

## BAB II KAJIAN PUSTAKA

### A. Kajian Teori

#### 1. *Trainer*

##### a. Pengertian *Trainer*

Seiring dengan perkembangan jaman, teknologi pun juga turut berkembang dengan pesat. Perkembangan teknologi yang pesat juga mempengaruhi dunia pendidikan, terutama pada media untuk pembelajarannya. Penggunaan media pembelajaran secara efektif merupakan salah satu upaya untuk meningkatkan proses pembelajaran.

Kata “media” berasal dari bahasa latin yang merupakan bentuk jamak dari kata “medium” yang memiliki arti secara harfiah yaitu pengantar atau perantara. Segala sesuatu yang dapat digunakan untuk menyalurkan pesan yang bisa merangsang pikiran, perasaan, perhatian, dan kemauan siswa untuk belajar (Miarso 1989, dalam Rudi dan Cipi 2009 : 6). Menurut Briggs dalam Sumiharsono, R. & Hasanah, H. (2017 :3) media Pembelajaran adalah alat yang dapat digunakan untuk memberikan perangsang bagi siswa supaya terjadi proses belajar.

Media pembelajaran perlu dikelompokkan, hal ini dimaksudkan agar sumber dan media belajar menunjuk pada suatu jenis media tertentu, serta memudahkan pendidik dalam memilih media yang sesuai dengan pesan yang akan disampaikan dalam pembelajaran. Anderson dalam Sadiman dkk (2010 : 95) mengelompokkan media pembelajaran seperti pada Tabel 1.

Berdasarkan pengelompokan seperti pada Tabel 1, *trainer* dapat dimasukkan kedalam jenis media pembelajaran kategori objek fisik. Pengertian *trainer* sendiri menurut Yunus (2016: 15) dalam penelitiannya mengemukakan bahwa kata *trainer*, *mock up* dan model rakitan memiliki pengertian yang sama. Trainer dapat diartikan sebagai penyederhanaan bagian yang kompleks untuk diambil sebagian, sehingga dapat memudahkan siswa untuk mempelajarinya.

Tabel 1. Pengelompokan Media Pembelajaran

No	Pengelompokan Media	Media Instruksional
1.	Audio	Kaset audio, siaran radio, CD, telepon
2.	Cetak	Buku pelajaran, Modul, brosur, leaflet, gambar
3.	Audio-Cetak	Kaset audio yang dilengkapi bahan tertulis
4.	Proyeksi Visual Diam	film bingkai (slide)
5.	Proyeksi Visual Diam Audio	Film bingkai (slide) suara
6.	Visual Gerak	Film bisu dengan judul
7.	Visual Gerak Audio	Film bergerak bersuara, video/VCD, televisi
8.	Obyek Fisik	Benda nyata, model, specimen
9.	Manusia dan Lingkungan	
10.	Koputer	Program instruksional terkomputer (CAI)

*Trainer* merupakan suatu set peralatan laboratorium yang digunakan sebagai media pembelajaran (Rochayati & Suprpto, 2014: 128). Marpanaji, et al. (2017: 29) mengemukakan bahwa perpaduan antara *mock up*, model kerja, dan media cetak disebut juga dengan *trainer*.

Inggit Pangestu Rahmadiyah dan Meini Sondang S (2013) menyatakan bahwa *trainer* adalah suatu set peralatan di laboratorium yang dapat dilihat dan memiliki bentuk 3 dimensi dan digunakan sebagai media Pendidikan. Penggunaan *trainer* tersebut dimaksudkan untuk mendukung proses pembelajaran praktikum dalam menerapkan konsep dari teori yang telah dipelajari kedalam benda nyata. Sehingga penggunaan *trainer* dapat digunakan untuk

pembelajaran serta dapat melatih peserta didik untuk mencapai tujuan pembelajaran.

Berdasarkan pendapat beberapa para ahli tentang pengertian *trainer*, maka dapat disimpulkan bahwa *trainer* adalah suatu set peralatan laboratorium dimana merupakan media pembelajaran kategori objek fisik yang memiliki bentuk 3 dimensi yang dimaksudkan untuk memudahkan siswa dalam belajar.

#### **b. Manfaat Penggunaan *Trainer***

Dalam proses belajar mengajar penggunaan metode belajar dan media yang digunakan sangat berkaitan satu sama lain. Manfaat *trainer* dalam proses pembelajaran adalah sebagai alat bantu mengajar atau sebagai media belajar yang turut mempengaruhi kondisi dan lingkungan belajar yang diciptakan oleh guru.

Menurut Umi Rochayati & Suprpto (2014:129) *trainer* digunakan untuk menunjang pembelajaran peserta didik dalam menerapkan pengetahuan / konsep-konsep yang diperolehnya pada benda nyata, karena bisa dipakai latihan dalam memahami pekerjaan. Penggunaan *trainer* juga dapat membantu proses belajar mengajar dalam meningkatkan keterampilan siswa dalam praktikum.

Menurut Inggit Pangestu Ramadiyah & Meini Sondang S (2015: 147) dalam penelitiannya, *trainer* dapat digunakan untuk menerapkan materi/konsep pengetahuan ke praktik sehingga keabstrakan pengetahuan dan verbalitas dapat dikurangi.

Levie dan Lentz (1982) dalam Sumiharsono, R. & Hasanah, H. (2017 :11) mengemukakan empat fungsi media pembelajaran khususnya media visual yaitu :

##### **1) Fungsi Atensi**

Fungsi atensi pada media visual merupakan inti, yaitu menarik dan mengarahkan perhatian siswa untuk berkonsentrasi terhadap isi pelajaran yang berkaitan dengan makna visual yang ditampilkan atau menyertai teks materi pelajaran. Seringkali pada awal pelajaran siswa tidak tertarik dengan materi pelajaran sehingga siswa tidak memperhatikan. Dengan menambahkan media gambar khususnya gambar yang diproyeksikan menggunakan *overhead projector* (OHP) dapat mengarahkan

perhatian siswa. Dengan demikian, kemungkinan untuk memperoleh dan mengingat isi pelajaran akan semakin besar.

#### 2) Fungsi Afektif

Media visual dapat terlihat dari tingkat kenyamanan siswa ketika belajar atau membaca teks yang bergambar. Gambar visual dapat menggugah emosi dan sikap siswa, misalnya informasi yang menyangkut masalah sosial atau ras.

#### 3) Fungsi Kognitif

Fungsi kognitif media visual terlihat dari temuan-temuan penelitian yang mengungkapkan bahwa lambang visual atau gambar memperlancar pencapaian tujuan untuk memahami dan mengingat informasi atau pesan yang terkandung dalam gambar.

#### 4) Fungsi Kompensatoris

Fungsi kompensatoris media pengajaran terlihat dari hasil penelitian bahwa media visual yang memberikan konteks untuk memahami teks membantu mahasiswa yang lemah dalam membaca untuk mengorganisasikan informasi dalam teks dan mengingatnya kembali. Media pengajaran berfungsi untuk mengakomodasi mahasiswa yang lemah dan lambat menerima dan memahami isi pelajaran yang disajikan dengan teks atau disajikan secara verbal.

Menurut Sukiman (2012: 44) fungsi media pembelajaran adalah sebagai berikut.

- 1) Media pembelajaran dapat memperjelas penyajian pesan dan informasi sehingga dapat memperlancar dan meningkatkan proses dan hasil belajar.
- 2) Media pembelajaran dapat meningkatkan dan mengarahkan perhatian anak sehingga dapat menimbulkan motivasi belajar.
- 3) Media pembelajaran dapat mengatasi keterbatasan indera, ruang, dan waktu.

Menurut Arsyad (2011: 26-27) manfaat media pembelajaran dalam proses belajar mengajar adalah sebagai berikut.

- 1) Media pembelajaran dapat memperjelas penyajian pesan dan Informasi.

- 2) Media pembelajaran dapat meningkatkan dan mengarahkan perhatian anak yang dapat menimbulkan motivasi belajar.
- 3) Media pembelajaran dapat mengatasi keterbatasan media, ruang, dan waktu.
- 4) Media pembelajaran dapat menimbulkan kesamaan antara siswa tentang pengalaman-pengalaman belajar.

Sadiman, dkk (2010:17-18) mengemukakan manfaat media dalam proses belajar mengajar, antara lain :

- 1) Memperjelas penyajian pesan agar tidak terlalu bersifat verbalistis.
- 2) Mengatasi keterbatasan ruang, waktu, dan daya indera.
- 3) Penggunaan media pendidikan secara tepat dan bervariasi dapat mengatasi sikap pasif anak didik.
- 4) Memberikan perangsang yang sama.

Berdasarkan beberapa pendapat diatas, media pembelajaran khususnya *trainer* memiliki banyak manfaat dalam penyampaian materi dalam proses pembelajaran. *trainer* pembelajaran dapat memperjelas penyajian pesan dan informasi sehingga *trainer* dapat meningkatkan dan mengarahkan perhatian siswa. Penggunaan *trainer* pada tahap orientasi pembelajaran akan sangat membantu keefektifan proses pembelajaran dan penyampaian pesan karena *trainer* dapat mengatasi keterbatasan media, ruang, dan waktu. Selain itu *trainer* tidak hanya memudahkan siswa dalam menerima pembelajaran, akan tetapi juga mempermudah guru dalam hal penyampaian materi pembelajaran.

### **c. Kriteria Pemilihan *Trainer***

Dalam penggunaan *trainer* sebagai media pembelajaran yang terpenting bukanlah seberapa canggih *trainer* tersebut, akan tetapi seberapa besar dampak dan peranan *trainer* dalam membantu proses pembelajaran. Sehingga dalam pemilihannya *trainer* memiliki beberapa kriteria-kriteria. Kriteria pemilihan *trainer* sendiri tidak jauh berbeda dari kriteria pemilihan media pembelajaran, hal ini dikarenakan *trainer* merupakan bagian dari media pembelajaran kategori objek fisik.

Kriteria *trainer* menurut Umi Rochayati & Suprpto (2014:132) adalah:

- 1) trainer menumbuhkan rasa keinginan belajar,
- 2) trainer menumbuhkan pengertian baru,
- 3) trainer mampu memberikan gambaran tentang sifat dan kerja alat,
- 4) trainer memberikan gambaran nyata tentang materi

Menurut Arsyad (2011 : 75) kriteria pemilihan media bersumber dari konsep bahwa media merupakan bagian dari sistem instruksional secara keseluruhan. Untuk itu kriteria yang diperhatikan adalah 1) sesuai dengan tujuan yang ingin dicapai, 2) tepat untuk mendukung isi pelajaran bersifat fakta, konsep, prinsip atau generalisasi, 3) praktis, luwes dan bertahan, 4) guru terampil menggunakannya, 5) pengelompokkan sasaran, dan 6) mutu teknis.

Dick & Carey (1978) dalam Arief Sadiman dkk (2006 : 86) menyebutkan bahwa disamping kesesuaian dengan perilaku belajarnya, masih ada empat faktor yang harus dipertimbangkan dalam pemilihan media, yaitu :

- 1) Ketersediaan sumber setempat.
- 2) Apakah untuk membeli atau memproduksi media tersebut tersedia dana atau tidak, tenaga dan fasilitasnya.
- 3) Faktor yang menyangkut keluwesan, kepraktisan, dan ketahanan media yang bersangkutan untuk waktu yang lama, artinya media biasa digunakan di manapun dengan peralatan yang ada disekitarnya dan kapanpun serta mudah dijinjing dan dipindahkan.
- 4) Efektivitas biaya dalam jangka waktu yang panjang.

Menurut Sumiati dan Asra (2009: 169), media pembelajaran dapat dikatakan layak apabila memenuhi kriteria seperti pada Tabel 2.

Berdasarkan Tabel 2, pemilihan trainer sebagai media pembelajaran harus mempertimbangkan kriteria sebagai berikut :

- 1) Materi

Pada kriteria ini media pembelajaran dinilai dari kesesuaian terhadap kompetensi yang telah ditetapkan. Harus memiliki kualitas untuk mendorong siswa mwnjadi lebih kreatif dan

memberikan kesempatan belajar, dan harus sesuai dengan daya berpikir siswa.

2) Teknis

Pada kriteria ini media pembelajaran ditinjau dari peranannya dalam pembelajaran, yaitu media pembelajaran harus memiliki nilai guna meliputi kualitas alat, kekuatan, keawetan, fleksibilitas serta keamanan dari media tersebut saat digunakan dalam pembelajaran.

3) Tampilan

Kriteria ini menilai media pembelajaran dari segi bentuk, diantaranya tampilan yang estetis, keserasian ukura, keterbacaan tulisan, dan kerapian dari penyajian media pembelajaran.

Berdasarkan pendapat ahli diatas, kriteria media pembelajaran yang dapat dikatakan baik apabila memiliki tiga aspek, yaitu materi, teknis, dan estetika (tampilan).

Tabel 2. Kriteria Evaluasi Media Pembelajaran

No.	Kriteria	Indikator
1	Edukatif (Materi)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kesesuaian</li> <li>• Kelengkapan</li> <li>• Mendorong kreatifitas siswa</li> <li>• Memberikan kesempatan belajar</li> <li>• Kesesuaian dengan daya pikir siswa</li> </ul>
2	Teknis	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kualitas alat</li> <li>• Luwes atau fleksibel</li> <li>• Keamanan</li> <li>• Kemanfaatan</li> </ul>
3	Estetika (Tampilan)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bentuk yang estetis</li> <li>• Keserasian</li> <li>• Keterbacaan</li> <li>• Kerapian</li> </ul>

#### **d. Evaluasi Trainer**

Dalam pembuatan sebuah trainer perlu dipertimbangkan kelayakan *trainer* tersebut. Karena trainer sama seperti evaluasi pada media pembelajaran. Arif S. Sadiman, dkk (2010: 181-187) mengemukakan penilaian (evaluasi) ini dimaksudkan untuk mengetahui apakah media yang dibuat tersebut dapat mencapai tujuan–tujuan yang telah ditetapkan atau tidak. Ada 2 macam dalam pengujian media, yaitu evaluasi formatif dan evaluasi sumatif. Dalam penelitian ini menggunakan evaluasi formatif karena digunakan untuk mengetahui kelayakan trainer untuk pembelajaran. Tahapan evaluasi formatif adalah sebagai berikut :

1) Evaluasi satu lawan satu

Tahap ini adalah dengan dievaluasikan kepada ahli bidang studi, selain itu juga memilih beberapa siswa yang dapat mewakili populasi target dari trainer yang dibuat.

2) Evaluasi kelompok kecil

Tahap ini adalah menguji coba pada 10-20 siswa yang dapat mewakili populasi target .

3) Evaluasi lapangan

Tahap ini adalah tahap terakhir dalam evaluasi formatif. Pada evaluasi ini adalah menguji coba pada 31 peserta didik yang memiliki karakter berbeda-beda.

## **2. Mata Pelajaran Sistem Pengendali Elektronika**

Kurikulum 2013 revisi tahun 2018 telah diterapkan di SMK Negeri 1 Magelang dimana didalamnya menyatakan bahwa mata pelajaran Sistem Pengendali Elektronika diajarkan pada kelas XI kompetensi keahlian Elektronika Industri. Dalam mata pelajaran Sistem Pengendali Elektronika (khususnya praktikum) sebagian besar menggunakan komponen utama op-amp (*Operational Amplifier*).

Sesuai kurikulum 2013 revisi 2018, daftar kompetensi dasar ditunjukkan seperti pada Tabel 3.



Tabel 3. Kompetensi Dasar Mata Pelajaran Sistem Pengendali Elektronika

Kompetensi Dasar	Indikator Pencapaian Kompetensi
1	2
4.2 Membuat rangkaian pengatur model P (proporsi), dengan menggunakan penguat operasional ( <i>operational amplifier</i> )	4.2.1. Merangkai rangkaian pengatur Proporsi (P) dengan penyusun utama Op-Amp. 4.2.2. Menggambarkan keluaran pengatur proporsi dengan penyusun utama Op-Amp.
4.3 Membuat rangkaian pengatur model I ( <i>Integration</i> ), dengan menggunakan penguat operasional ( <i>operational amplifier</i> )	4.3.1. Merangkai rangkaian pengatur proporsi dengan penyusun utama Op-Amp. 4.3.2. Menggambarkan keluaran pengatur proporsi dengan penyusun utama Op-Amp.
4.4 Membuat rangkaian pengatur model D ( <i>Differential</i> ), dengan menggunakan penguat operasional ( <i>operational amplifier</i> )	4.4.1. Merangkai proporsi dengan penyusun utama Op-Amp. 4.4.2. Menggambarkan keluaran pengatur proporsi dengan penyusun utama Op-Amp.
4.5 Membuat rangkaian control dengan komponen elektro mekanikal/relay	4.5.1. Merangkai rangkaian pengatur PI dengan penyusun utama Op-Amp. 4.5.2. Menggambarkan keluaran rangkaian pengatur PI dengan penyusun utama Op-Amp.
4.6 Membuat rangkaian pengatur model PD ( <i>Proportion Differential</i> ), dengan menggunakan penguat operasional ( <i>operational amplifier</i> )	4.6.1. Merangkai rangkaian pengatur PD dengan penyusun utama Op-Amp. 4.6.2. Menggambarkan keluaran rangkain pengatur PD dengan penyusun utama Op-Amp.
4.7 Membuat rangkaian pengatur model PID ( <i>Proportion Integration Differential</i> ), dengan menggunakan penguat operasional ( <i>operational amplifier</i> )	4.7.1. Merangkaia rangkaian pengatur PID dengan penyusun utama Op-Amp. 4.7.2. Menggambarkan keluaran rangkaian pengatur proporsi dengan penyusun utama Op-Amp.

Tabel 3. (Lanjutan)

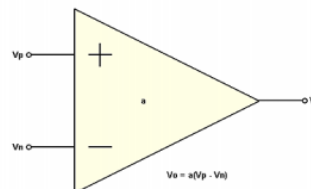
Kompetensi Dasar	Indikator Pencapaian Kompetensi
1	2
Membuat rangkaian pembangkit gelombang kotak, segitiga, dan sinus dengan menggunakan penguat operasional ( <i>operational amplifier</i> )	4.11.1. Merangkai rangkaian pembentukan gelombang kotak dan segitiga. 4.11.2. Mengukur keluaran rangkaian pembangkit gelombang kotak dan segitiga.
Membuat rangkaian pembangkit gelombang pembangkit pulsa <i>width modulation</i> (PWM) penguat operasional ( <i>operational amplifier</i> )	4.12.1. Merangkai rangkaian PWM dengan penyusun utama Op-Amp. 4.12.2. Menggambarkan keluaran PWM. 4.12.3. Mengendalikan kecepatan motor menggunakan rangkaian PWM.

### 3. Trainer Kit Op-Amp

Trainer ini memiliki komponen utama yaitu *operasional amplifier* atau biasa disebut dengan Op-Amp. Op-amp ini nantinya akan di rangkai menjadi rangkaian PID, pembangkit pulsa PWM dan rangkaian ADC komparator.

#### a. Op-Amp

*Operational Amplifier* atau penguat operasional atau lebih dikenal dengan Op-Amp merupakan komponen elektronika yang tersusun dari beberapa komponen seperti resistor dan transistor, yang disusun kedalam rangkaian terintegrasi atau lebih tepatnya IC (*Integrated Circuit*). Op-Amp memiliki symbol seperti pada Gambar 1.



Gambar 1. Simbol penguat operasional (Op-Amp)

(Sumber : <http://elektronika-dasar.web.id>)

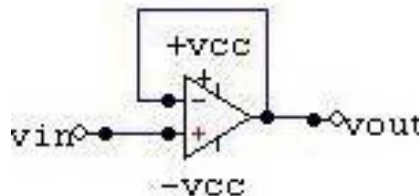
Pada Gambar 1, Op-Amp memiliki 2 inputan yaitu *inverting* (membalik) atau *non-inverting* (takmembalik) dan satu keluaran. Untuk mengetahui prinsip kerja Op-Amp, maka terlebih dahulu harus mengetahui karakteristik Op-Amp ideal seperti berikut :

- 1) Penguatan Tegangan *Open-loop* atau  $A_v = \infty$  (tak terhingga)
- 2) Tegangan *Offset* Keluaran (*Output Offset Voltage*) atau  $V_{oo} = 0$  (nol)
- 3) Impedansi Masukan (*Input Impedance*) atau  $Z_{in} = \infty$  (tak terhingga)
- 4) Impedansi Output (*Output Impedance*) atau  $Z_{out} = 0$  (nol)
- 5) Lebar Pita (*Bandwidth*) atau  $BW = \infty$  (tak terhingga)
- 6) Karakteristik tidak berubah dengan suhu

Mode operasi dari sebuah operasional amplifier (Op-Amp) dapat diset dalam beberapa mode penguatan sebagai berikut.

#### 1) Mode Loop Terbuka

Pada mode loop terbuka ini besar penguatan tegangannya adalah tak terhingga, sehingga dapat dikatakan besar tegangan output mendekati tegangan sumber. Skema rangkaian loop terbuka dapat dilihat pada Gambar 2.

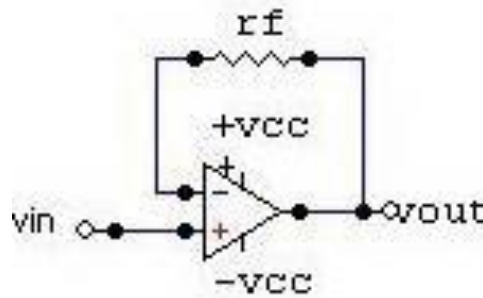


Gambar 2. Mode loop terbuka

(Sumber : <http://elektronika-dasar.web.id>)

#### 2) Mode Loop Tertutup

Pada mode loop tertutup ini besar tegangan keluarannya besar, akan tetapi tidak mencapai nilai maksimalnya. Skema rangkaian loop tertutup dapat dilihat pada Gambar 3.

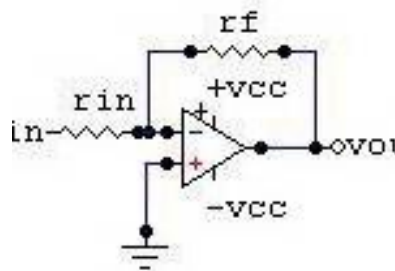


Gambar 3. Mode loop tertutup

(Sumber : <http://elektronika-dasar.web.id>)

### 3) Mode Penguatan Terkendali

Rangkaian Op-Amp dengan mode ini memiliki penguatan yang dapat dikendalikan dengan mengatur besar hambatan *feedback* dan hambatan *input*.



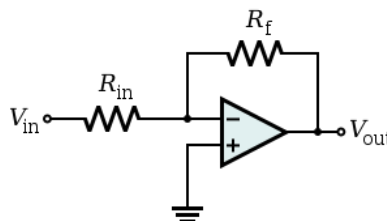
Gambar 4. Mode loop terkendali

(Sumber : <http://elektronika-dasar.web.id>)

Op-Amp dapat diterapkan menjadi bermacam-macam sesuai dengan perangkaiannya. Berikut adalah macam-macam penerapan rangkaian Op-Amp.

#### 1) Penguat Tegangan Membalik (*Inverting*)

Penerapan Op-amp menjadi penguat *inverting* ini adalah dengan menjadikan inputan *negative* sebagai *input* dan *input* positif ditanahkan seperti terlihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Rangkaian penguat tegangan membalik (*inverting*)

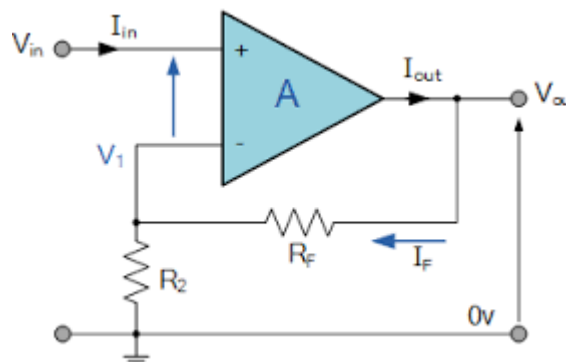
(Sumber: [depokinstruments.com](http://depokinstruments.com))

Seperti namanya, penguat membalik ini memiliki keluaran yang fasenya berkebalikan dengan fase input. Terlihat pada gambar 5, sebagian keluaran diumpan balikkan melalui  $R_f$ , penguat ini merupakan jenis penguat dengan umpan balik *negative*. Secara matematis besarnya faktor penguatan ( $A$ ) dari rangkaian diatas adalah  $(-R_f/R_{in})$  sehingga besarnya output secara matematis adalah seperti Rumus 1.

$$V_o = -\frac{R_f}{R_{in}}V_{in}.....(\text{Rumus 1})$$

## 2) Penguat Tegangan Tak Membalik (Non-Inverting)

Penguat tak membalik merupakan penguat yang memiliki karakteristik dasar sinyal keluaran yang dikuatkan memiliki fase yang sama dengan fase dari sinyal input. Pada rangkaian ini input bertanda positif adalah yang digunakan sebagai inputannya. Konfigurasi *non-inverting* merupakan kebalikan dengan penguat *inverting*, pada penguat jenis ini input inverting yang dirangkai dengan  $R_2$  dan  $R_f$  dihubungkan ke ground. Konfigurasi penguat *non inverting* adalah seperti pada Gambar 6.



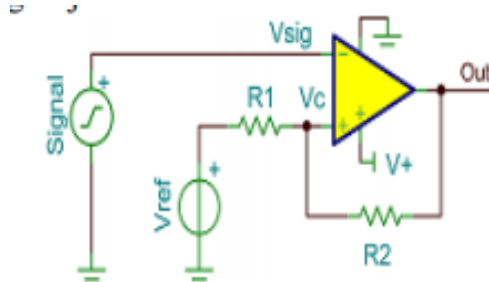
Gambar 6. Rangkaian penguat *non-inverting*  
(Sumber : <http://www.robotics-university.com>)

Sebagian keluaran diumpan balikkan melalui  $R_f$ , penguat ini merupakan jenis penguat dengan umpan balik *negative*. Secara matematis besarnya faktor penguatan ( $A$ ) dari rangkaian diatas adalah  $(R_f/R_2)+1$  sehingga besarnya output secara matematis adalah seperti Rumus 2.

$$V_o = \left(\frac{R_f}{R_2} + 1\right)V_{in}.....(\text{Rumus 2})$$

### 3) Rangkaian Pembanding (*Comparator*)

Rangkaian komparator merupakan penerapan op-amp yang dirangkai secara terbuka (penguat terbuka), sehingga penguatannya sangat besar. Komparator membandingkan dua tegangan listrik dari inputan rangkaian komparator dan tegangan pembanding. Keluaran dari rangkaian ini tidak berbanding lurus dengan inputannya, keluaran berupa  $+V_{cc}/-V_{cc}$  atau *High/Low*. Berikut adalah gambar rangkaian komparator.



Gambar 7. Rangkaian komparator

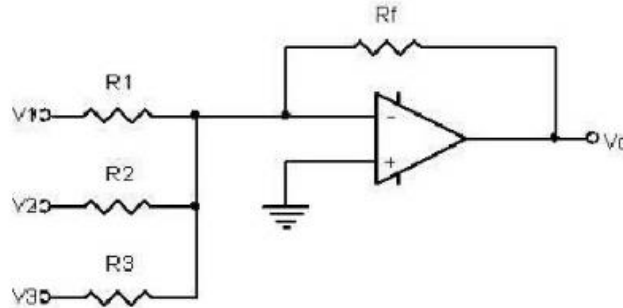
(Sumber : Nuryanto 2017 : 47)

Prinsip kerja rangkaian ini adalah membandingkan tegangan input pada masukan *inverting* maupun *non-inverting*. Pada konfigurasi *non-inverting* sebagai tegangan referensi maka keluaran bergantung pada besar tegangan input pada kaki *inverting*, apabila tegangan input lebih besar dari tegangan pembanding maka output dari rangkaian ini akan senilai dengan tegangan sumber positif op-amp. Apabila tegangan input lebih kecil dari tegangan referensi maka keluaran op amp akan senilai dengan tegangan sumber negative pada op-amp. Dan tegangan keluaran op-amp akan nol apabila besar tegangan input sama dengan tegangan referensi.

### 4) Rangkaian Penguat Penjumlah

Rangkaian ini adalah konfigurasi op-amp sebagai penguat yang diberi banyak masukan yang disesuaikan dengan kebutuhan untuk menghasilkan sinyal output yang linier sesuai dengan penjumlahan nilai input dan faktor penguatan. Pada umumnya rangkaian penjumlah ini disusun menggunakan

penguat *non-inverting* ataupun *inverting* yang diberikan input lebih dari satu. Rangkaian penjumlah dapat dilihat seperti Gambar 8.



Gambar 8. Rangkaian op amp sebagai penjumlah dengan penguat inverting.

(Sumber : <https://dokumen.tips/documents/data-percobaan-invertinglawas.html>)

Pada operasi penjumlahan dengan penguat inverting, sinyal input ( $V_1$ ,  $V_2$ ,  $V_3$ ) diberikan ke line input penguat *inverting* berturut-turut melalui  $R_1$ ,  $R_2$ ,  $R_3$ . Besarnya output bernilai negative karena menggunakan rangkaian penguat *inverting*. Pada rangkaian adder dengan konfigurasi membalik ini masing masing penguatan dari input berbeda, tergantung dari besar resistansi pada masing-masing sinyal input yang secara matematis dapat dituliskan seperti Rumus 3.

$$V_{o1} = -\frac{R_f}{R_1}V_1 \rightarrow V_{o2} = -\frac{R_f}{R_2}V_2 \rightarrow V_{o3} = -\frac{R_f}{R_3}V_3 \dots \dots \dots \text{(Rumus 3)}$$

Jadi besar tegangan output total adalah

$$V_o = -\left(\frac{R_f}{R_1}V_1 + \frac{R_f}{R_2}V_2 + \frac{R_f}{R_3}V_3\right) \dots \dots \dots \text{(Rumus 4)}$$

Sedangkan rangkaian penjumlah dengan konfigurasi penguat *non-inverting* besar penguatan tegangan outpunya adalah sama, karena tidak di pengaruhi oleh besar resistansi masukan yang secara matematis dapat dituliskan seperti Rumus 5.

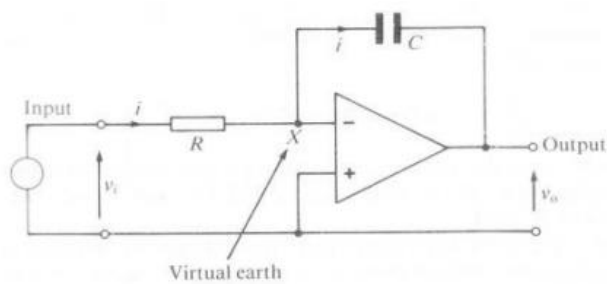
$$V_o = \left(\frac{R_f}{R_1} + 1\right)(V_1 + V_2 + V_3) \dots \dots \dots \text{(Rumus 5)}$$

5) Rangkaian Integrator

Rangkaian integrator adalah rangkaian op-amp yang mengintegrasikan tegangan masuk terhadap waktu dengan persamaan seperti pada Rumus 6.

$$V_o = -\frac{1}{RC} \int_0^t V_{in} dt + V_{awal} \dots \dots \dots (\text{Rumus 6})$$

Dimana  $V_{awal}$  adalah tegangan keluaran pada saat  $t=0$ , dan  $t$  adalah waktu. Rangkaian op-amp dirangkai menjadi penguat integrator ditunjukkan oleh Gambar 9.



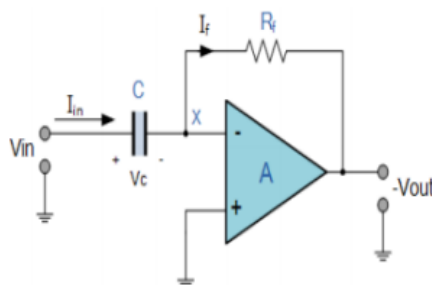
Gambar 9. Rangkaian penguat integrator

(Sumber : Nuryanto 2017 : 47)

Penguatan keseluruhannya adalah  $A = -\frac{Z_c}{Z_r}$ , dimana nilai  $Z_c$  adalah  $= -\frac{1}{j\omega C}$  dan  $Z_r = R$ .

6) Rangkaian Differensiator

Rangkaian differensiator memiliki keluaran sama seperti high pass filter, hal ini dikarenakan pada masukan rangkaian ini terdapat kapasitor. Keluaran dari rangkaian ini merupakan deferensial dari inputannya. Rangkaian differensiator adalah seperti gambar 10 berikut.



Gambar 10. rangkaian penguat differensiator

(Sumber : Nuryanto 2017 : 48)



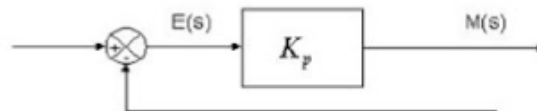
Keluaran penguat differensiator secara matematis dapat dituliskan seperti rumus 7.

$$V_{out} = -RC \frac{dV_{in}}{dt} \dots\dots\dots(\text{Rumus 7})$$

**b. PID**

1) Proportional

Kontrol proportional memiliki output yang sebanding dengan besar sinyal kesalahan atau dapat dikatakan proporsional dengan sinyal kesalahan. Secara sederhana keluaran kotrol P merupakan perkalian antara konstanta proportional dengan masukannya. Perubahan pada sinyal masukan menyebabkan system secara langsung mengeluarkan outputan yang besarnya sama dengan konstanta pengalinya.



Gambar 11. Blok diagram hubungan pengontrol P

(Sumber : <http://www.info-elektro.com/2015/07/dasar-teori-pid-prortional-integral.html>)

Gambar 11 merupakan blok diagram yang menggambarkan antara besaran setting, besaran actual, dan keluaran kontrol P, dari blok diagram diatas dapat dituliskan persamaan hubungannya seperti Rumus 8.

$$M(s) = K_p E(s) \dots\dots\dots(\text{Rumus 8})$$

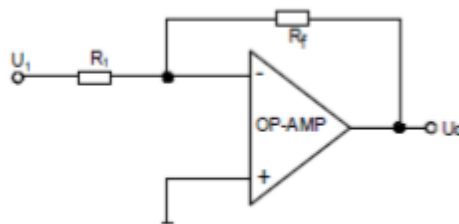
Besarnya sinyal kesalahan adalah selisih antara besaran setting dan besaran aktualnya, dimana selisih tersebut akan berpengaruh terhadap control tersebut untuk mengeluarkan sinyal positif (mempercepat pencapaian nilai setting) atau negative (memperlambat). Pada pengontrol P terdapat 2 parameter, yaitu pita proportional (PB) yang merupakan pencerminan dari daerah kerja efektif dan konstanta proportional (Kp) yang merupakan penunjukan nilai faktor penguatan sinyal terhadap sinyal kesalahan Kp. PB dan Kp memiliki hubungan yang secara matematis dapat dituliskan seperti Rumus 9.

$$PB = 1/KP \times 100\% \dots\dots(\text{Rumus 9})$$

Dalam penggunaan kontrol proporsional ini harus memperhatikan ketentuan berikut :

- Semakin kecil nilai  $K_p$ , maka kontrol proporsional hanya mampu melakukan koreksi kesalahan kecil, sehingga akan menghasilkan respon system yang lambat.
- Apabila nilai  $K_p$  semakin besar, maka respon system akan semakin cepat dalam mencapai set point dan keadaan stabil
- Akan tetapi apabila nilai  $K_p$  diperbesar secara berlebihan maka dapat menyebabkan system mengalami osilasi.

Rangkaian kontrol proporsional yang disusun menggunakan Op-Amp besar tegangan outputnya tergantung dari tegangan input (dengan faktor skala pembalik). Rangkaian ini adalah seperti Gambar 12.



Gambar 12. Rangkaian kontrol proporsional dengan Op-Amp

(Sumber : Nurfaizah dkk : 2015)

Berdasarkan Gambar 12, maka tegangan output dapat ditentukan seperti Rumus 10.

$$U_o = -\frac{R_f}{R_1} \cdot U_1 = k \cdot U_1 \dots \dots (\text{Rumus 10})$$

Besarnya faktor pengontrolan adalah :

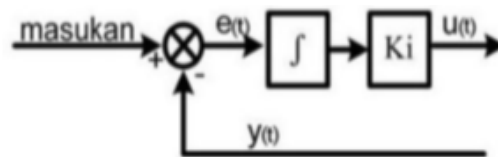
$$K = -\frac{R_f}{R_1} = \frac{U_o}{U_i} \dots \dots (\text{Rumus 11})$$

## 2) Integral

Pengontrol Integral dapat menghasilkan respon system yang memiliki kesalahan keadaan stabil sama dengan nol atau dengan kata lain kontroler integral berfungsi untuk menghasilkan respon system yang memiliki kesalahan keadaan mantap nol.. Dengan pengontrol ini respon system dapat diperbaiki yaitu dengan memiliki kesalahan keadaan stabil nol.

Seperti halnya integral, keluaran control ini sangat dipengaruhi oleh perubahan yang sebanding dengan nilai sinyal kesalahan. Output dari control ini adalah penjumlahan secara terus menerus dari perubahan masukan. Output akan tetap sama seperti saat sebelum ada perubahan pada masukan apabila sinyal kesalahan tidak mengalami perubahan. Perubahan sinyal control juga sebanding dengan perubahan *error*.

Diagram blok kontrol integral ditunjukkan pada Gambar 13.



Gambar 13. Blok Diagram hubungan sinyal output dan sinyal *error*

(Sumber : Suryatini dkk : 67)

Berdasarkan Gambar 13 didapatkan persamaan hubungan antara output kontrol integral dengan sinyal *error* seperti Rumus 12.

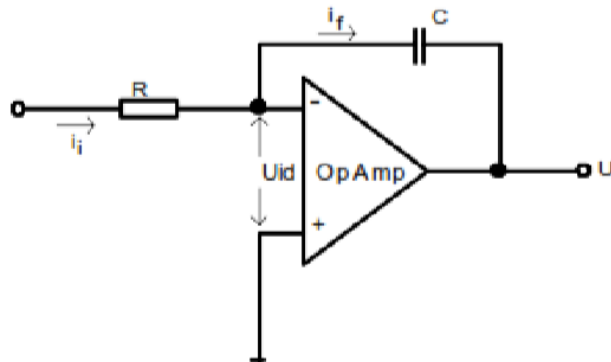
$$u(t) = Ki \int e(t)dt \dots(\text{Rumus 12})$$

Pengontrol integral memiliki karakteristik sebagai berikut.

- Pengontrol I memperlambat respon dikarenakan keluaran control ini membutuhkan selang waktu.
- Keluaran pengontrol akan bertahan pada nilai sebelumnya apabila sinyal kesalahan berharga nol.
- Keluaran akan menunjukkan kenaikan atau penurunan yang dipengaruhi oleh besarnya sinyal kesalahan dan  $K_i$  apabila sinyal kesalahan tidak bernilai nol.
- Besarnya nilai konstanta integral akan mempercepat hilangnya *offset*, namun besar konstanta integral tersebut juga mengakibatkan peningkatan sinyal osilasi dari sinyal keluaran pengontrol.

Rangkaian integrator dengan menggunakan Op-Amp adalah sama seperti rangkaian-rangkaian *close-loop* lainnya,

dimana menggunakan resistor sebagai umpan balik. Bedanya pada kontrol integrator menggunakan kapasitor sebagai umpan balik. Lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 14.



Gambar 14. Rangkaian Op-Amp sebagai kontrol integrator  
(Sumber : Nurfaizah dkk : 2015)

Berdasarkan rangkaian diatas, besarnya output secara matematis dapat dituliskan seperti Rumus 13.

$$U_o = -\frac{1}{RC} \int U_{id}(t) \dots (\text{Rumus 13})$$

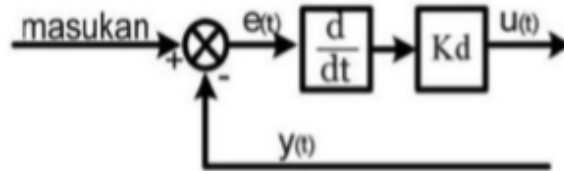
### 3) Derivatif

Pengontrol derivatif memiliki keluaran yang sifatnya seperti halnya operasi diferensial. Perubahan yang secara tiba-tiba atau mendadak pada masukan dapat mengakibatkan perubahan yang sangat besar dan cepat.

Pada kontrol ini, ketika inputan tidak mengalami perubahan maka keluaran juga tidak akan berubah atau dapat dikatakan sinyal kontrol (output) sebanding dengan perubahan *error* (input). Sedangkan apabila sinyal input mengalami perubahan secara mendadak dan naik maka akan menghasilkan sinyal keluaran berbentuk impuls. Jika sinyal input mengalami perubahan secara perlahan, keluarannya justru merupakan fungsi step yang besar magnitudnya dipengaruhi oleh kecepatan naik dari fungsi ramp dan faktor konstanta diferensialnya.

Kontrol derivative tidak akan digunakan sendirian, hal ini dikarenakan pada kontroler ini hanya akan aktif pada periode peralihan. Pada saat periode peralihan, kontroler derivative

menyebabkan adanya redaman pada system sehingga lonjakan menjadi lebih kecil. Seperti halnya pada kontroler proporsional, kontrol derivative tidak dapat menghilangkan *offset*, kontrol derivative juga mengurangi osilasi. Berikut adalah gambar blok diagram kontrol derivative.



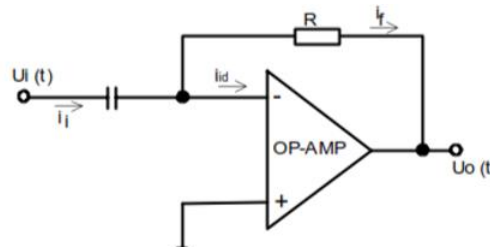
Gambar 15. Diagram blok kontrol derivatif

(Sumber : Suryatini dkk : 68)

Berdasarkan Gambar 15 secara matematis dapat dituliskan persamaannya seperti Rumus 14.

$$u(t) = Kd \frac{de(t)}{dt} \dots\dots\dots \text{(Rumus 14)}$$

Rangkaian derivatif dengan menggunakan Op-Amp adalah sama seperti rangkaian integrator dengan op-amp. Bedanya pada kontrol derivative tetap menggunakan resistor sebagai umpan balik, akan tetapi tahanan depan menggunakan kapasitor. Lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 16.



Gambar 16. Rangkaian kontrol derivatif dengan Op-Amp

(Sumber : Nurfaizah dkk : 2015)

Berdasarkan Gambar 16, besarnya output secara matematis dapat dituliskan seperti Rumus 15.

$$u(t) = -R.C \frac{dU_i(t)}{dt} \dots\dots\dots \text{(Rumus 15)}$$

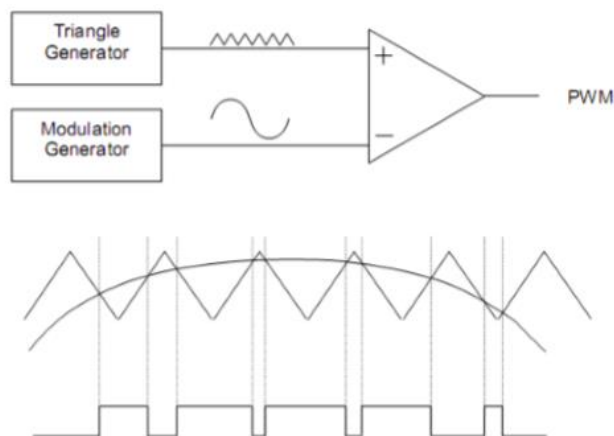
**c. PWM**

*Pulse Width Modulation* (PWM) atau dalam Bahasa indonesianya modulasi lebar pulsa merupakan salah satu teknik yang

digunakan untuk mengatur atau mengendalikan kekuatan (*power*), biasanya digunakan untuk mengatur tegangan yang akan digunakan dengan cara mengirimkan isyarat atau pulsa berupa sinyal. modulasi lebar pulsa (PWM) dapat dicapai atau diperoleh dengan bantuan gelombang kotak, dimana siklus kerja (*duty cycle*) dapat diubah-ubah untuk mendapatkan tegangan keluaran yang bervariasi yang merupakan nilai rata-rata dari gelombang tersebut.

Prinsip dasar pembangkit sinyal PWM adalah dengan membandingkan dua buah yang memiliki frekuensi berbeda seperti ditunjukkan Gambar 17.

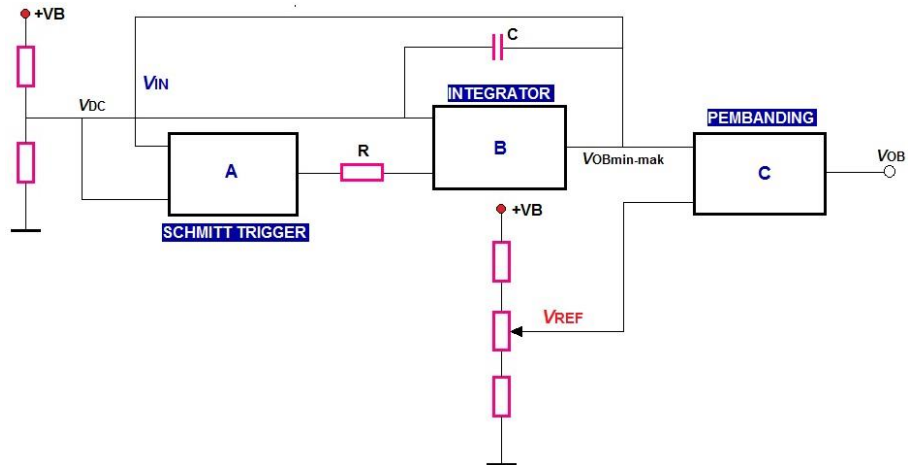
Berdasarkan Gambar 17, memperlihatkan perbandingan gelombang modulasi yang berupa gelombang sinus dengan gelombang *carrier* (pembawa) yang berupa sinyal segitiga, dimana hasil perbandingan keduanya menghasilkan sinyal yang memiliki pulsa yang berbeda-beda.



Gambar 17. Prinsip dasar pembangkit pulsa PWM

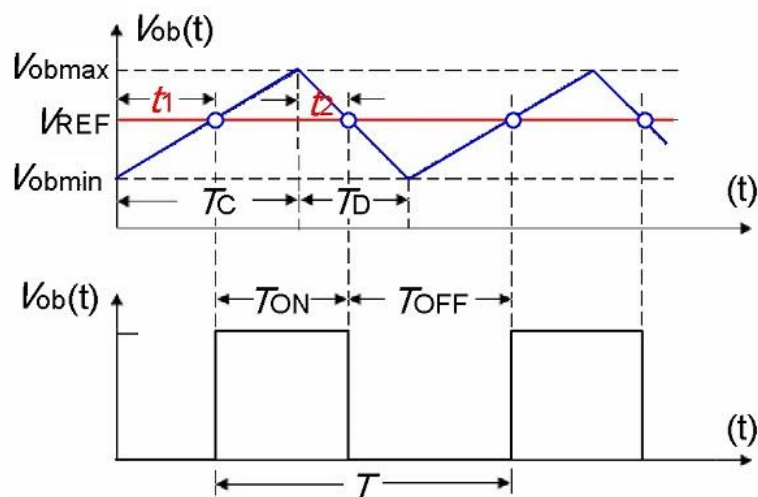
(Sumber : Raju,dkk dalam Fery dkk 2015 : 33)

Berdasarkan prinsip dasar PWM diatas secara umum rangkaian pembangkit PWM terdiri dari rangkaian pembangkit sinyal dan rangkaian pembanding, dimana dalam pembangkit sinyal terdapat Schimit trigger dan integrator. Berikut adalah Gambar 18 yang merupakan blok diagram rangkaian pembangkit PWM.



Gambar 18. Blok diagram pembangkit sinyal PWM  
 (Sumber : <http://www.vedcmalang.com/pppptkboemlg/index.php/menuutama/listrik-electro/1066-jos2>)

Lebar *dutycycle* dapat diatur dengan mengatur tegangan pada  $V_{ref}$  dan mengatur tegangan keluaran sinyal segitiga keluaran rangkaian integrator B. Besar tegangan referensi  $V_{ref}$  diatur diantara nilai dari besar tegangan keluaran rangkaian integrator B yang digunakan sebagai masukan rangkaian komparator C. Tegangan keluaran komparator yang berbentuk segitiga durasinya tergantung dari besar  $V_{ref}$ , seperti ditunjukkan Gambar 19.



Gambar 19. konsep pembentukan sinyal PWM  
 (Sumber : <http://www.vedcmalang.com/pppptkboemlg/index.php/menuutama/listrik-electro/1066-jos2>)

Semakin besar tegangan ref maka lebar *dutycycle* akan semakin sempit, yang berarti Ton semakin sempit. Sedangkan apabila  $V_{ref}$  semakin kecil maka *dutycycle* semakin lebar atau Ton semakin lebar.

## **B. Penelitian Yang Relevan**

1. Penelitian yang dilakukan oleh Isminarti dan Ulia Ridhani (2018) yang berjudul Rancang Bangun Media Pembelajaran Praktikum Elektronika Analog untuk Meningkatkan Pemahaman Mahasiswa dalam Mengetahui Fungsi dan Karakteristik *Operational Amplifier*. Penelitian tersebut berisi tentang pembuatan perancangan media pembelajaran Op-Amp dengan bahasan pokoknya adalah fungsi dan karakteristik Op-Amp yang dirangkai menjadi penguat *inverting*, *non-inverting*, *diferensial*, *multivibrator monostabil*, *multivibrator bistabil*, dan *multivibrator astabil*. Hasil dari penelitian rancang bangun media pembelajaran ini mampu meningkatkan pemahaman mahasiswa dengan melihat rata-rata nilai siswa. Siswa yang sudah menggunakan media pembelajaran memiliki rata-rata nilai lebih besar dari pada siswa yang belum menggunakan media pembelajaran tersebut. Pada penelitian yang dilakukan peneliti memiliki tata letak tampilan yang menggambarkan skema rangkaian sehingga pengguna dapat mengetahui susunan skema rangkaian dari alat tersebut. Tampilan dengan tata letak yang menampilkan skema rangkaian menjadi referensi peneliti yang memiliki tujuan agar peserta didik mengetahui dan dapat belajar mengidentifikasi rangkaian pada trainer.
2. Penelitian yang dilakukan oleh M. Subc an Mauludin dan Andi Kurniawan (2013) yang berjudul Perancangan Trainer PID Analog Untuk Mengatur Kecepatan Motor DC. Penelitian tersebut berisi tentang op amp yang di fungsikan sebagai control PID untuk mengendalikan kecepatan putaran motor DC, ic Op-amp yang digunakan pada penelitian tersebut adalah IC 741. Hasil dari penelitian ini adalah kontroler PID pada penelitian tersebut telah mampu membuat pergerakan motor tersebut menjadi stabil dan mampu membuat motor mencapai posisi yang diinginkan dan juga alat bekerja dengan baik pada range 0 sampai 75 derajat dan range 300 sampai 360 derajat dengan waktu rata-rata 3 detik. Pada penelitian yang peneliti lakukan, rangkaian PID menggunakan komponen IC Op-amp dengan seri 741, dimana dalam satu IC hanya terdapat satu buah penguat. Dengan IC seri 741 ini antara blok rangkaian dapat disupplay dengan



*power supply* yang dapat dipisah-pisah sehingga trainer dapat di hidupkan setiap bloknnya secara terpisah sesuai kebutuhan praktikum.

3. Penelitian yang dilakukan oleh Asmuniv Widyaiswara (2015) yang berjudul Perancangan Modulasi Lebar Pulsa (*Pulse Width Modulation*) menggunakan komponen diskrit LM-324. Pada penelitian tersebut dibahas tentang pembangkit sinyal PWM secara analog menggunakan Ic Op-Amp dan analisis-analisis dalam perancangan PWM. Hasil dari penelitian ini adalah untuk mengurangi kerugian yang mempengaruhi performa PWM yaitu dengan menambah rangkaian kompensator dan menggunakan control loop tertutup. Dan untuk mengatur kecepatan motor adalah dengan menggunakan Gigi atau peredam kecepatan. Pada penelitian yang peneliti lakukan, rangkaian PWM sangat sederhana sehingga peserta didik tidak terlalu sulit mempelajari dan menganalisa rangkaian. Rangkaian yang digunakan dalam penelitian ini menjadi referensi peneliti untuk mengembangkan trainer, akan tetapi seri IC Op-amp yang digunakan pada penelitian ini adalah IC Op-amp 741.

Dari beberapa penelitian yang pernah ada tersebut dapat menjadi referensi untuk membuat *trainer* kit Op-Amp yang memiliki tampilan menarik, memiliki bobot materi sesuai dengan silabus yang ada di sekolah, dan dapat mengatasi permasalahan pembelajaran praktikum di kompetensi keahlian Elektronika Industri SMK Negeri Magelang khususnya mata pelajaran Sistem Pengendali Elektronika.

### **C. Kerangka Pikir**

Pembuatan trainer kit op-amp dibuat berdasarkan permasalahan yang ada pada mata pelajaran Sistem Pengendali Elektronika kompetensi keahlian Elektronika Industri di SMK Negeri 1 Magelang. Permasalahan tersebut adalah dalam pembelajaran praktikum Sistem Pengendali Elektronika, siswa mengalami kesulitan belajar dan pembelajaran masih kurang efektif karena tidak adanya media *hardware* yang menunjang praktikum mereka dikarenakan merupakan tahun pertama mendapat mata pelajaran Sistem Pengendali Elektronika. Sehingga dalam praktikum pembelajaran yang dilakukan hanya menggunakan *software* simulasi seperti proteus. Selain itu praktikum juga merangkai menggunakan media *project board*, dengan cara ini memiliki masih memiliki kelemahan yaitu banyak memakan waktu sehingga

tujuan pembelajaran tidak tercapai. Oleh sebab itu perlunya mengatasi masalah tersebut. Salah satu upaya yang dilakukan untuk mengatasi masalah tersebut adalah dengan membuat sebuah trainer pembelajaran yang didalamnya dapat menunjang praktikum sistem kendali elektronika khususnya trainer kit Op-Amp. Dalam pembuatannya trainer ini melalui beberapa tahapan meliputi : 1) Analisis kebutuhan, 2) desain produk, 3) validasi desain, 4) Revisi desain, 5) pembuatan produk, 6) uji coba produk. Uji coba yang dilakukan adalah untuk memvalidasi desain dan validasi produk yang diuji oleh ahli materi dan ahli media, sedangkan uji coba penggunaan dilakukan oleh responden yaitu siswa SMK Negeri 1 Magelang kompetensi keahlian Elektronika Industri. Setelah trainer selesai dikembangkan dan diuji, maka trainer akan diserahkan kepada pengguna yaitu Jurusan Elektronika khususnya kompetensi keahlian Elektronika Industri di SMK Negeri 1 Magelang.



Gambar 20. Kerangka Pikir Penelitian

#### **D. Pertanyaan Penelitian**

1. Bagaimana desain trainer kit op-amp yang sesuai dengan mata pelajaran praktik Sistem Pengendali Elektronika untuk program keahlian Elektronika Industri di SMK Negeri 1 Magelang?
2. Bagaimana unjuk kerja trainer kit op-amp yang dirangkai menjadi rangkaian PWM dan PID?
3. Bagaimana tingkat kelayakan trainer kit op-amp dari sudut pandang ahli media?
4. Bagaimana tingkat kelayakan trainer kit op-amp dari sudut pandang ahli materi?
5. Bagaimana tingkat kelayakan trainer kit op-amp dari sudut pandang pengguna (siswa)?