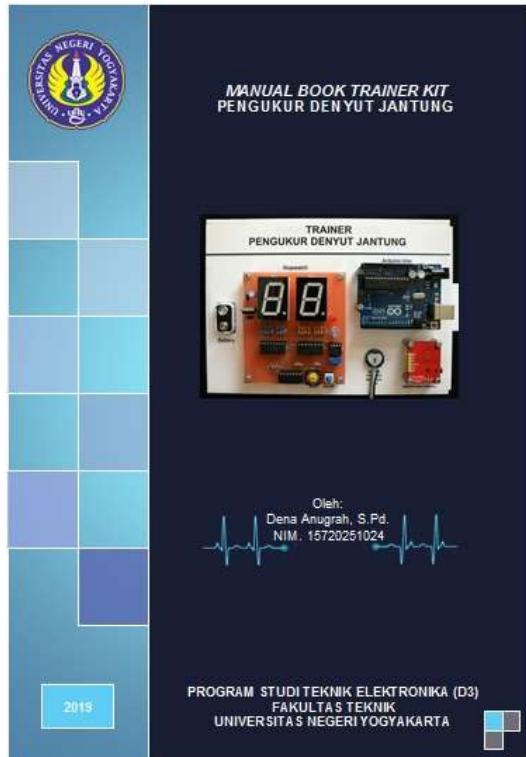
Manual book trainer kit dibagi menjadi tiga bagian, yaitu bagian depan, bagian isi, dan bagian belakang. Bagian depan *manual book trainer kit* terdiri dari *cover*, kata pengantar, dan daftar isi. Bagian isi *manual book trainer kit* terdiri dari tiga materi *trainer kit*, yaitu pengukur denyut jantung dengan metode *Palpasi*, pengukur denyut jantung dengan metode *Photoplethysmography* (PPG), dan

pengukur denyut jantung dengan metode *Electrocardiography* (ECG). Bagian belakang *manual book trainer kit* terdiri dari daftar pustaka dan lampiran.

Pada bagian depan *manual book trainer kit* terdapat *cover* yang terbuat dari kertas tebal yang didesain sedemikian rupa untuk menggambarkan isi *manual book trainer kit*. Pada bagian ini terdapat kata pengantar yang berisikan gambaran singkat secara umum tentang penulisan *manual book trainer kit*. Daftar isi pada bagian ini berguna untuk memudahkan mahasiswa dalam mencari materi *trainer kit*.

Pada bagian isi *manual book trainer kit* terdiri dari tiga materi *trainer kit*, di mana pada setiap materinya terdiri dari tampilan *trainer kit*, komponen *trainer kit*, dan petunjuk penggunaan *trainer kit*. Tampilan *trainer kit* menunjukkan bagian *trainer kit* yang digunakan untuk setiap medote pengukuran. Komponen *trainer kit* terdiri dari *hardware*, nama komponen, nilai dan jenis komponen, jumlah komponen, dan posisi komponen pada *trainer kit*. Petunjuk penggunaan *trainer kit* berisi tentang langkah-langkah mengoperasikan *trainer kit*.

Pada bagian belakang *manual book trainer kit* terdapat daftar pustaka sebagai daftar sumber-sumber rujukan yang digunakan dalam penyusunan *manual book trainer kit*. Pada bagian ini pula terdapat dua jenis lampiran yang berisi skematik rangkaian dan *data sheet* rangkaian mengenai *stopwatch*, *Arduino Uno*, *pulse heart rate sensor*, dan *AD8232 heart monitor*. Secara keseluruhan produk akhir *manual book trainer kit* nampak pada Gambar 46.



KATA PENGANTAR

Alhamdulillah robbilalamin, puji syukur ke hadirat Allah SWT, Tuhan Yang Maha Esa atas limpahan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga *manual book trainer kit* pengukur denyut jantung untuk pembelajaran Praktik Elektronika Medis pada Program Studi Teknik Elektronika (D3) Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta ini dapat diselesaikan. *Manual book trainer kit* pengukur denyut jantung ini disusun sebagai salah satu hasil penelitian penulis dalam rangka penyelesaian studi pada Program Studi Pendidikan Teknik Elektronika dan Informatika jenjang S2 di Program Pascasarjana Universitas Negeri Yogyakarta.

Manual book trainer kit pengukur denyut jantung ini merupakan panduan penggunaan *trainer kit* yang berisi informasi penting mengenai tampilan *trainer kit*, komponen-komponen yang digunakan pada *trainer kit*, serta petunjuk penggunaan *trainer kit*. Selain itu, pada *manual book* ini juga dilampirkan skematik dan *data sheet* rangkaian sehingga diharapkan dapat mempermudah mahasiswa dalam menggunakan *trainer kit* pengukur denyut jantung pada pembelajaran Praktik Elektronika Medis.

Yogyakarta, 25 Juli 2019

Penulis,

Dena Anugrah, S.Pd.
NIM. 15720251024

DAFTAR ISI	
KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	ii
TRAINER KIT 1	
PENGUKUR DENYUT JANTUNG DENGAN METODE	
PALPASI	1
A. Tampilan Trainer Kit	1
B. Komponen Trainer Kit	1
C. Petunjuk Penggunaan Trainer Kit	2
TRAINER KIT 2	
PENGUKUR DENYUT JANTUNG DENGAN METODE	
PHOTOPLETHYSMOGRAPHY (PPG)	4
A. Tampilan Trainer Kit	4
B. Komponen Trainer Kit	4
C. Petunjuk Penggunaan Trainer Kit	5
TRAINER KIT 3	
PENGUKUR DENYUT JANTUNG DENGAN METODE	
ELECTROCARDIOGRAPHY (ECG)	7
A. Tampilan Trainer Kit	7
B. Komponen Trainer Kit	7
C. Petunjuk Penggunaan Trainer Kit	8

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRONIKA (D3) FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA			
TRAINER KIT 1			
Bersemester 5	Pengukur Denyut Jantung dengan Metode Palpasi	4 x 50 menit	
Pertemuan 1	Revisi 1	Tgl. 10 Januari 2019	Hal. 1 dari 9

A. Tampilan Trainer Kit



Bagian *trainer kit* yang digunakan untuk mengukur denyut jantung dengan metode *Palpasi* ditandai dengan garis berwarna merah.

B. Komponen Trainer Kit

Hardware	Komponen	Nilai/Jenis	Jumlah	Posisi
Input devices	Push button	Self locking 6 pin	1	SW1
		Omron B3F 4055	1	PB1
Signal conditioning devices	Baterai	HW 9 volt	1	Battery
	Resistor	10 kΩ	1	R1
		220 Ω	1	R2
		100 kΩ	1	R3
		330 Ω	15	R4, R5,

Diketahui oleh: Dena Anugrah, S.Pd. Diambil merupakan bagian dari buku yang diterbitkan oleh Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta.

Diketahui oleh: Dedy Immanuel, M.T.

	PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRONIKA (02) FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA TRAINER KITS			
	Semester 6	Pengukur Denyut Jantung 4 dengan Metode Photoplethysmography (PPG)	4 x 50 menit	
Pelajaran	2	Revisi: 1	Tgl: 10 Januari 2019	Hal: 4 dari 9

A. Tampilan Trainer Kit



Bagian trainer kit yang digunakan untuk mengukur denyut jantung dengan metode Photoplethysmography (PPG) ditandai dengan garis berwarna kuning.

B. Komponen Trainer Kit

Hardware	Komponen	Nilai/Jenis	Jumlah	Posisi
Input devices	Sensor cahaya	LED	1	Pulse heart rate sensor
	Photodetector	1	1	Pulse heart rate sensor
Signal	Pulse heart	Metode	1	Pulse
Dapat dilihat pada gambar 1		Dapat dilihat pada gambar 1		
Dapat dilihat pada gambar 2			Dapat dilihat pada gambar 2	

	PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRONIKA (02) FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA TRAINER KITS			
	Semester 6	Pengukur Denyut Jantung dengan Metode Electrocardiography (ECG)	4 x 50 menit	
Pelajaran	3	Revisi: 1	Tgl: 10 Januari 2019	Hal: 7 dari 9

A. Tampilan Trainer Kit



Bagian trainer kit yang digunakan untuk mengukur denyut jantung dengan metode Electrocardiography (ECG) ditandai dengan garis berwarna hijau.

B. Komponen Trainer Kit

Hardware	Komponen	Nilai/Jenis	Jumlah	Posisi
Input devices	Elektroda	Skin electrode	3	RA, LA, RL
Signal conditioning devices	Heart monitor	AD8232	1	AD8232 heart monitor
	Arduino	Uno	1	Arduino uno
Dapat dilihat pada gambar 1		Dapat dilihat pada gambar 1		
Dapat dilihat pada gambar 2			Dapat dilihat pada gambar 2	

 DAFTAR PUSTAKA 

AD8232 Heart Rate Monitor v10. Dibambil pada tanggal 29 April 2019, dari <https://cdn.sparkfun.com/datasheets/Sensors/Biometric/AD8232%20Heart%20Rate%20Monitor%20v10.pdf>

Arduino Uno. Dibambil pada tanggal 29 April 2019, dari <https://static.rapidonline.com/pdf/73-4443.pdf>

Arduino Uno Reference Design. Dibambil pada tanggal 29 April 2019, dari <https://www.arduino.cc/en/uploads/Main/arduino-uno-schematic.pdf>

Data Sheet AD8232. Dibambil pada tanggal 29 April 2019, dari <https://cdn.sparkfun.com/datasheets/Sensors/Biometric/AD8232.pdf>

Kadir, A. (2013). Panduan Praktis Mempelajari Aplikasi Mikrokontroler dan Pemrogramannya Menggunakan Arduino. Yogyakarta: Andi Offset.

Pulse Sensor Amplified. Dibambil pada tanggal 29 April 2019, dari https://cdn.shopify.com/files/1/0100/6632/files/PulseSensor_Ampd_Schematic.pdf?1862089645030619491

Pulse Sensor Easy to Use Heart Rate Sensor & Kit. Dibambil pada tanggal 29 April 2019, dari https://cdn.shopify.com/files/1/0100/6632/files/Pulse_Sensor_Data_Sheet.pdf?14358792549038671331

 LAMPIRAN 

Lampiran A Skematik Stopwatch
 Lampiran B Skematik Arduino Uno
 Lampiran C Skematik Pulse Heart Rate Sensor
 Lampiran D Skematik AD8232 Heart Monitor
 Lampiran E Data Sheet Arduino Uno
 Lampiran F Data Sheet Pulse Heart Rate Sensor
 Lampiran G Data Sheet AD8232 Heart Monitor

Gambar 46. Produk Akhir *Manual Book Trainer Kit*

5. *Job Sheet* Praktik Elektronika Medis menggunakan Pendekatan *Problem Based Learning*

Job sheet Praktik Elektronika Medis dikembangkan dengan menggunakan pendekatan *Problem Based Learning* yang di dalamnya terdapat permasalahan pembelajaran dan akan dicari solusinya melalui kegiatan praktikum. *Job sheet* akan digunakan sebagai media pembelajaran praktikum untuk mahasiswa D3 Teknik Elektronika yang mempelajari Mata Kuliah Praktik Elektronika Medis.

Job sheet Praktik Elektronika Medis dikembangkan dengan metode pengadaptasian, yaitu proses pengembangan *job sheet* yang didasarkan pada materi pembelajaran yang sudah ada dari berbagai sumber belajar menjadi suatu *job sheet* dengan karya yang diadaptasi. Selain itu, isi pikiran dari pengetahuan yang telah didapatkan penulis serta pengalaman yang telah dilakukan oleh penulis terkait dengan materi Praktik Elektronika Medis dituangkan pula pada *job sheet* ini.

Job sheet Praktik Elektronika Medis dibuat dengan menggunakan kertas HVS 80 gram ukuran A4 dengan orientasi *portrait*. Jenis huruf yang digunakan yaitu Arial dengan spasi 1,5 pada setiap barisnya agar lebih mudah dibaca oleh mahasiswa. Ukuran huruf digunakan secara bervariasi sesuai dengan kebutuhan. Ukuran 20 *point* sampai dengan 16 *point* digunakan untuk judul dan ukuran 12 *point* digunakan untuk teks bacaan.

Job sheet Praktik Elektronika Medis dibagi menjadi tiga bagian, yaitu bagian depan, bagian isi, dan bagian belakang. Bagian depan *job sheet* terdiri dari *cover*, kata pengantar, daftar isi, dan peraturan umum praktikum. Bagian isi *job sheet* terdiri dari tiga materi praktikum, yaitu pengukuran denyut jantung dengan

metode *Palpasi*, pengukuran denyut jantung dengan metode *Photoplethysmography* (PPG), dan pengukuran denyut jantung dengan metode *Electrocardiography* (ECG) yang disajikan dengan menggunakan pendekatan *Problem Based Learning*. Bagian belakang *job sheet* terdapat lampiran.

Pada bagian depan *job sheet* terdapat *cover* yang terbuat dari kertas tebal yang didesain sedemikian rupa untuk menggambarkan isi *job sheet* dengan tujuan untuk menarik minat mahasiswa dalam mempelajari *job sheet*. Pada bagian ini terdapat kata pengantar yang berisikan gambaran singkat secara umum tentang penulisan *job sheet*. Daftar isi pada bagian ini berguna untuk memudahkan mahasiswa dalam mencari materi praktikum yang akan dipelajari. Adanya peraturan umum praktikum pada bagian ini berfungsi sebagai rambu-rambu bagi mahasiswa dalam melakukan kegiatan praktikum.

Pada bagian isi *job sheet* terdiri dari tiga materi praktikum, di mana pada setiap materinya terdiri dari kompetensi pembelajaran, tujuan pembelajaran, masalah pembelajaran, dasar teori, alat dan bahan, keselamatan kerja, langkah kerja, bahan diskusi, penilaian, dan daftar pustaka. Kompetensi pembelajaran pada *job sheet* merupakan kemampuan yang akan dipelajari oleh mahasiswa pada setiap materinya. Tujuan pembelajaran pada *job sheet* merupakan aspek yang akan dicapai oleh mahasiswa setelah mempelajari *job sheet* pada setiap materinya. Masalah pembelajaran pada *job sheet* berisi *problem* yang harus diselesaikan oleh mahasiswa dengan cara berdiskusi dengan kelompoknya. Dasar teori pada *job sheet* berisi materi singkat yang bersifat mendasar dari teori-teori yang telah dipelajari mahasiswa sebagai bekal dalam melakukan kegiatan praktikum. Alat dan bahan pada *job sheet* merupakan daftar perlengkapan yang dibutuhkan untuk

melakukan pembelajaran praktikum. Keselamatan kerja pada *job sheet* berisi rambu-rambu yang harus dipatuhi mahasiswa selama proses pembelajaran praktikum. Langkah kerja pada *job sheet* berisi prosedur dalam melakukan kegiatan praktikum. Bahan diskusi pada *job sheet* berisi pertanyaan yang harus dijawab oleh setiap kelompoknya sebagai bahan evaluasi pembelajaran praktikum untuk mengetahui pemahaman mahasiswa. Penilaian pada *job sheet* merupakan aturan yang digunakan untuk menilai proses dan hasil pembelajaran praktikum. Daftar pustaka pada *job sheet* merupakan daftar sumber-sumber rujukan yang digunakan dalam penyusunan *job sheet*. Pada bagian ini pula *job sheet* dikembangkan menggunakan pendekatan *Problem Based Learning* yang di dalamnya terdapat lima tahapan pembelajaran berdasarkan teori dari Profesor Richard I Arends seperti yang nampak pada Tabel 23.

Tabel 23. Tahapan Pendekatan *Problem Based Learning* pada *Job Sheet*

No	Tahapan <i>Problem Based Learning</i>	Penerapan pada <i>Job Sheet</i>
1	Mengarahkan mahasiswa kepada masalah.	Menyampaikan tujuan pembelajaran serta menyajikan masalah pembelajaran dalam bentuk pengamatan melalui objek nyata atau objek yang menyerupai benda nyata baik berupa gambar, grafik, maupun tabel yang dapat diamati oleh mahasiswa.
2	Mempersiapkan mahasiswa untuk belajar.	Merangsang mahasiswa untuk mencari solusi masalah pembelajaran dengan cara mengamati, bertanya, diskusi, dan mengeksplor pengetahuan mereka terhadap masalah pembelajaran yang disajikan.
3	Membantu mahasiswa untuk melakukan penelitian.	Mengajak mahasiswa untuk melakukan eksperimen melalui kegiatan praktikum terkait dengan pengukuran denyut jantung.
4	Menyajikan benda pajang.	Mempresentasikan hasil praktikum yang telah dilakukan sebagai bentuk <i>report</i> terhadap apa yang telah mereka lakukan dan dapatkan selama proses pembelajaran.

No	Tahapan <i>Problem Based Learning</i>	Penerapan pada <i>Job Sheet</i>
5	Menganalisis dan mengevaluasi proses pemecahan masalah.	Merefleksi proses dan hasil pembelajaran praktikum yang telah dilakukan serta menilai proses dan hasil belajar mahasiswa dari aspek kognitif, psikomotor, dan afektif terkait dengan proses pemecahan masalah pembelajaran yang disajikan dalam kegiatan praktikum.

Pada bagian belakang *job sheet* terdapat tiga jenis lampiran, yaitu lampiran A yang menunjukkan kaki-kaki *input output* Arduino Uno, kaki-kaki *input output pulse heart rate sensor*, dan kaki-kaki *input output AD8232 heart monitor*; lampiran B yang menunjukkan instruksi *sketch* Arduino; serta lampiran C yang menunjukkan glosarium untuk mengetahui definisi kata-kata asing atau istilah-istilah yang kurang umum digunakan. Secara keseluruhan produk akhir *job sheet* Praktik Elektronika Medis menggunakan pendekatan *Problem Based Learning* nampak pada Gambar 47.





KATA PENGANTAR	I
DAFTAR ISI	II
PERATURAN UMUM PRAKTIKUM	IV

JOB SHEET 1

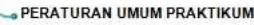
PENGUKURAN DENYUT JANTUNG DENGAN METODE PALPASI	1
A. Kompetensi Pembelajaran	1
B. Tujuan Pembelajaran	1
C. Masalah Pembelajaran	1
D. Dasar Teori	3
E. Alat dan Bahan	7
F. Kesiapanan Kerja	7
G. Langkah Kerja	8
H. Bahan Dikusul	11
I. Penilaian	11
J. Daftar Pustaka	11

JOB SHEET 2

PENGUKURAN DENYUT JANTUNG DENGAN METODE	
PHOTOPIELOTHYSMOGRAPHY (PPG)	13
A. Kompetensi Pembelajaran	13
B. Tujuan Pembelajaran	13
C. Masalah Pembelajaran	13
D. Dasar Teori	15
E. Alat dan Bahan	18
F. Kesiapanan Kerja	18
G. Langkah Kerja	20
H. Bahan Dikusul	28
I. Penilaian	28
J. Daftar Pustaka	28

II

IV


A. Peraturan Umum

- Setiap praktikan harus masuk laboratorium sesuai jadwal dan waktu yang telah ditentukan dengan toleransi keterlambatan sejauh 15 menit.
- Praktikan yang masuk laboratorium lebih dari 15 menit dari waktu yang telah ditentukan, maka praktikan masih dapat mengikuti pembelajaran praktikum dengan catatan tidak diperkenankan untuk mengisi data hadir.
- Praktikan yang tidak dapat mengikuti pembelajaran praktikum dikarenakan sakit, maka wajib memberikan surat keterangan dari dokter.
- Praktikan yang tidak dapat mengikuti pembelajaran praktikum dikarenakan izin, maka wajib memberikan surat keterangan dari pihak terkait.
- Praktikan yang tidak dapat mengikuti pembelajaran praktikum tanpa surat keterangan, maka praktikan dinyatakan absent dan tidak diperkenankan untuk melakukan pertemuan jadwal praktikum.
- Setiap praktikan wajib mengenakan kerja praktikum, mengenakan celana panjang untuk laki-laki dan atau rok untuk perempuan, serta mengenakan sepatu.
- Setiap praktikan dilarang membawa makanan dan minuman ke dalam ruang praktikum.
- Setiap praktikan dilarang membawa benda-benda yang bersifat mudah terbakar ke dalam ruang praktikum.
- Setiap praktikan dilarang membawa benda tajam yang tidak diperlukan untuk pembelajaran ke dalam ruang praktikum.

B. Kelengkapan

- Setiap praktikan wajib membawa kelengkapan sebagai berikut:
- Job sheet praktikum
 - Buku catatan laboratorium
 - Alat tulis dan kalkulator jika diperlukan



PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRONIKA (DE)
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA

JOB SHEET 1

Bimester 5 Pengukuran Denyut Jantung dengan Metode Palpasi 4 x 60 menit

Pertemuan 1 Revisi: 1 Tgl: 10 Januari 2019 Hal: 1 dari 48

A. Kompetensi Pembelajaran

- Manasiswa mampu mengukur denyut jantung dengan metode Palpasi.

B. Tujuan Pembelajaran

- Manasiswa dapat mengukur denyut arteri dengan metode Palpasi.
- Manasiswa dapat mengklasifikasi hasil pengukuran denyut arteri yang dikuat dengan metode Palpasi.

C. Masalah Pembelajaran

Denyut jantung dapat diukur dengan berbagai macam metode pengukuran, salah satunya yaitu dengan metode Palpasi. Tahukah Anda apakah metode Palpasi itu? Bagaimana cara mengukur denyut jantung dengan metode Palpasi? Bagian tubuh mana saja yang perlu diukur? Bagaimana cara mengklasifikasi hasil pengukuran denyut jantung dengan metode Palpasi? Mari kita identifikasi permasalahan ini dengan cara berdiskusi bersama kelompoknya masing-masing!

Sebelum melakukan praktikum, terlebih dahulu mari kita amati aliran peredaran darah dalam tubuh manusia yang terdapat pada Gambar 1! Cari dan temukan letak denyut arteri yang terdapat pada organ tubuh manusia! Berikan tanda panah disertai dengan keterangan nama pembuluh arterinya pada Gambar 1 di bawah ini! Isian Tabel 1 berdasarkan hasil pengamatan yang telah dilakukan, serta berikan tanda checkmark (✓) pada kolom keterangan!



PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRONIKA (DE)
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA

JOB SHEET 2

Bimester 5 Pengukuran Denyut Jantung dengan Metode Photoplethysmography (PPG) 4 x 60 menit

Pertemuan 2 Revisi: 1 Tgl: 10 Januari 2019 Hal: 13 dari 48

A. Kompetensi Pembelajaran

- Manasiswa mampu mengukur denyut jantung dengan metode Photoplethysmography (PPG).

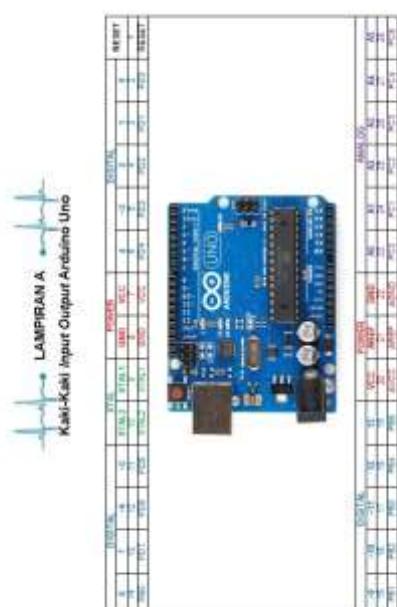
B. Tujuan Pembelajaran

- Manasiswa dapat mengukur denyut jantung dengan metode Photoplethysmography (PPG).
- Manasiswa dapat mengklasifikasi hasil pengukuran denyut jantung yang dikuat dengan metode Photoplethysmography (PPG).

C. Masalah Pembelajaran

Denyut jantung dapat diukur dengan berbagai macam metode pengukuran, salah satunya yaitu dengan metode Photoplethysmography (PPG). Tahukah Anda apakah metode Photoplethysmography (PPG) itu? Bagaimana cara mengukur denyut jantung dengan metode Photoplethysmography (PPG)? Bagian tubuh mana saja yang perlu diukur? Bagaimana cara mengklasifikasi hasil pengukuran denyut jantung dengan metode Photoplethysmography (PPG)? Mari kita identifikasi permasalahan ini dengan cara berdiskusi bersama kelompoknya masing-masing!

Sebelum melakukan praktikum, terlebih dahulu mari kita amati skematis pulse heart rate sensor yang terdapat pada Gambar 1! Cari dan temukan rangkaian pendukung apa saja yang terdapat pada gambar tersebut! Lingkari dan berikan tanda panah disertai dengan keterangan nama rangkaian pendukungnya pada Gambar 1 di bawah ini! Isian Tabel 1 berdasarkan hasil pengamatan yang telah dilakukan bersama kelompoknya masing-masing!

	PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRONIKA (03) FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA JOB SHEET 3
Semester 5 Pengukuran Denyut Jantung dengan Metode Electrocardiography (ECG) 4 x 60 menit Perkenaan 3 Rev. 1 Tgl. 10 Januari 2019 Hal. 30 dari 45	
<p>A. Kompetensi Pembelajaran</p> <p>1. Mahasiswa mampu mengukur denyut jantung dengan metode <i>Electrocardiography</i> (ECG).</p> <p>B. Tujuan Pembelajaran</p> <p>1. Mahasiswa dapat mengukur denyut jantung dengan metode <i>Electrocardiography</i> (ECG).</p> <p>2. Mahasiswa dapat mengklasifikasikan hasil pengukuran denyut jantung yang diukur dengan metode <i>Electrocardiography</i> (ECG).</p> <p>C. Masalah Pembelajaran</p> <p>Denyut jantung dapat diukur dengan berbagai macam metode pengukuran, salah satunya yaitu dengan metode <i>Electrocardiography</i> (ECG). Tahukah Anda apaikan metode <i>Electrocardiography</i> (ECG) itu? Bagaimana cara mengukur denyut jantung dengan metode <i>Electrocardiography</i> (ECG)? Bagian tubuh mana saja yang perlu diukur? Bagaimana cara mengklasifikasikan hasil pengukuran denyut jantung dengan metode <i>Electrocardiography</i> (ECG)? Mari kita identifikasi permasalahan ini dengan cara berdiskusi bersama kelompoknya masing-masing!</p> <p>Sebelum melakukan praktikum, tentu saja mari kita amati skematis AD8232 heart monitor yang terdapat pada Gambar 1. Cari dan temukan rangkangan pendukung apa saja yang terdapat pada gambar tersebut! Lingkari dan berikan tanda panas disertai dengan keterangan nama rangkangan pendukungnya pada Gambar 1 di bawah ini! Isilah Tabel 1 berdasarkan hasil pengamatan yang telah dilakukan bersama kelompoknya masing-masing!</p>	
	

Gambar 47. Produk Akhir *Job Sheet* Praktik Elektronika Medis

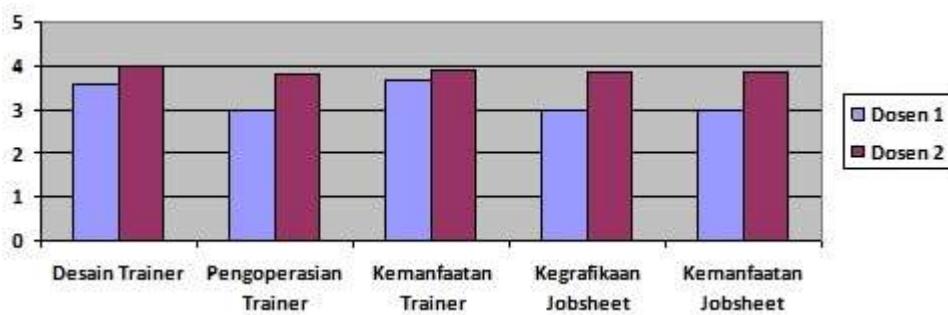
Berdasarkan acuan konversi skor kategori kelayakan, maka tingkat kelayakan pengembangan media pembelajaran *trainer kit* dan *job sheet* yang dikembangkan dapat dikategorikan dengan interval skor seperti yang nampak pada Tabel 24.

Tabel 24. Konversi Skor Kategori Kelayakan

Interval Skor	Kategori
$X \geq 3$	Sangat Layak
$3 > X \geq 2,5$	Layak
$2,5 > X \geq 2$	Tidak Layak
$X < 2$	Sangat Tidak Layak

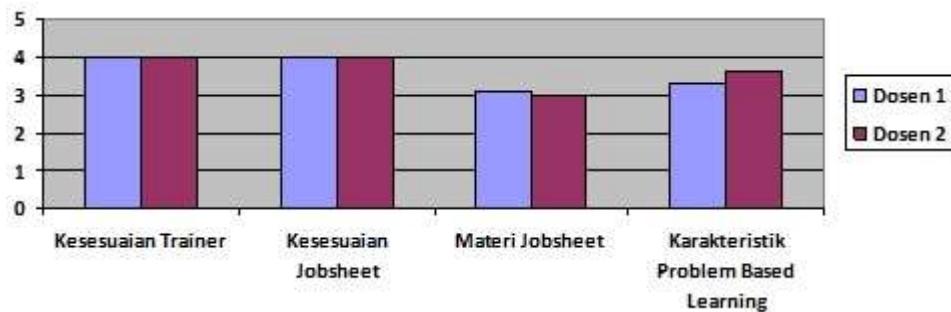
Berdasarkan acuan aturan penilaian instrumen, maka hasil penilaian pengembangan media pembelajaran *trainer kit* pengukur denyut jantung dan *job sheet* Praktik Elektronika Medis yaitu sebagai berikut:

- a. Ahli media menyatakan bahwa media pembelajaran *trainer kit* pengukur denyut jantung dan *job sheet* Praktik Elektronika Medis yang dikembangkan menpadatkan skor rata-rata 3,57 yang termasuk ke dalam kategori “Sangat Layak”. Skor rata-rata tersebut diperoleh dari lima indikator penilaian yang terdiri dari desain *trainer kit*, pengoperasian *trainer kit*, kemanfaatan *trainer kit*, kegrafikaan *job sheet*, dan kemanfaatan *job sheet* seperti yang nampak pada Gambar 48. Data hasil penilaian *trainer kit* dan *job sheet* dari ahli media terdapat pada Lampiran 3a.



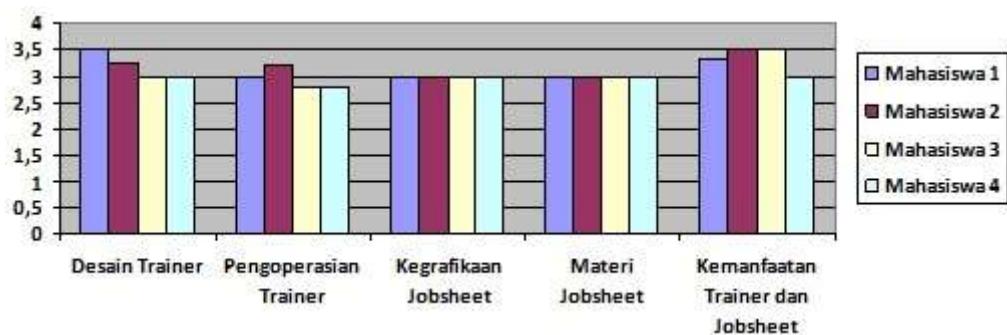
Gambar 48. Skor Rata-Rata dari Ahli Media

- b. Ahli materi menyatakan bahwa materi pembelajaran *trainer kit* pengukur denyut jantung dan *job sheet* Praktik Elektronika Medis yang dikembangkan menpadatkan skor rata-rata 3,46 yang termasuk ke dalam kategori “Sangat Layak”. Skor rata-rata tersebut diperoleh dari empat indikator penilaian yang terdiri dari kesesuaian *trainer kit*, kesesuaian *job sheet*, materi *job sheet*, dan karakteristik *Problem Based Learning* seperti yang nampak pada Gambar 49. Data hasil penilaian *trainer kit* dan *job sheet* dari ahli materi terdapat pada Lampiran 3b.



Gambar 49. Skor Rata-Rata dari Ahli Materi

- c. Mahasiswa merespon bahwa *trainer kit* pengukur denyut jantung dan *job sheet* Praktik Elektronika Medis yang dikembangkan menpadatkan skor rata-rata 3,10 yang termasuk ke dalam kategori “Sangat Layak”. Skor rata-rata tersebut diperoleh dari lima indikator penilaian yang terdiri dari desain *trainer kit*, pengoperasian *trainer kit*, kegrafikaan *job sheet*, materi *job sheet*, dan kemanfaatan *trainer kit* dan *job sheet* seperti yang nampak pada Gambar 50. Data hasil penilaian *trainer kit* dan *job sheet* dari mahasiswa terdapat pada Lampiran 3c.



Gambar 50. Skor Rata-Rata dari Mahasiswa

Analisis dari hasil uji coba penggunaan produk media pembelajaran *trainer kit* pengukur denyut jantung dan *job sheet* Praktik Elektronika Medis yang dikembangkan menggunakan pendekatan *Problem Based Learning* yaitu: (1)

trainer kit pengukur denyut jantung menjadikan proses pembelajaran praktikum lebih riil; (2) *job sheet* Praktik Elektronika Medis menjadikan proses pembelajaran praktikum lebih terarah; dan (3) langkah-langkah pendekatan *Problem Based Learning* yang tertulis pada *job sheet* menjadikan proses pembelajaran praktikum lebih aktif.

E. Keterbatasan Penelitian

Secara umum keterbatasan penelitian dalam pengembangan *trainer kit* pengukur denyut jantung dan *job sheet* Praktik Elektronika Medis sebagai media pembelajaran yaitu biaya dan waktu. Semakin banyak *trainer kit* dan *job sheet* yang dikembangkan, maka akan semakin banyak pula biaya yang dikeluarkan dan waktu yang dibutuhkan. Dengan keterbatasan tersebut, maka media pembelajaran yang dikembangkan dalam penelitian ini terbatas hanya pada pembelajaran Praktik Elektronika Medis untuk pokok bahasan pengukuran denyut jantung saja.

Selama proses penelitian, peneliti juga menemui kesulitan dalam melakukan kalibrasi *trainer kit*, khususnya *trainer kit* pengukur denyut jantung dengan metode *Electrocardiography* (ECG). Instrumentasi medis *Electrocardiography* (ECG) hanya terdapat di tempat-tempat tertentu saja seperti di Rumah Sakit. Peneliti sulit mendapatkan izin dari pihak Rumah Sakit untuk meminjam instrumentasi medis tersebut guna keperluan penelitian. Instrumentasi medis yang berada di Rumah Sakit hanya digunakan untuk keperluan diagnosis pasien saja. Peneliti juga tidak mampu untuk membeli instrumentasi medis ini karena harganya yang mahal. Oleh sebab itu peneliti tidak melakukan kalibrasi untuk *trainer kit* pengukur denyut jantung dengan metode *Electrocardiography*

(ECG). Hal ini juga menjadi salah satu keterbatasan penelitian. Meskipun *trainer kit* pengukur denyut jantung dengan metode *Electrocardiography* (ECG) tidak di kalibrasi dan belum diketahui tingkat akurasi pengukurannya, namun secara umum hasil pengukurannya dapat terlihat cukup jelas dari pola gelombang grafik ECG yang ditampilkan, meskipun terdapat *noise* pada gelombangnya.

Selain itu, peneliti juga menemui kesulitan dalam melakukan uji coba produk media pembelajaran *trainer kit* dan *job sheet* kepada mahasiswa. Peneliti kesulitan dalam mengumpulkan mahasiswa sebagai subjek uji coba karena peneliti tidak mengambil data pada waktu Mata Kuliah Praktik Elektronika Medis dilaksanakan. Karena keterbatasan waktu studi peneliti, maka uji coba produk media pembelajaran *trainer kit* dan *job sheet* hanya dilakukan secara terbatas kepada beberapa mahasiswa yang akan mengontrak Mata Kuliah Praktik Elektronika Medis di semester 5, sehingga peneliti minim dalam mengumpulkan data terkait dengan uji coba produk. Hal ini juga menjadi salah satu keterbatasan penelitian. Meskipun data yang diperoleh peneliti sedikit, tapi data tersebut sudah dapat mewakilinya.