BAB IV
HASIL PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN

A. Hasil Penelitian

Penilitian ini didasarkan pada prosedur pengembangan oleh Branch (2009) yaitu ADDIE (*Analyze, Design, Develop, Implement, Evaluate*). Adapun tahapan yang telah dilaksanakan meliputi (1) analisis, (2) desain, (3) pengembangan, (4) implementasi, (5) evaluasi. Berikut merupakan penjelasan dari hasil penelitian di setiap tahapnya.

1. Analisis (*Analyze*)

Tahap awal dalam pengembangan trainer kit *Electromyograph* (EMG) untuk media pembelajaran ini yaitu dilakukan analisis kebutuhan dan identifikasi masalah melalui observasi dan wawancara terhadap dosen dan mahasiswa yang telah atau sedang menempuh mata kuliah Instrumentasi dan Elektronika Medis di Jurusan Pendidikan Teknik Elektronika dan Informatika. Berikut adalah hasil yang didapat dari observasi:

a. Media pembelajaran yang digunkan dalam pembelajaran instrumentasi dan elektronika medis belum ada.
b. Praktikum kadang hanya menngunkan simulasi Proteus.
c. Penegembangan media pembelajarn yang sesuai dengan perkembangan teknologi.
d. Mahasiswa mengharapkan adanya gambaran mengenai pembeljaran yang dilaksanakan sesuai dengan materi dan silabus.

Tahapan selanjutnya menganalisis kebutuhan mengacu pada silabus Instrumentasi dan Elektronika Medis. Silabus mata kuliah tersebut memiliki 16 Kompetensi Dasar (KD) terbagi dalam 16 minggu pertemuan. Pada tahap awal pengembangan ditentukan KD yang digunkana sebagai dasar dalam pengembangan media pembelajaran dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Silabus Tentang EMG

Minggu ke	Kompetensi Dasar	Materi Dasar	Strategi Perkuliahan	Sumber/ Referensi
15	EKG, EEG dan EMG	- Elektrimiogram - Instrumentasi pada EMG - Pengukuran Sinyal EMG - Masalah pada EMG	Ceramah, Pemberian tugas, Studi mandiri	• Khandpur, RS. (2003) • Rizal, Achmad. (2014)

Berdasarkan tabel dapat dilihat bahwa terdapat kompetensi dasar tentang EKG, EEG, dan EMG. Sedangkan untuk materi dasar yang harus disampaikan terdapat materi *Electromyograph*, pada materi dasr tersebut juga di pelajari tentang instrumentasi EMG, pengukuran sinyal EMG dan masalah pada EMG. Perkuliahan pada materi tersebut kalau dilihat dari silabus dilakukan dengan ceramah, pemberian tugas dan studi mandiri.

Berdasarkan hasil analisis maka dapat disimpulkan bahwa pengembangan media pembelajaran pada mata kuliah Instrumentasi dan Elektronika Medis sangat penting dan dibutuhkan untuk meningkatkan kompetensi mahasiswa Pendidikan Teknik Elektronika. Media yang akan dikembangkan yaitu Trainer kit *Elektromyograph* (EMG). Pengembangan media pembelajaran meliputi dua aspek yaitu media obyek (Trainer kit) dan media cetak (*Jobsheet*).

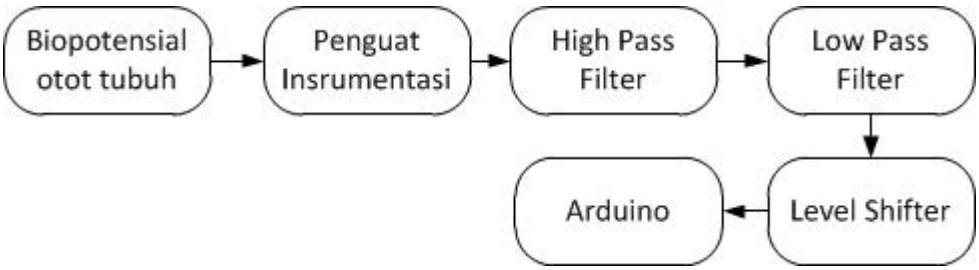
2. Desain (*Design*)

Pada tahapan kedua atau desain ini dilakukan prancangan produk yang akan dibuat berdasarkan hasil analisis. Produk yang akan dihasilkan dalam pengembangan media pembelajaran ini berupa Trainer kit dan jobsheet. Trainer kit *Electromyograph* (EMG) berupa serangkaian elektronik yang terdiri dari catu daya, penguat, filter, dan arduino. Tahap desain yang dilakukan antara lain.

a. Kebutuhan Pengembangan

Setelah melakukan analisis terhadap silabus mata kuliah Instrumentasi dan Elektronika Medis, selanjutnya dapat ditentukan materi yang akan

dikembangkan pada trainer kit dan jobsheet. Cakupan materinya antara lain sensor biopotensial, penguat, filter rangkaian, dan arduino. Dari setiap materi yang ada kemudian dijabarkan kedalam tujuan pembelajaran dan disusun pada jobsheet disesuaikan dengan trainer kit yang di kembangkan untuk media pembelajaran. Trainer kit terdiri dari beberapa blok seperti Gambar 7.

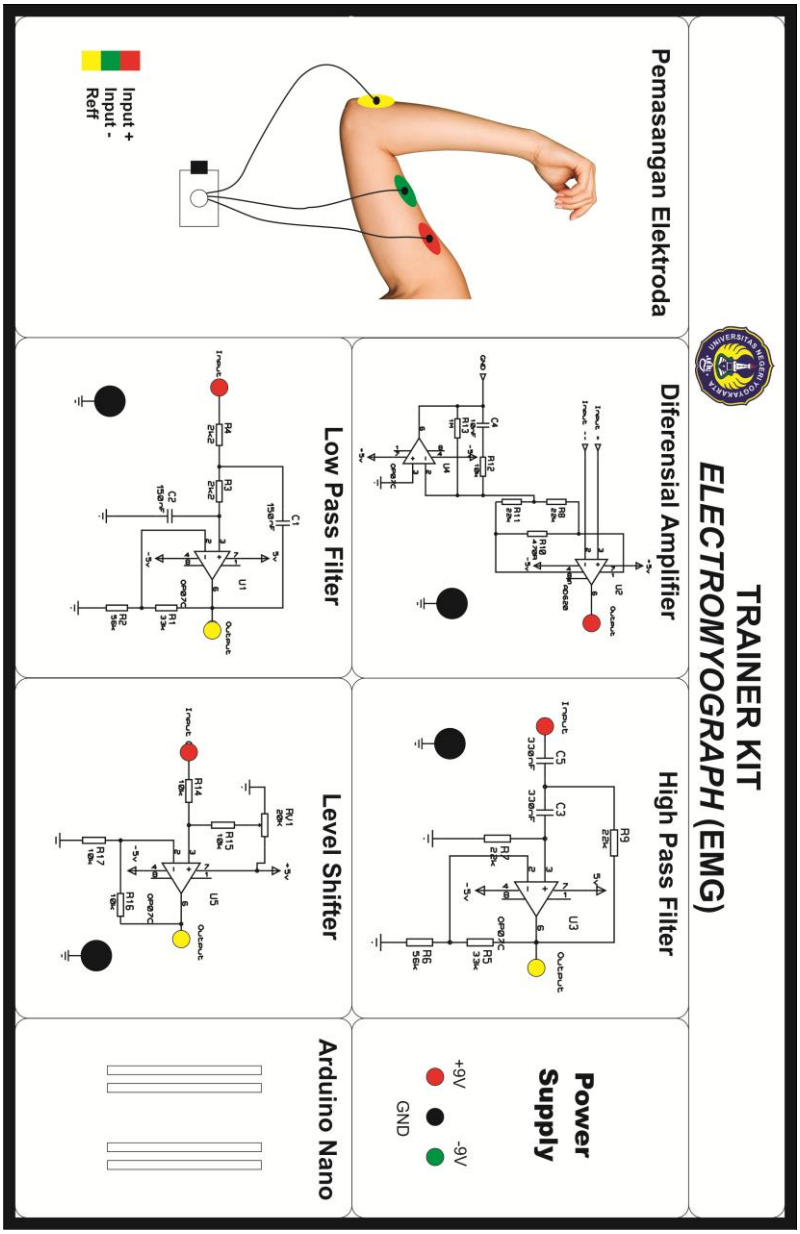


Gambar 7. Blok rangkaian trainer

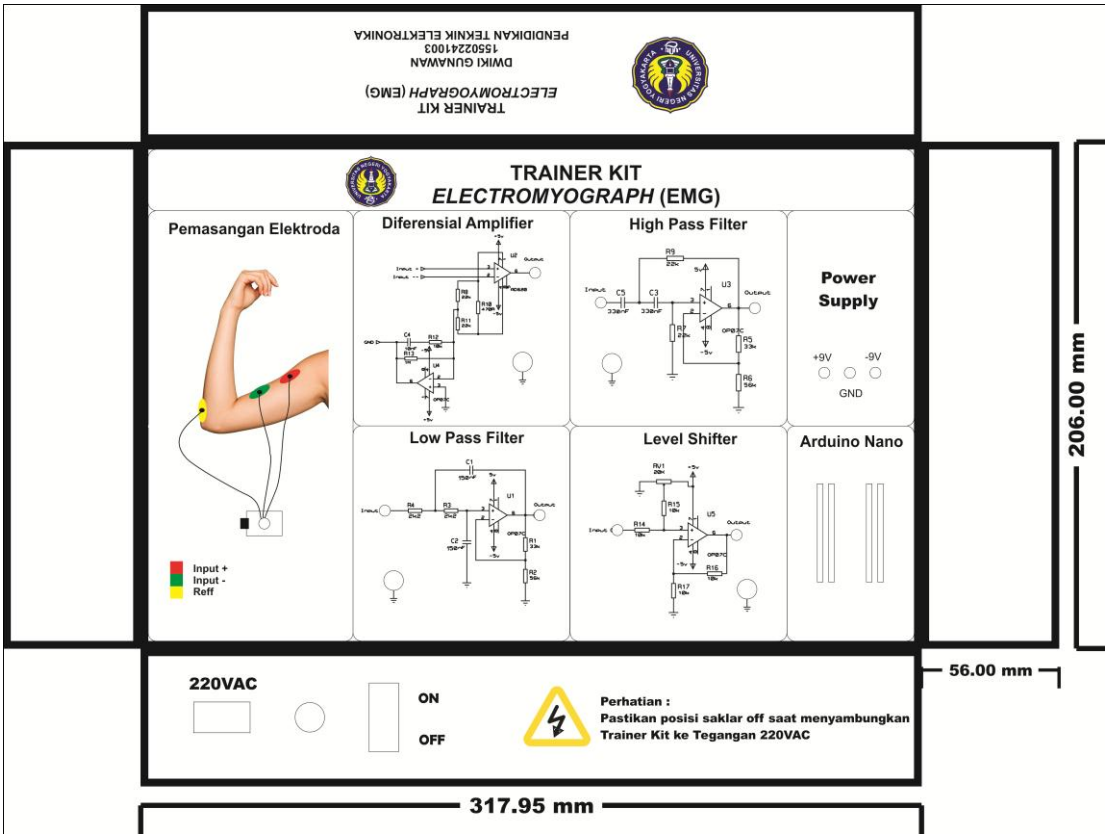
b. Desain media pembelajaran

Pengembangan media pembelajaran yang berupa trainer kit berdasarkan hasil analisis kebutuhan. Trainer kit yang diperlukan adalah trainer yang dapat digunakan oleh mahasiswa untuk memahami penerapan ilmu isntrumentasi dan elektronika medis dengan mudah.

Trainer kit *Electromyograph* tersusun dari beberapa blok diantaranya blok penguat, rangkaian filter, rangkaian level shifter dan arduino nano. Disetiap blok terdapat input dan output dari setiap rangkaian agar mudah dalam melakukan pengukuran. Trainer dikemas dalam sebuaH boks yang terbuat dari akrilik. Desain tampilan Trainer kit *Electromyograph* dapat dilihat pada Gambar 8.

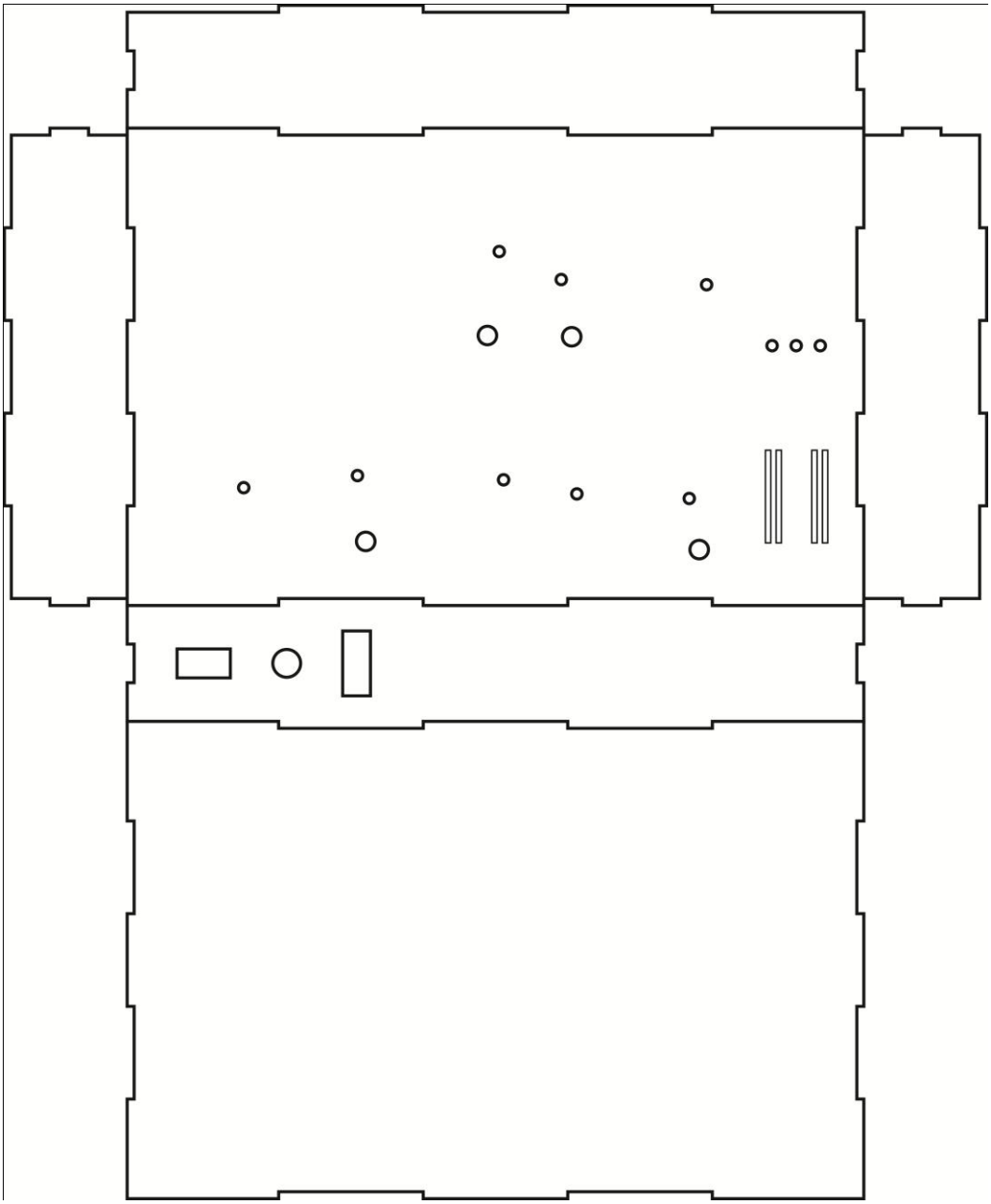


Gambar 8. Desain Tampilan atas Trainer



Gambar 9. Desain keseluruan trainer dan ukuran

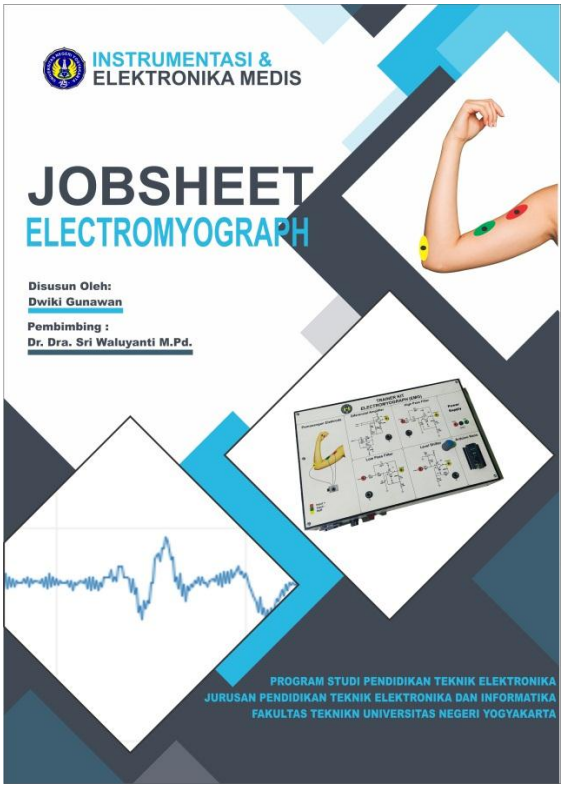
Selanjutnya dari desain tampilan diatas diwujudkan menjadi sebuah rancangan rangka atau bok trainer kit yang dibuat dengan bahan akrilil 3mm warna putih susu. Desain rangka dibuat dipotong menggunkan laser. Dibawah ini adalah desain rangka secara keseluruhan beserta lubang untuk jack banananya.



Gambar 10. Desain akrlik

Dibuat juga desain sampul Jobsheet. Jobsheet merupakan lembar kerja yang akan digunakan mhasiswa untuk menggunkan medis pembelajaran Trainer kit *Electromyograph* (EMG). Jobsheet terdeiri dari beberapa materi yang disesuiakan dengan trainer kit *electromyography* (EMG) diantaranya 1) Penguat Biopotensial, 2) Filter, dan 3) EMG dengan Arduino. Setiap jobsheet tersusun

dari tujuan pembelajaran, teori dasar, alat dan bahan, keselamatan kerja, langkah kerja, bahan diskusi, dan kesimpulan. Berikut adalah desain sampul dari jobsheet



Gambar 11. Desain Sampul Jobsheet

3. Pengembangan *(Develop*)

Tahapan penegembangan (*develope*) merupakan tahap dari realisasi produk yang telah dirancang sebelumnya. Berikut langkah langkah yang di lakukan dalam tahapan pengembangan media pembelajaran ini:

a. Membuat Trainer kit *Electromyograph*

Dalam proses pembuatan trainer kit diawali dengan menganalisis kebutuhan trainer, selanjutnya realisasi bentuk fisik trainer, dan pengujian unjuk kerja dari trainer.

1) Analisis Kebutuhan

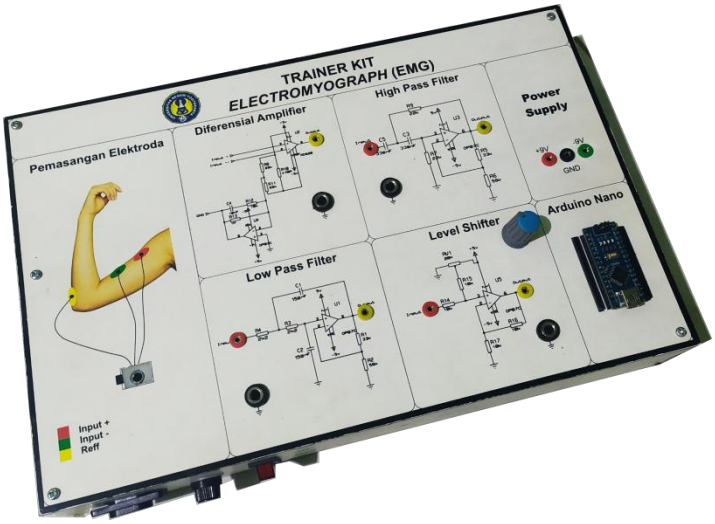
Analisis kebutuhan trainer ini digunakan untuk mempersiapkan komponen yang akan digunkan dalam pembuatan trainer kit *electromyoraph*. Tabel 8 merupakan daftar momponen yang dibutuhkan dalam pembuatan trainer.

Tabel 8. Kebutuhan Komponen

No.	Komponen	Spesifikasi	Jumlah
1	Socket power AC	2 Pin 220VAC	1
2	Fuse & holder	1 A, 220 VAC	1
3	Saklar power	On Off & indikator 220VAC	1
4	Jack audio	3mm	1
5	Jack banana	Hitam, hijau, merah, kuning	15
6	Potensiometer	20KΩ	1
7	Spacer	M3, 25mm	8
8	baut	M3, 10mm	8
9	Kapasitor	Mylar	5
		Elco	4
10	Resistor	¼ watt	17
11	Diode	1N4002	4
12	Arduino	Arduino nano 328	1

2) Realisasi Trainer

Realisasi trainer dimulai dengan pembuatan box trainer menggunkan akrilik berdasarkan desain yang telah dibuat sebelumnya. Pproses pemotongan akrilik menggunkan metode *laser cutting* atau pemotongan dengan laser. Selanjutnya hasil pemotongan akilik di rangkai menjadi sebuah box trainer. Bagian samping dan atas box disambung dengan lem secara permanen agar kuat sedangkan bagian bawah disatukan menggunkan baut agar mudah dalam melakukan pengecekan rangakain elektronik di dalam box. Setelah box dirangkai dilakukan juga pemasangan stiker pada trainer dengan teliti. Stiker dibuat dari bahan *vynil*.

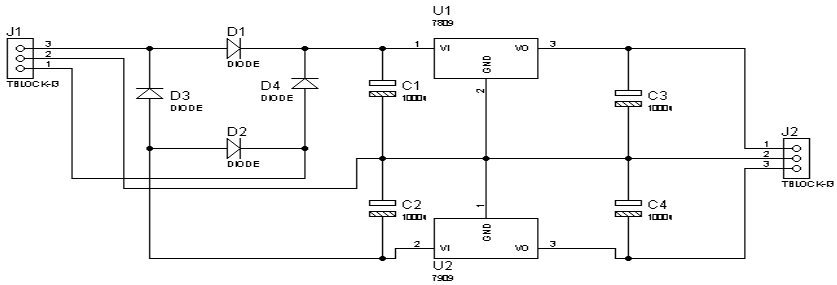


Gambar 12. Trainer Kit *Electromyograph*

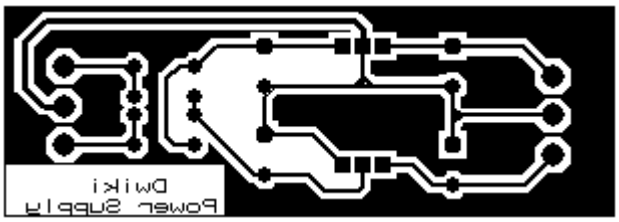
Gambar 12 adalah bentuk realisasi dari trainer kit *Electromyograph* (EMG). Trainer tersebut terdiri dari beberapa rangkaian diantaranya *power supply*, rangkaian penguat AD620, rangkaian *High Pass Filter*, rangkaian *Low Pass Filter*, rangkaian *level shifter*, dan Arduino Nano.

a. Rangakaian *Power Supply*

Rangakaian ini dibuat mamapu menghasilkan tegangan stabil +9V dan -9. Sumber tegangan utama berasalah dari listrik AC 220 kemudian diturunkan dengan trafo CT. Untuk dapat mengasilkan tegangan +9V dan -9V maka digunakan IC 7809 dan IC 7090. IC 7809 digunakan untuk tegangan stabil +9V sedangkan IC 7909 digunkan untuk menstabilkan tegangan -9V. Berikut adalah gambar dari skema rangkaian *power supply*.

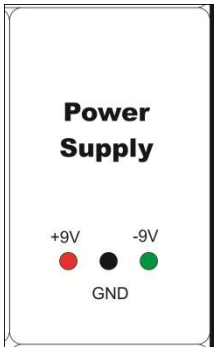


Gambar 13. Skema *Power Supply*



Gambar 14. Desain PCB *Power Supply*

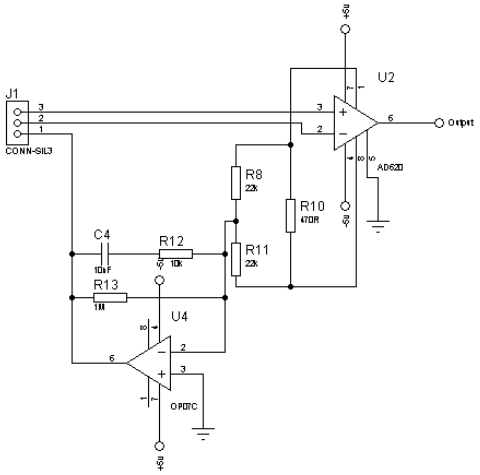
Tampilan *power supply* pada trainer kit berupa jack banana 2 mm dengan keluaran +9V dan -9V. gambar menunjukkan tampilan pada traner kit.



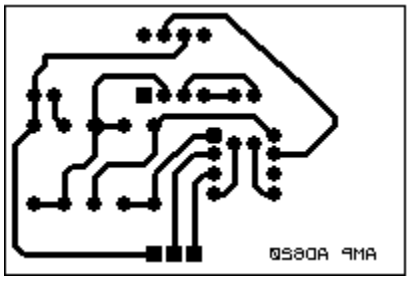
Gambar 15. *Power Supply* pada trainer

b. Rangkaian Penguat Instrumentasi

Rangkaian penguat menggunakan IC AD620. Rangkaian ini digunakan untuk menguatkan tegangan yang terdapat di otot manusia. Tegangan otot pada manusia diukur dengan menempelkan elektroda pada kulit manusia. Selain rangkaian penguat AD620 ditambahkan juga rangkaian *drift right leg* yang digunakan sebagai titik refernsi atau *grounding* pada tubuh manusia. Pada rangkaian *drift right leg* menggunkan IC OP07. Rangkaian penguat instrumentasi dengan AD620 akan bekerja saat diberi tegangan +9V dan -9V tegangan yang berasal dari *power supply*. Berikut adalah gambar rangkaian penguat instrumentasinya.

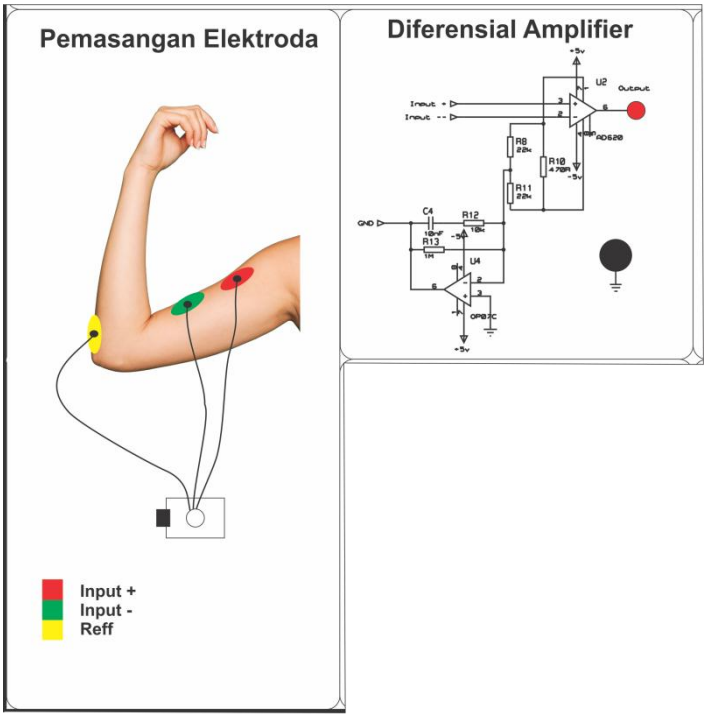


Gambar 16. Skema Rangkaian Penguat



Gambar 17. Skema PCB Penguat

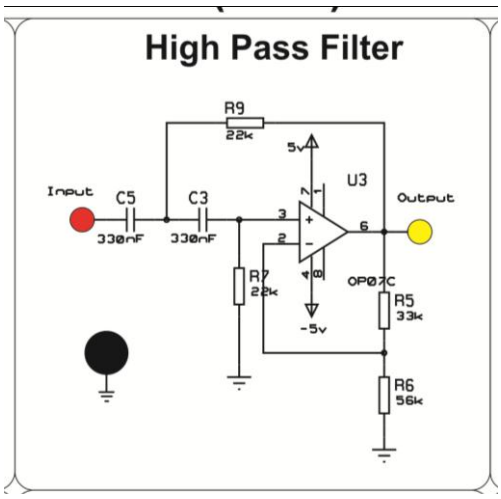
Pada rangkaian penguat ini input langsung tersambung ke jack audio 3mm yang nantinya menjadi jack untuk sensor elektrodanya. Pada input terdapat 3 kabel yaitu untuk input +, input – , dan input untuk *drift right leg* atau referensi. Tampilan penguat instrumentasi beserta jack audio untuk input sensor elektroda seperti pada Gambar 18.



Gambar 18. Penguat Pada Trainer Kit

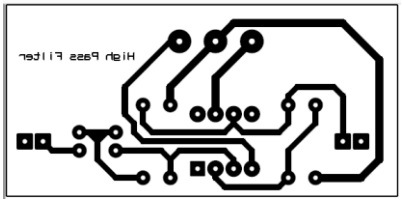
c. Rangkaian *High Pass Filter*

Rangkaian *high pass filter* digunakan untuk meloloskan frekuensi tinggi dan menyaring frekuensi rendah. Dalam pembuatan trainer ini digunkan *high pass filter* orde 2 dimana rangkaian ini memiliki frekuensi *cut off* sebesar 20 Hz. Rangkaian *high passs filter* ini akan meloloskan fekuensi diatas 20 Hz, dan menyaring frekuensi dibawah 20 Hz. Selain itu dalam rangkaian ini juga dilakukan penguatan sebesar 1.6 kali. Gambar 19 adalah rangkaian *high pass filter*.



Gambar 19. Rangkaian High Pass Filter pada trainer

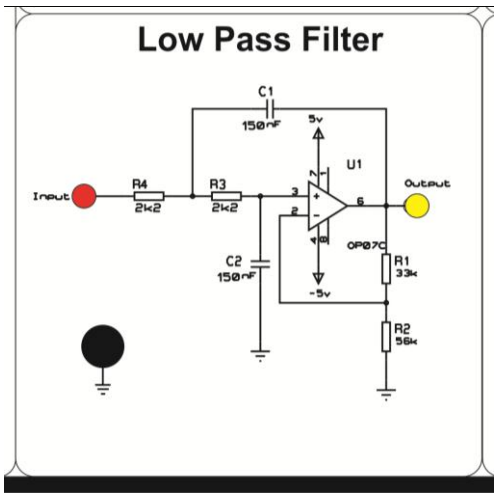
Pada rangkaian *high pass filter* sumber tegangan langsung tersambung dengan *power supply* didalam trainer, sehingga jack banana yang terdapat di rangkaian *high pass filter* hanya *input, output* dan ground. Input dan output digunkan untuk melakukan pengukuran saat pengujian *high pass filter*. Dari rangkain tersebut kemudian dibuat layout PCB dengan aplikasi Proteus ditunjukkan seperti Gambar 20.



Gambar 20. Desain PCB High Pass Filter

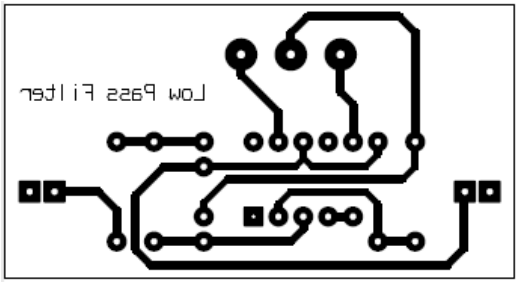
d. Rangkaian *Low Pass Filter*

Rangkaian *Low pass filter* digunakan untuk meloloskan frekuensi rendah dan menyaring frekuensi tinggi. Dalam pembuatan trainer ini digunkan *Low pass filter* orde 2 dimana rangkaian ini memiliki frekuensi *cut off* sebesar 500 Hz. Rangkaian *high passs filter* ini akan meloloskan fekuensi dibawah 500 Hz, dan menyaring frekuensi diatas 500 Hz. Selain itu dalam rangkaian ini juga dilakukan penguatan sebesar 1.6 kali. Rangkaian *low pass filter* ditunjukkan pada Gambar 21.



Gambar 21. Skema Rangkaian Low Pass Filter

Pada rangkaian *low pass filter* sumber tegangan langsung tersambung dengan *power supply* didalam trainer, sehingga jack banana yang terdapat di rangkaian *low pass filter* hanya *input, output* dan ground. Input dan output digunkan untuk melakukan pengukuran saat pengujian *low pass filter*. Dari rangkain tersebut kemudian dibuat layout PCB dengan aplikasi Proteus ditunjukkan seperti gambar

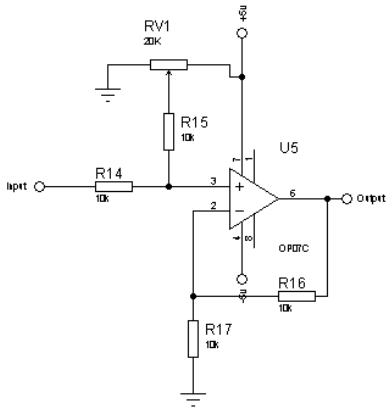


Gambar 22. Skema PCB Low Pass Filter

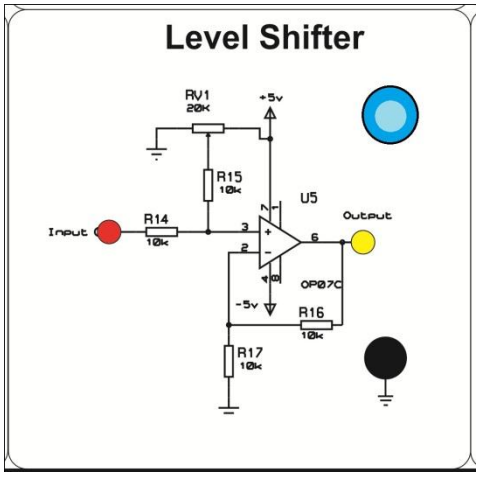
e. Rangkaian *Level shifter*

Rangkaian *level shifter* digunkian untuk menaikkan level tegangan karena ADC pada Arduino tidak mampu membaca sinyal yang memiliki tegangan negatif. Sinyal *electromyography* merupakan sinyal AC dan rangkaian *level shifter* digunkan agar tegangan dari sinyal *electromyograph* dapat tersampling secara utuh oleh ADC pada Arduino. Rangkaian *level shifter* berfungsi sebagai penambah level tegangan sinyal *elecromyograph* dengan tegangan DC, rangkaian ini akan menaikkan level tegangan sinyal

EMG sesuai dengan tegangan yang ditambahkan. Pengaturan penambahan level sinyal EMG dapat diatur dengan potensiometer yang terpasang sehingga semua sinyal EMG dapat terbaca dan diproses oleh ADC pada Arduino. Berikut dalah rangkaian *level Shifter*.



Gambar 23. Skema Rangakain Level Shifter

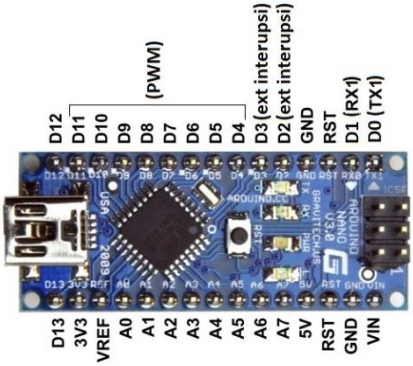


Gambar 24. Level Shifter Pada Trainer

f. Arduino Nano

Trainer kit *Electromyograph* (EMG) dilengkapai juga dengan mikrokontroler berupa Arduino Nano. Arduino nano digunkan untuk membaca ADC sinyal yang berasala dari rangkaian *Electromyograph.* Arduino adalah mikrokontroler yang bersifar *open source* sehingga sanagnt mudah didapatkan di pasaran. Arduino Nano menggunkan prosessor Atmel AVR 328. Arduino merupakan salah satu jenis mikrokontroler yang berbasiskan AVR dari atmel yang didalamnya sudah diberi *bootloader* dan

juga sudah terdapat standart pin I/Onya. Arduino dihubungkan dengan komputer atau PC menggunakan USB, selanjutnya arduino bisa di program menggunakan *software* Arduino IDE.



Gambar 25. Arduino Nano

Arduino Nano menggunkan Atmega 328, terdapat 30 PIN I/O. Pin pada Arduino nano terdiri dari 8 pin Analog, 14 pin digital, pin untuk input tegangan dan pin reset. Untuk menliskan program pada Arduino Nano digunkan *software* yang berasal dari pengembang board arduino itu sendiri. *Software* tersebut sering disebut dengan Arduino IDE.

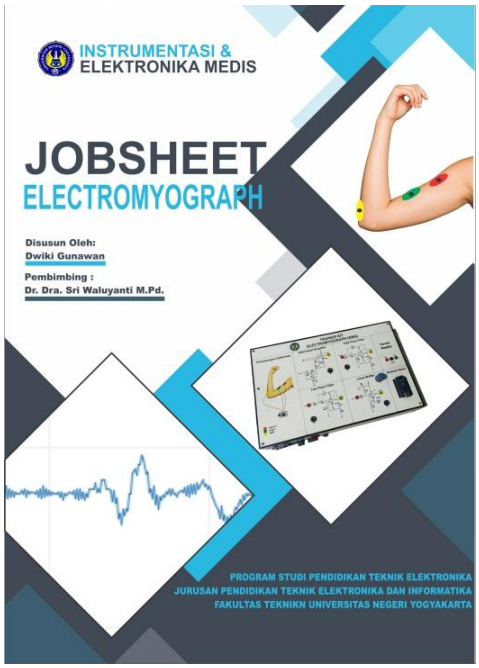
Gambar 26. Arduino IDE

Arduino deprogram untuk menjalankan funsi fungsi yang dibenamkan melalui sintaks pemrograman. Arduino IDE menggunakan bahasa pemrograman sendiri yang menyerupai dengan bahasa C. Bahasa pemrograman Arduino (*Sketch*) sudah terdapat perubahan untuk memudahkan

dalam melakukan pemrograman dari bahasa aslinya. Arduino sendiri sudah terdapat *bootloader* yang berfungsi sebagai penengah antara *compiler* Arduino dengan mikrokontroler. Arduino IDE dibuat dari bahasa pemrograman JAVA. Arduino IDE dilengkapi dengan library C/C++ yang biasa disebut *Wiring* yang menjadikan operasi *input* dan *output* lebih mudah. Arduino IDE ini dikembangkan dari software Processing yang dirombak menjadi Arduino IDE khusus untuk pemrograman dengan Arduino.

b. Membuat Jobsheet *Electromyograph*

Jobsheet merupakan lembar kerja yang digunakan sebagai petunjuk praktikum oleh mahasiswa. Pembuatan jobsheet *electromyograph* menggunkan kertas HVS ukuran A4. Sampul jobsheet dibuat lebih tebal menggunkan kertas Art paper. Jobsheet terdiri dari 3 materi yaitu 1) Penguat Biopotensial, 2) Filter, dan 3) EMG dengan Arduino. Setiap jobsheet tersusun dari tujuan pembelajaran, teori dasar, alat dan bahan, keselamatan kerja, langkah kerja, bahan diskusi, dan kesimpulan. Berikut merupakan hasil dari pembuatan jobsheet.



Gambar 27. Sampul Jobsheet

c. Uji Fungsionalitas Trainer kit

Setelah pembuatan trainer selesai kemudian dilakukan pengujian fungsionalitas atau unjuk kerja dari trainer kit. Pengujian trainer yang dilakukan dengan unjuk kerja setiap rangkaian elektronik. Berikut adalah hasil uji coab masing masing rangkaian.

1) Power Supply

Rangkaian catu daya ini terdapat dua bagian yaitu +9V dan -9V untuk sumber tegangan semua rangkaian dalam trainer. Pengukuran dilakukan dengan multimeter. Berdasarkan pengujian menunjukkan bahwa keluarana dari *power supply* sebesar +8,9V dan -9,2V. Berdasarkan hasil pengukuran tersebut dapat disimpulkan bahwa *power supply* bekerja dengan baik.

2) Penguat Instumentasi

Besar penguatan pada rangakain penguatan AD620 sebesar 108 kali. Data penguatan dapat dilihat pada Tabel 9.

Tabel 9. Hasil Uji Penguatan

No	Tegangan Input (mV)	Tegangan output secara Teori (mV)	Tegangan output (mV)	Gain	Error
1	10	1080	980	98	9%
2	20	2160	2100	105	3%
3	30	3240	3200	106	2%
4	40	4320	4200	105	3%
Rata rata error					4%

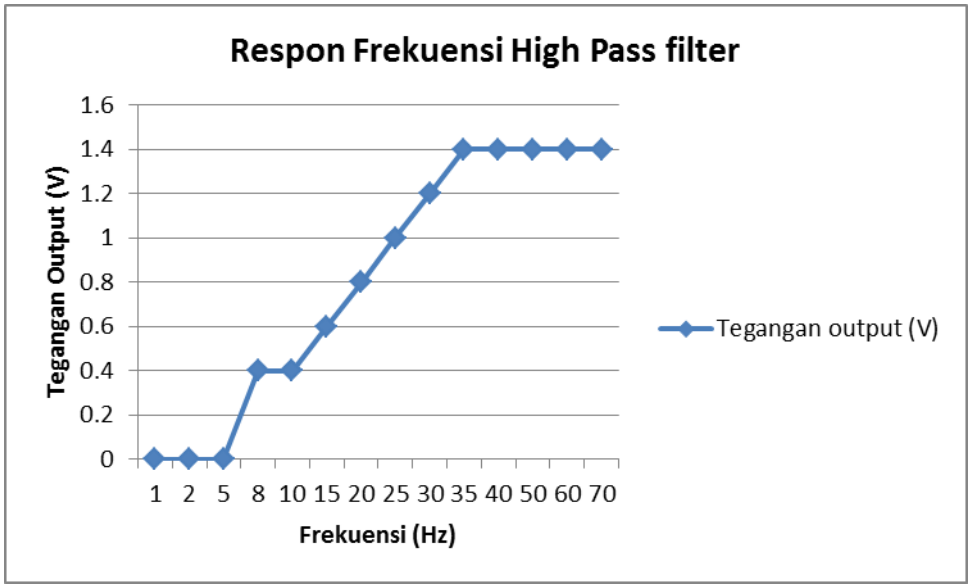
Percobaan penguat AD620 pada Tabel 9 menunjukkan hasil pengukuran gain/penguatan yang beragam. Dari hasil tersebut dapat diketahui bahwa rangkaian penguat AD620 memiliki rata rata tingkat error sebesar 4%. Penguatan didapatkan dengan pemberian besaran Rg(resistor gain) yang di hubungkan pada pin 1 dan 8 AD620. Berdasarkan rangkaian penguat yang telah dibuat, Rg pada rangkaian didaptkan dengan memberikan dua Resistor sebesar 22KΩ dan sebuah resistor 470Ω, dimana resistor 22KΩ disusun secara seri kemudian di parallel dengan resistor 470Ω. Dengan demikian didapatkan penguatana sebesar 108 kali hasil dari perhitungan secara teori sedangkan secara prakteknya penguatan tidak mesti tepat 108 kali.

3) *High pass filter*

Pengujian rangkaian ini dilakukan menggunakan AFG sebagai input dan untuk melihat outputnya menggunkan Osciloscope. Besaran input yang diberikan yaitu amplitudo 1 V dan untuk frekuensinya diubah ubah. Dalam rangkaian *high pass filter* juga menggunkan IC OP07 yang diberi resistor sebesar 33kΩ dan 56kΩ, sehingga didaptkan penguatan sebesar 1.6 kali. Berikut adalah hasil uji respon frekuensi *high pass filter* pada Tabel 10.

Tabel 10. Respon Frekuensi *High Pass FIlter*

No.	Frekuensi (Hz)	Tegangan Input (V)	Tegangan output (V)	Av
1.	1	1	0	0
2	2	1	0	0
3	5	1	0	0
4	8	1	0.4	0.4
5	10	1	0.4	0.4
6	15	1	0.6	0.6
7	20	1	0.8	0.8
8	25	1	1	1
9	30	1	1.2	1.2
10	35	1	1.4	1.4
11	40	1	1.4	1.4
12	50	1	1.4	1.4
13	60	1	1.4	1.4
14	70	1	1.4	1.4



Gambar 28. Grafik Respon Frekuensi *High Pass filter*

Berdasarkan grafik respon frekuensi dapat dilihat bahwa tegangan output mulai stabil di 1.4V saat frekuensi berada di 35Hz keatas. Sedangkan penguatan pada tegangan mulai terjadi di frekuensi 25Hz keatas. Dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa rangkaian *high pass filter* dapat bekerja dengan baik karena dapt meloloskan frekuensi tinggi yang diharapkan yaitu sebesar 20Hz keatas.

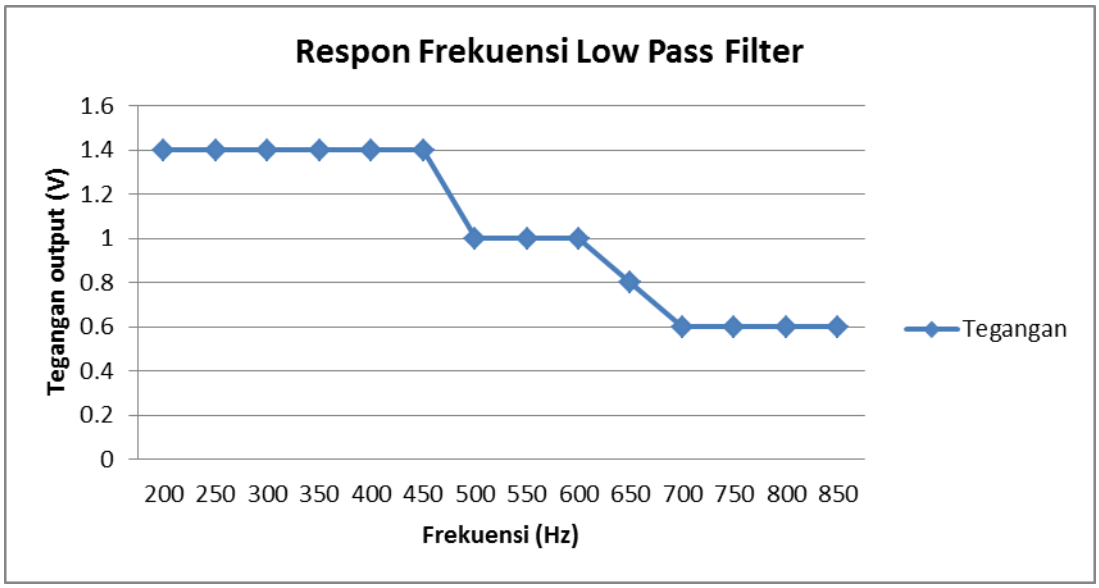
4) Low pass filter

Rangkaian *Low pass filter* yang dibuat ini berdasarkan desain sebelumnya memiliki frekuensi *cut off* sebesar 500Hz. Tabel 11 merupakan respon frekuensi rangkaian *Low pass filer*.

Tabel 11. Respon Frekuensi *Low Pass Filter*

No.	Frekuensi (Hz)	Tegangan Input (V)	Tegangan output (V)	Av
1.	200	1	1.4	1.4
2	250	1	1.4	1.4
3	300	1	1.4	1.4
4	350	1	1.4	1.4
5	400	1	1.4	1.4
6	450	1	1.4	1.4
7	500	1	1	1
8	550	1	1	1
9	600	1	1	1

10	650	1	0.8	0.8
11	700	1	0.6	0.6
12	750	1	0.6	0.6
13	800	1	0.6	0.6
14	850	1	0.6	0.6



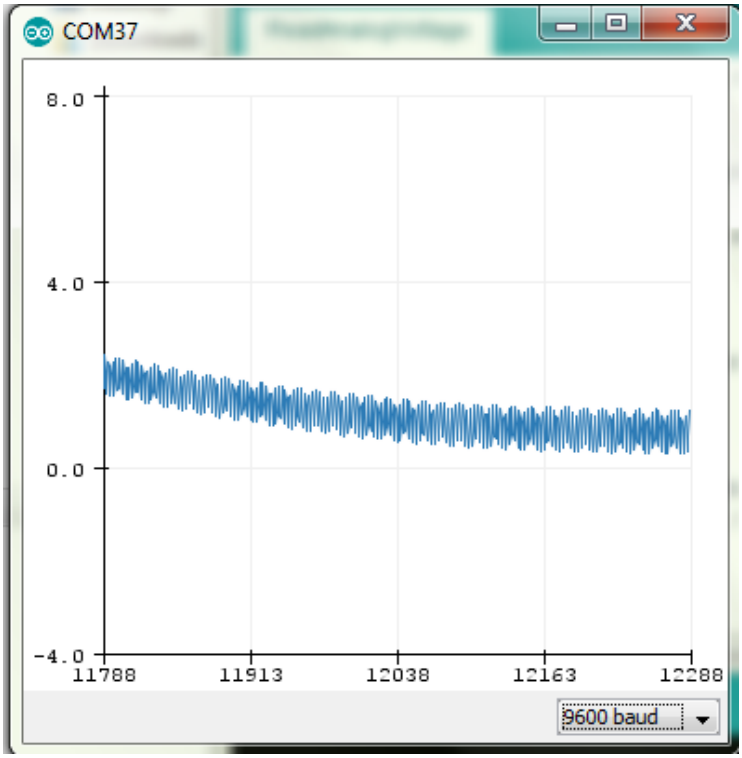
Gambar 29. Grafik Respon Frekunsi *Low Pass Filter*

Dari data hasil respon frekuensi dapat dilihat bahwa pada frekuensi 500 mulai terjadi penurunan tegangan. Dan seterusnya pada frekuensi 550 hingga frekuensi diatasnya terjadi penurunan sesuai dengan karakteristik *Low pass filter* orde 2. Dapat disimpulkan bahwa rangkaian *low pass filter* dapat bekerja dengan baik karena dapt meloloskan frekuensi rendah yang diharapkan yaitu sebesar 500Hz kebawah.

5) *Level shifter*

Rangakaian level shifter diuji dengan memberikan masukan tegangan dengan AFG dan keluaran dari rangkaian level shifter ditampilkan pada serial Arduino IDE. Resistor variable diatur sedemikian rupa sehingga keluaran dari rangkaian naik atau turun hingga seluruh sinyal mempunyai polaritas positif. Dari pengamatan didapatkan bahwa rangkaian *level shift*er dapat mengakomodasi keperluan untuk menaikkan tegangan *offset* sinyal EMG sampai

seluruh sunyla mempunyai polaritas positif. Dengan ini berarti level shifter mampu manikkan level tenganan menjadi positif seluruhnya.



Gambar 30. Uji Level Shifter

d. Validasi isi dan Validasi konstruk

Media pembelajaran yang telah selesai dibuat kemudian divalidasi menggunakan isntrumen yang telah di buat dan divalidasi oleh validator instrument. Terdapat dua yang dilakukan yaitu meliputi validasi isi dan validasi konstruk.

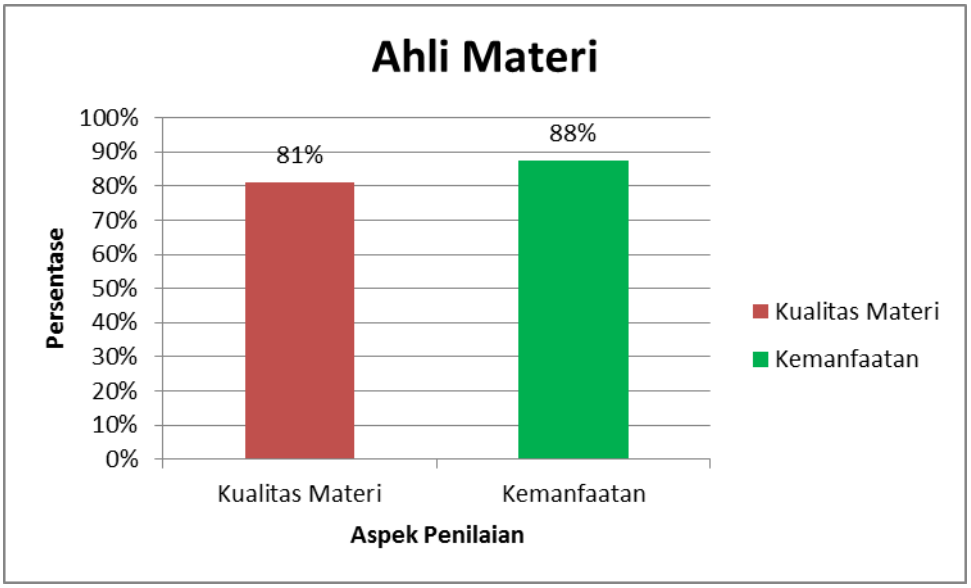
1) Validasi Isi / Validasi Materi

Validasi materi dilakukan oleh dosen ahli materi. Validasi ini dilakukan agar memiliki materi yang baik. Penilaian pada isntrumen ahli materi mencakup dua aspek yaitu kualitas materi dan kemanfaatan. Validasi dilakukan oleh dua dosen jurusan Pendidikan Teknik Elektronika dan Informatika. Hasil validasi oleh kedua ahli materi dapat dilihat pada Tabel 12.

Tabel 12. Validasi Ahli Materi

Aspek	Nomor butir	Skor Maks	Skor Ahli 1	Skor Ahli 2
Kualitas Materi	1	4	4	3
	2	4	4	3
	3	4	4	3
	4	4	4	3
	5	4	3	2
	6	4	3	2
	7	4	4	4
	8	4	4	4
	9	4	3	2
	10	4	3	2
	11	4	3	3
	12	4	3	4
	13	4	4	3
	14	4	3	3
	15	4	3	4
	16	4	4	3
Jumlah		64	56	48
Jumlah total			104	
Rerata			52	
Persentase			81%	
Kemanfaatan	17	4	4	3
	18	4	4	3
	19	4	4	3
	20	4	4	3
Jumlah		16	16	12
Jumlah total			28	
Rerata			14	
Persentase			88%	
Persentase Rerata Ahli			84%	

Berdasarkan tabel hasil validasi materi ditinjau dari aspek kualitas materi dan kemanfaatan maka dapat digambarkan dalam diagram seperti pada Gambar 31.



Gambar 31. Persentase Ahli Materi

Dari hasil perhintungan pada tabel setelah diolah, didapatkan persentase rerata kedua ahli materi sebesar 84%. Dengan persentase kelayakan sebesar 84% maka media pembelajaran *Electromyograph* dikategorikan sangat layak digunkan sebagai media pembelajaran pada mata kuliah Instrumentasi dan Elektronika Medis. Tabel 13 merupakan konversi skor menggunakan skala 4 untuk uji validasi materi.

Tabel 13. Persentase Kelayakan

No.	Skor dalam persen	Kategori
1	0% – 25%	Sangat Tidak Layak
2	25% – 50%	Tidak Layak
3	50% – 75%	Layak
4	75% – 100%	Sangat Layak

2) Validasi Media

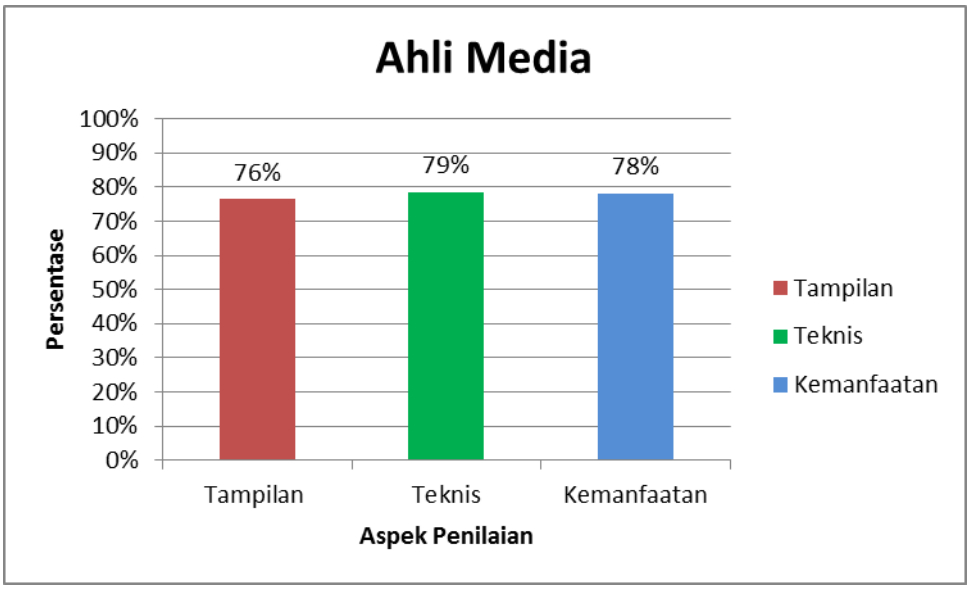
Media pembelajaran Trainer Kit *Electromyograph* perlu dilakukan validasi supaya produk memiliki kualitas yang baik. Dalam validasi media tertadapat tiga aspek yang dinilai yaitu aspek tampilan, aspek teknis, dan aspek kemanfaatan. Validasi media dilkuakan oleh dua orang dosen ahli

jurusan pendidikan Teknik Elektronika dan Informatika. Berikut hasil dari validasi ahli media.

Tabel 14. Validasi Ahli Media

Aspek	Nomor Butir	Skor Maks	Skor Ahli 1	Skor Ahli 2
Tampilan	1	4	3	4
	2	4	3	3
	3	4	3	3
	4	4	3	3
	5	4	3	4
	6	4	3	4
	7	4	2	3
	8	4	2	3
	9	4	3	3
Jumlah		36	25	30
Jumlah Total			55	
Rerata			27.5	
Persentase			76%	
Teknis	10	4	3	3
	11	4	3	4
	12	4	4	3
	13	4	3	3
	14	4	3	3
	15	4	3	3
	16	4	3	3
Jumlah		28	22	22
Jumlah Total			44	
Rerata			22	
Persentase			79%	
Kemanfaatan	17	4	3	3
	18	4	3	3
	19	4	3	3
	20	4	3	3
	21	4	3	3
	22	4	3	4
	23	4	3	3
	24	4	3	4
Jumlah		32	24	26
Jumlah Total			50	
Rerata			25	
Persentase			78%	
Persentase rerata ahli			78%	

Dari tabel validasi media ditinjau dari ketiga aspek yaitu aspek tampilan, aspek teknis, dan kemanfaatan maka dapat digambarkan dalam sebuah diagram sebagai berikut



Gambar 32. Persentase Ahli Media

Berdasarkan perhitungan diperoleh hasil rerata persentase rerata kedua ahli media sebesar 78%. Dengan persentase kelayakan sebesar 78% maka trainer kit *electromyography* (EMG) sangat layak digunakan sebagai media pembelajaran pada mata kuliah Instrumentasi dan Elektronika Medis berdasarkan tabel konversi kelayakan.

4. Implementasi (*Implement*)

Tahap implementasi merupakan langkah yang dilakukan setelah tahap pengembangan selesai. Pada tahap implementasi ini dilakukan pengujian media pembelajaran terhadapa pengguna. Uji pemakaian dilakukan oleh mahasiswa Pendidikan Teknik Elektronika yang sudah menempuh mata kuliah Instrumentasi dan Elektronika Medis.

a. Hasil Uji Validitas Instrumen

Menguji validitas instrument yang digunakan untuk mengetahui apakah instrument yang digunakan valid atau tidak. Pada tahap sebelunya

instrument telah divalidasi oleh validator instrument untuk mengkoreksi terhadap isi maupun tata penulisan butir instrument yang digunakan. Tabel 15 menunjukan hasil uji validitas pada butir 1 instrumen.

Tabel 15. Uji Validitas Instrumen Pengguna

Responden	X	Y	XY	X^2	Y^2
1	3	90	270	9	8100
2	3	94	282	9	8836
3	3	90	270	9	8100
4	3	92	276	9	8464
5	3	103	309	9	10609
6	4	98	392	16	9604
7	3	88	264	9	7744
8	3	88	264	9	7744
9	3	84	252	9	7056
10	3	90	270	9	8100
11	3	88	264	9	7744
12	3	101	303	9	10201
13	3	96	288	9	9216
14	4	97	388	16	9409
15	3	94	282	9	8836
16	3	97	291	9	9409
17	3	88	264	9	7744
18	3	106	318	9	11236
19	3	81	243	9	6561
20	4	109	436	16	11881
∑	63	1874	5926	201	176594

Berdasarkan data pada tabel butir 1 dapat diambil nilai sebagai berikut:

$\sum X = 63$

$\sum Y = 1874$

$\sum XY = 5926$

$\sum X^2 = 201$

$\sum Y^2 = 176594$

$N = 20$

Valid atau tidaknya butir pertama diketahui dengan cara mengkorelasikan skor butir X terhadapa skor total Y. Berikut perhitungannya:

$$r_{xy} = \frac{\mathrm{n}\sum X_i Y_i - (\sum X_i)(\sum Y_i)}{\sqrt{\{n\sum X_i^2 - (\sum X_i)^2\}\{n\sum Y_i^2 - (\sum Y_i)^2\}}}$$

$$r_{xy} = \frac{20\mathrm{x}5926 - (63)(1874)}{\sqrt{\{20x201 - 63^2\}\{20x176593 - 1874^2\}}}$$

$$r_{xy} = 0.453$$

Berdasarkan nilai tabel r *product moment* dengan jumlah n = 20 dan taraf signifikansi 5% maka r tabelnya sebesar 0.444. Kriteria untuk uji validasi butir instrument apabila r hitung (r_{xy}) lebih dari r tabel maka butir dianggap valid dan sebaliknya apabila kurang dari r tabel maka dianggap tidak valid. Seluruh hasil perhitungan butir dapat dilihat pada Tabel 16.

Tabel 16. Hasil Validitas Pengguna

Butir	r hitung	r tabel	Keterangan	Butir	r hitung	r tabel	Keterangan
1	0.453	0.444	valid	16	0.203	0.444	tdk valid
2	0.599	0.444	valid	17	0.622	0.444	valid
3	0.506	0.444	valid	18	0.493	0.444	valid
4	0.585	0.444	valid	19	0.577	0.444	valid
5	0.547	0.444	valid	20	0.461	0.444	valid
6	0.496	0.444	valid	21	0.453	0.444	valid
7	0.530	0.444	valid	22	0.542	0.444	valid
8	0.697	0.444	valid	23	0.347	0.444	tdk valid
9	0.620	0.444	valid	24	0.621	0.444	valid
10	0.594	0.444	valid	25	0.446	0.444	valid
11	0.488	0.444	valid	26	0.668	0.444	valid
12	0.605	0.444	valid	27	0.516	0.444	valid
13	0.451	0.444	valid	28	0.612	0.444	valid
14	0.610	0.444	valid	29	0.290	0.444	tdk valid
15	0.444	0.444	valid				

Hasil dari tabel menunjukkan bahwa sebagian besar butir instumen sudah valid, ada 3 butir yang tidak valid yaitu pada butir nomor 16, 23, dan 29. Butir instrument yang valid akan dihitung untuk olah data pada uji kelayakan pengguna, sedangkan yang tidak valid tidak akan dihitung.

Pengurangan dapat dilakukan karena butir yang dihilangkan tidak valid masih mempunyai butir lain dalam aspek penilaian.

b. Hasil Uji Reliabilitas Instrumen

Uji reliabilitas dilakukan untuk mengukur apakah hasil data akan sama apabila diujikan pada waktu yang berbeda paada objek yang sama. Telah diketahui nilai n sebesar 29, $\sum\sigma_t^2$ sebesar 6.689, dan σ_t^2 sebesar 52.642 Pengujian reliabilitas dihitung dengan rumus alpha seperti berikut

$$r_i = \left(\frac{k}{(k-1)}\right)\left(1 - \frac{\sum \sigma_t^2}{\sigma_t^2}\right)$$

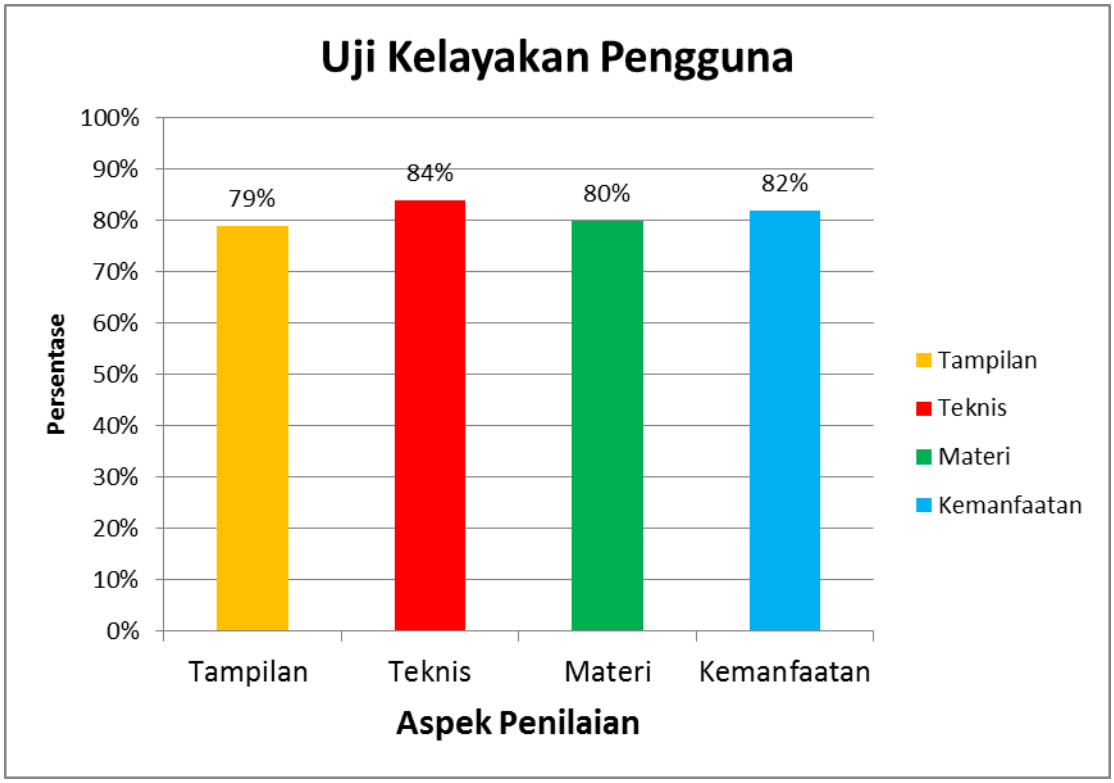
$$r_i = \left(\frac{29}{(29-1)}\right)\left(1 - \frac{6.689}{52.642}\right)$$

$$r_i = 0.9041$$

Berdasarkan hasil perhitungan nilai r_i sebesar 0.9041. jika dilihat pada tabel maka hasil uji reliabilitas masuk dalam kategori sangat tinggi sehingga instrument dapat dipercaya untuk pengambilan data.

c. Hasil Uji Kelayakan Pemakai

Setelah dilakukan perhitungan validasi intrumen dan reliabilitas dapat diketahui hasil penilaian media pembelajaran. Penilaian media pembelajaran trainer kit *electromyograph* meliputi empat aspek yaitu aspek tampilan, teknis, materi dan kemanfaatan. Untuk perhitungan uji kelayakan terdapat dalam lampiran. Dari hasil perhitungan diperoleh data aspek tampilan memiliki tingkat kelayakan sebesar 79%, aspek teknis 84%, aspek materi 80% dan aspek kemanfaatan 82%. Sesuai dengan tabel *rating scale* tingkat kelayakan maka dari keempat aspek penilaian tersebut media pembelajaran dapat dikatakan sangat layak untuk digunakan. Dari keempat aspek tersebut kemudian dihitung keseluruhan maka didapatkan persentase sebesar 81%. Dengan hasil ini media pembelajaran trainer kit elektromyograph sangat layak untuk digunkan.



Gambar 33. Persentase Kelayakan Pengguna

B. Kajian Produk Akhir

Kajian produk akhir masuk dalam tahapan evaluasi. Produk akhir dari pengembangan media pembelajaran ini adalah *hardware* trainer kit *Electromyograph* (EMG) dan jobsheet materi *electromyography*. Media pembelajaran ini digunakan pada mata kuliah Instrumentasi dan Elektronika Medis di Jurusan Pendidikan elektronika dan informatika. Hasil analisis data pada tahap implementasi menunjukkan tingkat kelayakan trainer kit *electromyograph* adalah sangat layak. Penilaian oleh dosen ahli materi sebesar 84%, dosen ahli media sebesar 78%. Walaupun sudah mendapatkan hasil yang baik dan dikategorikan sangat layak tetapi media pembelajaran ini masih perlu dilakukan perbaikan dari segi tampilan, materi dalam jobsheet dan pengemasan produknya.

1) Validasi Ahli Materi

Validasi materi ini dilakukan oleh 2 orang ahli dibidang instrumentasi dan elektronika medis menggunakan angket. Angket penilaian yang digunakan

pada ahli mencakup aspek kualitas materi dan kemanfaaatan. Data kelayakan trainer kit *Electromyograph* berdasarkan data dari kedua ahli materi mendapatkan persentase rata-rata hasil sebesar 84% dengan rincian aspek kualitas materi sebesar 81% dan kemafaatan sebesar 88%. Meskipun dari segi penilaian dosen ahli materi masuk dalam kategori sangat baik dan layak tetapi masih perlu adanya beberapa perbaikan pada materi terutama pada jobsheet. Adapun masukan yang diberikan dosen ahli diantaranya: (1) Gambar pada jobsheet lebih diperjelas dan diberi nomor, (2) Masih adanya kesalahan penulisan pada jobsheet, (3) Gambar tidak konsisten antara simbol pada trainer kit dan yang ada di jobsheet untuk praktikum, (4) Penambahan pada jobsheet materi filter dengan penambahan tugas gambar hasil dari respon frekuensi.

Masukan tersebut digunakan untuk perbaikan pada materi dalam jobsheet agar lebih baik saat dipakai oleh pengguna.

2) Validasi Ahli Media

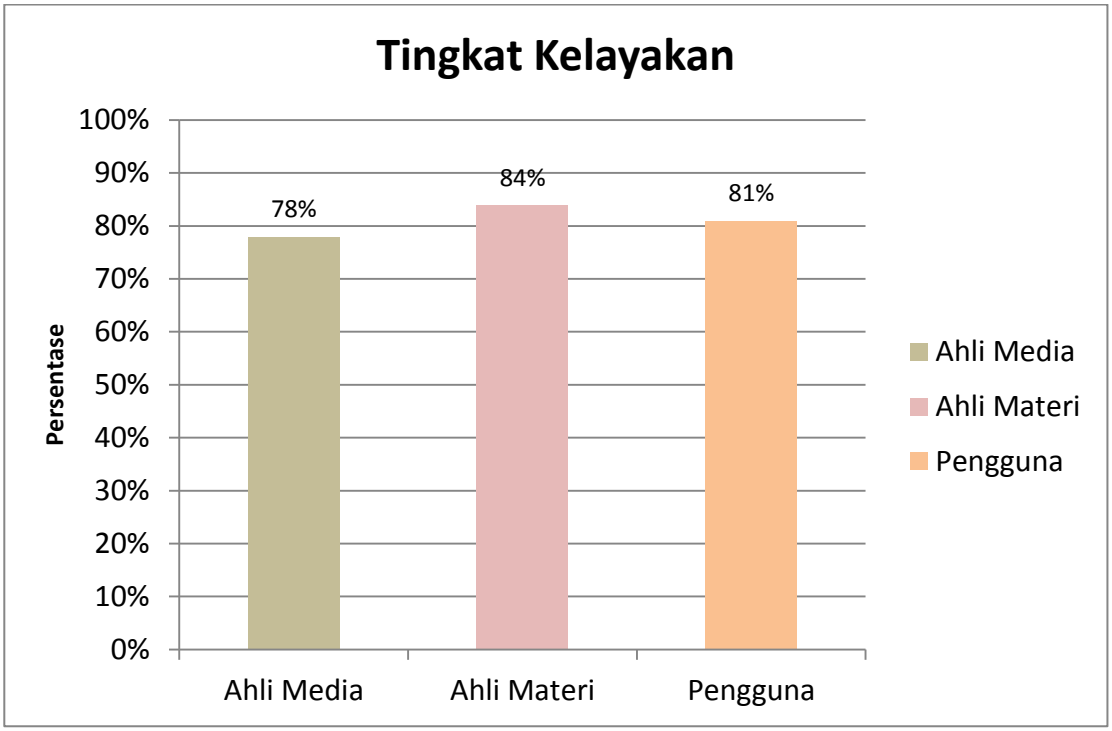
Seperti halnya pada validasi ahli materi, validasi pada ahli media ini juga dilakukan oleh 2 orang dosen ahli. Aspek penilaian oleh ahli media meliputi kualitas tampilan, kualitas teknis, dan kemanfaatan. Penilain dari dosen ahli memperoleh rata-rata persentase sebesar 78% dengan kategori sangat layak. Rincian tiap aspeknya yaitu, 76% pada aspek tampilan, 79% pada aspek teknis, dan sebesar 78% pada aspek kemanfaatan. Walaupun hasil yang didapatkan masuk dalam kategori sangat layak, trainer kit masih perlu adanya perbaikan. Berikut adalah masukan dari kedua ahli media yang digunakan sebagai perbaikan sebelum diujikan pada pengguna trainer kit ini: (1) Gambar pada trainer kurang besar, (2) tulisan keterangan di trainer kurang jelas, (3) penambahan keterangan nama pin pada trainer untuk Arduino, (4) bahan yang yang digunakan untuk trainer kit agar lebih kuat dan tidak mudah pecah, (5) rangkaian filter bisa diubah ubah frekuensi *cut off*-nya.

Setelah dilakukan perbaikan bentuk trainer ki *Electromyograph (*EMG) dapat dilihat pada Gambar 34.

Gambar 34. Trainer Kit Akhir

Bentuk akhir dari trainer kit *Electromyograph* pada Gambar 34 memiliki ukuran panjang 317.95 mm, lebar 206 mm dan tinggi 50 mm. untuk input tegangannya menggunakan sebesar 220 VAC. Didalam sudah terdapat regulator tegangan agar tegangan yang masuk kerangkaian sebesar +9V dan -9V. Bahan tetap menggunakan akrilik dengan tebal 3 mm. Sebenarnya bahan akrilik ini kurang kuat apalagi kalau terjatuh kemungkinan pecahnya cukup besar.

Saran dari dosen ahli setelah selesai divalidasikan kemudian dilanjutkan uji coba trainer kit pada pengguna yaitu mahasiswa. Setelah di ujicoba pada responden mahasiswa diperoleh tingkat kelayakan sebesar 81% dengan rincian tampilan sebesar 79%, teknis sebesar 84%, materi sebesar 80% dan kemanfaatan sebesar 82%. Media pembelajaran trainer kit *electromyography* masuk dalam kategori sangat layak untuk digunkan dalam pembelajaran. Hasil tersebut menunjukkan bahwa trainer kit *Electromyograph* sesuai dengan kebutuhan responden atau mahasiswa dalam pembelajaran.



Gambar 35. Persentase Kelayakan

C. Keterbatasan Penelitian

Dalam penilitian dan pengembangan trainer kit *Electromyograph* memiliki beberapa keterbatasan diantaranya sebagai berikut:

1. Bahan yang digunakan sebagai trainer kit *Electromyograph* hanya menggunakan bahan dari plastic akrilik setebal 3mm. Bahan akrilik ini sebernarnya tidak cukup kuat apalagi untuk praktikum apabila terjatuh kemungkinan untuk rusak karena pecah cukup besar.
2. Pengukuran dari setiap rangkaian belum bisa diubah nilainya missal nilai *cut off* frekuensi pada filter. Sehingga tidak bisa menentukan mau berapa fekuensi *cut off* nya. Besar penguatan pada rangkaian penguat belum bisa diubah juga besarannya.