

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Definisi Rancang Bangun

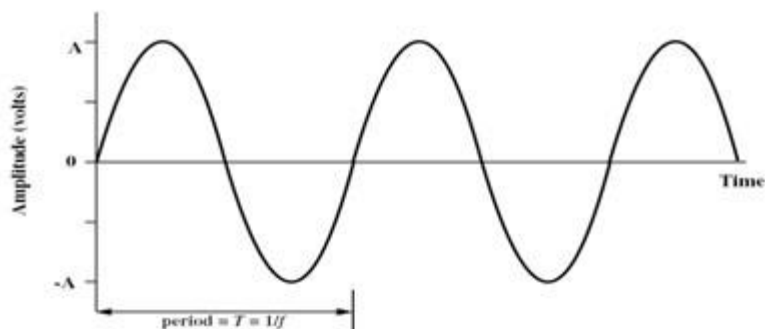
Rancang bangun adalah suatu istilah umum membuat atau mendesain suatu objek dari awal pembuatan sampai akhir pembuatan (Fajriyah et al., 2017). Rancang bangun biasanya berisi petunjuk-petunjuk, cara kerja dan fungsi dari *prototype* yang ingin dibangun.

2.2 Definisi Sinyal

Sinyal adalah suatu gejala fisika yang di dalamnya terdapat informasi. Sinyal merupakan gejala fisika untuk transfer energi dan informasi. Media penghantar sinyal pun bermacam macam. Banyak material di alam ini yang bisa menghantarkan sinyal dari yang menghantarkan sinyal melalui udara ataupun bukan melalui udara. Namun, dalam menghantarkan sinyal ada yang berbeda beda bentuknya tergantung dari asal sumber energi sinyal tersebut. Berdasarkan bentuknya sinyal dibagi menjadi dua yaitu sinyal analog dan sinyal digital.

2.2.1 Sinyal Analog

Sinyal analog adalah sinyal berbentuk gelombang dan bersifat kontinu. Sinyal analog biasanya berbentuk sinusoidal walaupun terkadang ada beberapa yang berbentuk segitiga dan gerigi. Karakteristik analog yaitu mempunyai amplitudo, frekuensi dan fasa. Dari gambar 2.1 sumbu Y adalah amplitudo gelombang dan sumbu X adalah waktu (t). Berikut definisi dari amplitude, frekuensi, dan fasa.



Gambar 2. 1 Sinyal Analog

- a) Amplitudo adalah titik tinggi rendahnya gelombang sinyal analog.
- b) Frekuensi adalah jumlah gelombang persatuan waktu
- c) Fasa adalah besarnya sudut dari gelombang analog

2.2.1.1 Kelebihan sinyal analog

Kelebihan sinyal analog yaitu memiliki potensi jumlah tak terbatas resolusi sinyal sehingga memiliki kepadatan data yang lebih tinggi daripada digital.

2.2.1.2 Kekurangan sinyal analog

Kekurangan sinyal analog adalah sinyal analog mempunyai keakuratan data yang lemah. Hal ini dikarenakan sifat gelombang yang kontinyu menyebabkan mudahnya terjadi *noise* pada proses transmisi data

2.2.2 Sinyal Digital

Sinyal digital adalah sebuah sinyal berbentuk persegi dan memiliki amplitudo yang tetap. Terdiri dari opsi *high* atau *low*, *on* atau *off*, 1 atau 0 sehingga dapat dikatakan bahwa sinyal analog adalah sinyal yang terdiri dari angka biner. Sinyal yang mempunyai dua keadaan disebut dengan bit.



Gambar 2. 2 Sinyal Digital

Karena ciri khas sinyal digital yang berupa angka biner maka sinyal digital tidak di pengaruhi derau sehingga memiliki keakuratan data yang tinggi.

2.2.2.1 Kelebihan Sinyal Digital

- a) Dapat di informasikan dengan mudah.
- b) Mempunyai fleksibilitas yang lebih baik daripada analog
- c) Pemrograman digital jauh lebih mudah dan jelas
- d) Mempunyai kualitas dan kuantitas yang tetap sama seperti aslinya walaupun di transmisi atau di komunikasikan pada jarak jauh dan juga walaupun digunakan berulang – ulang
- e) Mempunyai *noise* yang lebih rendah daripada analog

2.2.2.2 Kekurangan sinyal digital

Sinyal digital mempunyai beberapa kekurangan yaitu memerlukan bandwidth yang besar dan harus selalu tersedia sinkronisasi

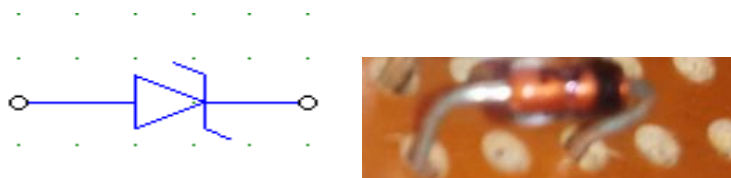
2.3 Komponen – Komponen Aktif dan Pasif Dalam Pada Potensiostat

Dalam potensiostat terdapat banyak sekali komponen- komponen aktif maupun pasif dalam sistemnya. Komponen aktif adalah komponen yang memerlukan arus dalam pengoperasiannya. Artinya, komponen tersebut tidak dapat berfungsi jika tidak mendapat arus listrik contohnya diode, IC (*Integrated Circuit*), dan transistor. Sementara komponen pasif adalah komponen tidak memerlukan

arus untuk pengoperasiannya diantaranya yaitu resistor, kapasitor, dan inductor. Berikut merupakan komponen-komponen yang terdapat pada potensiostat.

2.3.1 Dioda Zener

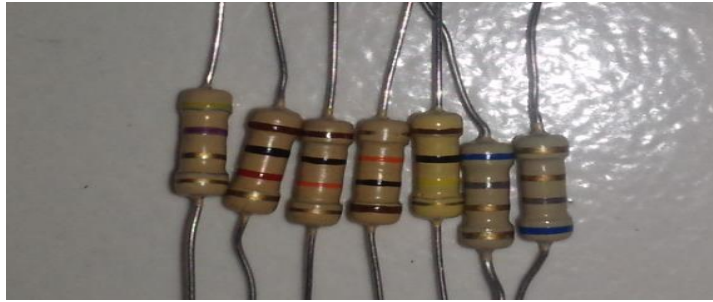
Dioda Zener merupakan perangkat elektronika yang bersifat aktif yaitu dengan mempunyai sifat menyalurkan aliran listrik ke arah yang berlawanan jika tegangan yang di *input* melampaui batas “tegangan tembus” (*breakdown voltage*) atau biasa disebut “tegangan zener”. Dioda zener berbeda dengan dioda yang biasa. Dioda yang biasa hanya bisa menyalurkan arus listrik satu arah dan tidak bisa mengalirkan arus listrik secara berlawanan. Sementara diode Zener mampu mengalirkan arus listrik ke arah yang berlawanan jika di beri tegangan yang melampaui batas.



Gambar 2. 3 Lambang Dioda Zener dan Gambaran Fisik Dioda Zener

2.3.2 Resistor

Resistor adalah komponen elektronika yang bersifat pasif. Resistor adalah sebuah tahanan atau hambatan dalam rangkaian elektronika. Lambang hambatan atau tahanan adalah R dengan satuan ohm “ Ω ”.



Gambar 2. 4 Resistor

Besaran tahanan dapat di lihat dari warna gelang yang ada pada resistor. Biasanya gelang warna terdiri dari 3 sampai 4 gelang yang bewarna yang menjadi hitungan representasi dari tahanan tersebut. Fungsi dari tahanan atau hambatan itu sendiri yaitu menahan dengan membatasi jumlah arus yang mengalir pada rangkaian. Berikut adalah representasi warna yang menjadi jumlah besarnya pada sebuah resistor.

Tabel 2. 1 Warna Pada Resistor

Warna	Nilai
Hitam	0
Coklat	1
Merah	2
Orange	3
Kuning	4
Hijau	5
Biru	6
Ungu	7
Abu – abu	8
Putih	9
Emas	5%
Perak	10%
Tak bewarna	20%

2.3.3 Kapasitor

Kapasitor (*capacitor*) adalah sebuah komponen elektronika pasif yang berfungsi untuk menyimpan muatan listrik untuk beberapa saat tergantung dari kapasitansi kapasitor tersebut



Gambar 2. 5 Kapasitor

Sebelumnya sudah dijelaskan bahwa fungsi kapasitor adalah menyimpan muatan untuk beberapa saat. Namun pada sebuah rangkaian kapasitor umumnya digunakan untuk memfilter sinyal baik itu sinyal berupa tegangan atau arus. Filter yang di maksudkan disini adalah mengalirkan frekuensi tertentu dan membuang frekuensi yang berbeda dari yang diinginkan rangkaian filter tersebut.

2.3.4 Kabel Jumper

Kabel *jumper* adalah sebuah rangkaian kabel berwarna warni yang biasa disambungkan ke mikrokontroller atau komponen dan rangkaian – rangkaian lain yang biasanya mengantarkan arus tidak cukup besar. Fungsi kabel jumper dalam potensioostat ini berfungsi untuk meneruskan sinyal, arus dan tegangan ke komponen lainnya agar alat potensioostat berfungsi dengan baik.



Gambar 2. 6 Kabel Jumper

2.3.5 PCB Bolong IC

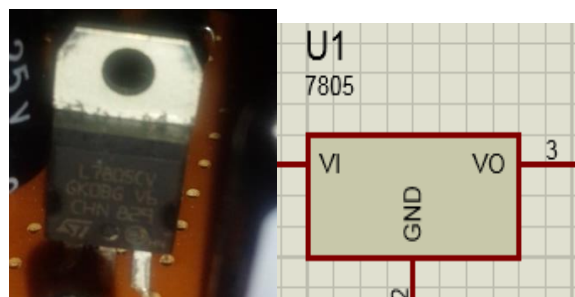
PCB Bolong IC adalah adalah sebuah papan kontruksi untuk rangkaian elektronik. Papan ini berisi lubang-lubang dimana lubang-lubang tersebut adalah sebagai kaki-kaki komponen elektronik. PCB Bolong IC berfungsi sebagai papan kontruksi elektronik protipe potensioostat.



Gambar 2. 7 PCB Bolong IC

2.3.6 Voltage Regulator

Voltage regulator adalah sebuah komponen elektronika yang berfungsi untuk mengatur tegangan agar tetap konstan. Pengatur tegangan berupa umpan maju atau menyertakan umpan balik negatif.



Gambar 2. 8 Voltage Regulator

2.4 Mikrokontroler

Mikrokontroler adalah sebuah chip IC (*Integrated Circuit*) yang menerima sinyal *input* dan mengeluarkan sinyal *output*. Proses sinyal *input* di peroleh dari

keyboard saat pemrograman atau sensor yang berisi informasi lingkungannya. Sedangkan sinyal *output* di peroleh dari pemrosesan dan pengolahan data pada mikrokontroler sesuai pemrograman yang di *inputkan*. Mikrokontroler bisa disebut otak suatu perangkat yang bisa berinteraksi terhadap lingkungannya sesuai pemrograman yang di *inputkan* lewat *software* pemrogramannya. Mikrokontroler terdiri dari mikroprosesor, jalur *input/output*, memori dan perangkat pelengkap seperti resistor, dioda, kapasitor dan lain-lain.

2.4.1 Arduino

Arduino merupakan sebuah mikrokontroler single board yang bersifat open source. Tujuan dirancang arduino adalah memudahkan rekayasa elektronik yang di aplikasikan ke berbagai bidang dan dapat diakses siapapun. Bahasa pemrograman Arduino mirip dengan bahasa Pascal C. Bahasa pemrograman ini akan di *inputkan* ke *software* arduino IDE

2.4.1.1 Bagian – Bagian Arduino



Gambar 2. 9 Arduino

a) Power (USB/ Barrel Jack)

Power (USB/Barrel Jack) ini adalah tempat disambungkannya arduino dengan sumber tegangan atau *supply* daya dari USB. *Supply* daya di arduino dapat

berasal dari *power bank*, laptop atau *power supply* melalui *barrel jack*. Tegangan yang disarankan ke arduino adalah 6 – 12 Volt. Sambungan USB selain untuk *supply* daya juga berfungsi untuk jalur *inputnya* pemrograman ke arduino

b) Pin (Analog, digital, PWM, AREF, GND, 5V, 3.3 V)

Pin adalah tempat dimana masuknya kabel yang berisi *input* dan *ouput* sinyal dari pemrograman di laptop dan sensor. Pin ini juga adalah penghubung antara perangkat dan komponen- komponen lainnya. Pin dalam arduino sendiri terdiri dari beberapa pin yang fungsinya berbeda – beda. Berikut adalah pin dari arduino beserta fungsinya

- Analog : berfungsi untuk membaca sinyal analog dan mengkonversinya ke sinyal digital dan terdiri dari 6 pin (A0 sampai A5)
- Digital : berfungsi untuk digital *input* dan digital *output*. Pin digital di arduino terdiri dari 14 pin (0 – 13)
- PWM : pin PWM bertanda “ ~ ” pada *board* arduino. Ada beberapa pin PWM pada arduino yaitu pin 3, 5, 6, 7, 9, 10 dan 11 dibagian pin digital. Pin ini biasanya digunakan untuk pin digital tapi bisa juga sebagai *Pulse Width Modulation* (PWM) dan pin ini mengeluarkan tegangan analog.
- AREF (*Analog Reference*) : Pin yang berfungsi untuk mengatur tegangan referensi eksternal sebagai batas untuk pin analog *input* antara 0 sampai 5 Volt
- GND (*Ground*): berfungsi untuk pin *ground* dalam rangkaian di *board* arduino
- 5 V : memberi *supply* tegangan sebesar 5 Volt
- 3.3 Volt : memberi tegangan sebesar 3.3 Volt.

c) *Voltage Regulator*

Voltage regulator berfungsi untuk membatasi tegangan yang masuk ke arduino. Seperti yang dibahas sebelumnya batas *supply* tegangan yang disarankan ke papan arduino adalah sekitar 6 – 12 Volt.

d) TX RX LED (*Transmit and Receive LED*)

TX RX LED pada arduino akan menyala ketika menerima atau mentransmisikan data seperti memasukan program ke arduino.

e) *Power LED Indicator*

Power LED Indicator adalah sebuah LED untuk indikator penyalan pada arduino. LED ini akan menyala ketika disambungkan ke sumber tegangan. LED ini berada di sebelah kanan kata “UNO” dan di sebelah kata “ON “.

f) IC Utama

IC adalah otak arduino yang bewarna hitam dan terdapat banyak kaki logam. Ic ini adalah jenis IC keluarga Atmega

g) Tombol *Reset*

Dengan menekan tombol *reset* ini maka semua kode pemograman yang ada pada arduino akan di *restart*. Tombol ini terhubung dari pin reset dan ground.

2.4.1.2 Spesifikasi Arduino

Tabel 2. 2 *Datasheet* Arduino

Mikrokontroler	Mikrokontroler
Atmega328	Atmega328
Tegangan pengoperasian	Tegangan pengoperasian
N 5V	5V
Tegangan <i>input</i> yang disarankan	Tegangan <i>input</i> yang disarankan
7-12V	7-12V
Batas tegangan <i>input</i>	Batas tegangan <i>input</i>
6-20V	6-20V

Jumlah pin I/O digital	Jumlah pin I/O digital
14 (6 di antaranya menyediakan keluaran PWM)	14 (6 di antaranya menyediakan keluaran PWM)
Jumlah pin <i>input</i> analog	Jumlah pin <i>input</i> analog
6	6
Arus DC tiap pin I/O	40 mA
Arus DC untuk pin 3.3V	50 mA
Memori Flash	32 KB (Atmega328), sekitar 0.5 KB digunakan oleh bootloader
SRAM	2 KB (Atmega328)
EEPROM	1 KB (Atmega328)
Clock Speed	16 MHz
Arus DC tiap pin I/O	40 mA
Arus DC untuk pin 3.3V	50 mA
Memori Flash	32 KB (Atmega328), sekitar 0.5 KB digunakan oleh bootloader
SRAM	2 KB (Atmega328)
EEPROM	1 KB (Atmega328)
Clock Speed	16 MHz

(Arduino Uno *Datasheet*.)

Kelebihan Arduino Uno Dibandingkan Mikrokontroler Lain

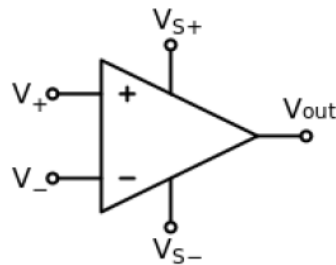
- a) Murah
- b) Open source sehingga mudah di jangkau masyarakat
- c) Bahasa pemograman sederhana

2.4.1.3 Fungsi Arduino Pada Potensiostat

Arduino merupakan keluarga mikrokontroler ATmega. Dalam pembuatan Potensiostat ini arduino berfungsi untuk mengontrol tegangan dan sinyal yang akan di berikan ke elektroda pengimbang (*counter electrode*) dan elektroda acuan (*reference electrode*) kemudian mengukur arus dan potensial sel di elektroda kerja (*working electrode*). Selain itu Arduino Uno juga berfungsi sebagai media untuk mengolah data yang di peroleh sehingga terbaca oleh aplikasi.

2.5 Penguat Operasional (*Operational Amplifier*)

Penguat operasional atau *operational amplifier* (op-amp) adalah sebuah komponen elektronika berupa IC (*integrated circuit*) yang tersusun dari diode, transistor, kapasitor dan resistor. Penguat operasional (op-amp) berfungsi sebagai penguat sinyal (*gain*) pada rangkaian elektronika. Penguat operasional dalam rangkaian elektronika mempunyai simbol segitiga seperti gambar di bawah ini.



Gambar 2. 10 Bagian - Bagian Op-Amp
(Romdhoni, 2018)

Keterangan :

V_{+} = masukan non-pembalik (*non-inverting*)

V_{-} = masukan pembalik (*inverting*)

V_{S+} = catu daya positif

V_{S-} = catu daya negatif

V_{out} = keluaran

2.5.1 Karakteristik Penguat Operasional (Op-Amp)

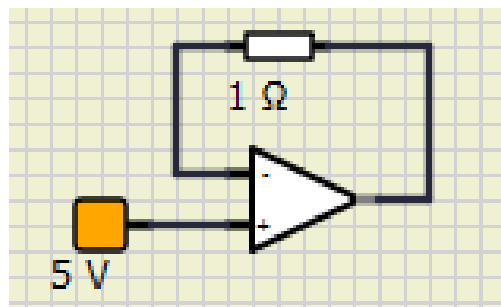
Supaya dapat memahami dan mengerti cara kerja dari penguat operasional itu sendiri maka harus mengetahui sifat-sifat penguat operasional atau yang biasa disebut op-amp. Berikut merupakan sifat- sifat penguat operasional.

- a) Op-amp akan berusaha agar tegangan di kedua *inputnya* sama

- b) Arus *input* dan output op-amp = 0 Dikarenakan hambatan dalam op-amp sangat besar sekitar $2\text{ M}\Omega$ (Nuryanto, 2017).

2.5.2 Penguat Lingkaran Terbuka dan Lingkaran Tertutup

Jika penguat operasional (op-amp) di rangkai dasarnya saja seperti gambar 2.4 maka penguat tegangan (*gain*) output akan maksimum mendekati V_{s+} . Rangkaian dasar seperti itu disebut rangkaian op-amp lingkaran terbuka atau *open loop*. Sementara jika ingin mengatur *gain* sesuai keinginan dan tidak sesuai V_{s+} maka bisa gunakan rangkaian op-amp lingkaran tertutup (*close loop*) seperti gambar di bawah ini

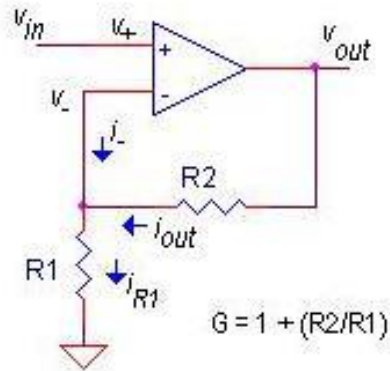


Gambar 2. 11 Rangkain Op-Amp *Close Loop*

Tentunya untuk mengatur penguatan tegangan (*gain*) sesuai yang di inginkan bisa mengatur resistor umpan balik dan *input*nya. Rangkain op-amp *close loop* dibagi dua berdasarkan *input* masukannya yaitu penguat non pembalik dan pembalik

- a) Penguat non pembalik (*non-inverting*)

Penguat non pembalik (*non-inverting*) adalah penguat yang *input* masukannya dari *input* positif dari op-amp.



Gambar 2. 12 Penguat non-pembalik (Isas, 2018)

Dikarenakan sifat op-amp yang berusaha agar tegangan *input*nya sama maka *input* negatif op-amp akan disambungkan ke *output* op-amp. Sebelum disambungkan ke *output* op-amp tegangan *input* negatif biasanya di gabungkan dengan resistor yang akan menentukan tegangan keluaran (*gain*) dari op-amp.

Rumus penguat non-pembalik

$$V_{out} = V_{in} \left(\frac{R_1 + R_2}{R_1} \right), \dots\dots\dots (2.1) \text{ sehingga}$$

$$V_{out} = V_{in} \left(1 + \frac{R_2}{R_1} \right) \dots\dots\dots (2.2)$$

Dimana : V_{in} = Tegangan masuk

V_{out} = Tegangan keluar

R_1 = Tahanan pertama

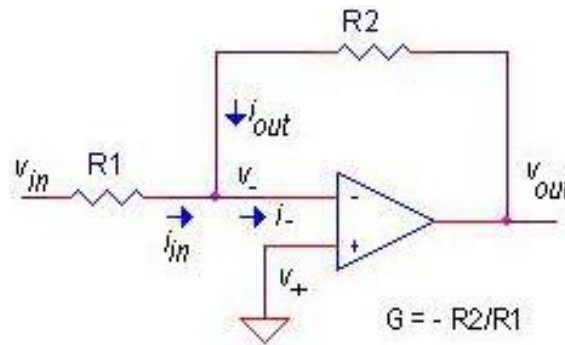
R_2/R_F = Tahanan kedua/ Tahanan feedback (umpan balik)

Dari rumus tersebut dapat diketahui bahwa penguat (*gain*) pada penguat non pembalik minimum 1.

b) Penguat pembalik (*inverting*)

Penguat pembalik (*inverting*) adalah penguat yang *input* masukannya dari *input* negatif dari op-amp. *Input* tegangan dari *input* negatif op-amp akan di balikan

tegangannya sebesar 180° sehingga berbentuk gelombang yang berlawanan dari tegangan *input*. Oleh karena itu penguat yang *inputnya* dari kaki negatif op-amp maka disebut penguat pembalik (*inverting*).



Gambar 2. 13 Penguat pembalik

(Isas, 2018)

Menurut (Isas, 2018) Resistor Rf (*Resistor feedback*) atau dalam gambar R2 melewati sebagian sinyal keluaran kembali kemasukan. Karena keluaran tak sefase sebesar 180° , maka nilai keluaran tersebut secara efektif mengurangi besar masukan.

$$V_{out} = V_{in} \left(\frac{-R_2}{R_1} \right) \dots\dots\dots (2.3)$$

2.5.3 DAC (*Digital to Analog Converter*)

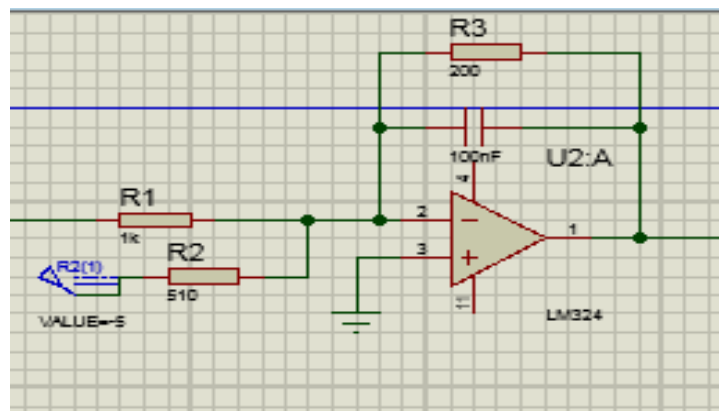
Digital to Analog converter adalah piranti dalam elektronika untuk mengubah sinyal digital menjadi sinyal analog. Cara kerja DAC (*Digital to Analog Converter*) sama seperti namanya yaitu mengubah sinyal digital (diskrit) yang berupa biner menjadi sinyal analog (kontinyu). Biasanya DAC disambungkan pada *output* digital dan kemudian mengolahnya agar *output* sinyal dari DAC berupa sinyal analog. Sinyal analog berasal dari pin PWM dari arduino karena arduino tidak mempunyai pin DAC maka bisa menggunakan pin PWM pada arduino dan mengubahnya

menjadi *ramp* potensial (Meloni, 2016). Pin PWM arduino tersedia 8 bit atau 255 nilai potensial.

Langkah pertama yang dilakukan adalah memprogram keluaran sinyal arduino dengan mengubah frekuensi outpunya menjadi 3.1 KHz. Frekuensi tersebut cocok untuk aplikasi potensiostat (Meloni, 2016).

2.5.4 Summing amplifier

Rangkaian *summing amplifier* adalah rangkaian penjumlahan. Disebut rangkaian penjumlahan Dikarenakan pada *input* penguat operasional (op-amp) terdapat dua sinyal tegangan masukan ke salah satu *input* op amp. Baik itu *input* positif atau *input* negatif.



Gambar 2. 14 *Summing Amplifier* Pada Rangkaian Potensiostat

Tujuan dari *summing amplifier* dalam rancang bangun potensiostat ini sendiri adalah agar bisa mengetahui dan mengontrol jendela potensial dari elektroda yang akan di pakai pada saat proses elektrokima berlangsung Jendela potensial bisa di peroleh dengan mengatur resistor pada *summing amplifier* (Meloni, 2016).

$$V_{out} = -R3 \left(\frac{v_{in}}{R2} + \frac{vb1}{R1} \right) \dots\dots\dots (2.5)$$

Dimana : V_{out} = Tegangan *output*

V_{in} = Tegangan *input*

R2 = Tahanan dua

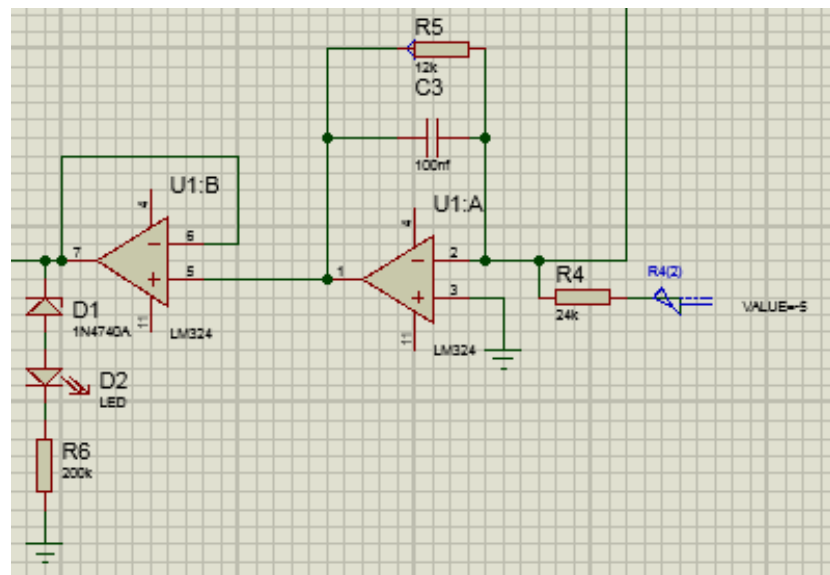
R3 = Tahanan tiga

R4 = Tahanan empat

V_{b1} = tegangan basis

2.5.5 *I to V Converter*

Rangkain *I to V Converter* adalah rangkaian pengubah arus menjadi sebuah tegangan. Dalam rangkaian *I to V converter* ini menggunakan penguat operasional (op-amp) dalam pengkonversiannya. *I to V converter* dirancang untuk mengubah arus yang terukur dari reaksi elektrokimia menjadi tegangan agar bisa di baca oleh arduino.



Gambar 2. 15 *I to V converter* Pada Rangkaian Potensiostat

Menurut (Syafindra et al., 2017) berikut merupakan rumus tegangan keluaran dari rangkaian *I to V converter*

$$V_{cvc} = -R5x(I_{in} + \frac{V_{b1}}{R4}) \dots\dots\dots (2.6)$$

Dimana : V_{cvc} = Tegangan *output* konverter

V_{b1} = Tegangan basis

R_4 = Tahanan 4

R_5 = Tahanan 5

I_{in} = arus *input*

2.5.6 ADC (*Analog to Digital Converter*)

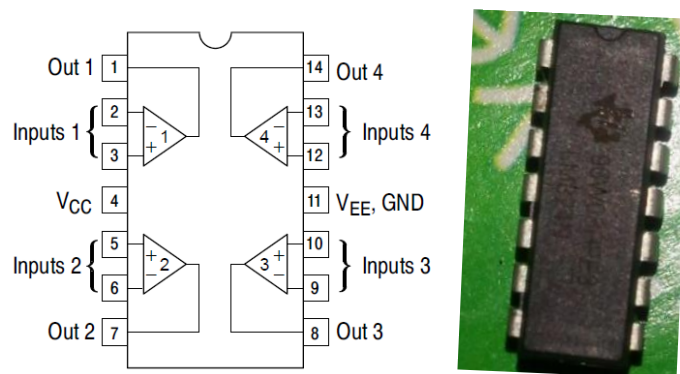
ADC adalah singkatan dari *Analog to Digital Converter* yang merupakan sebuah piranti pengubah sinyal analog ke digital. Cara kerja ADC (*Analog to Digital Converter*) sama seperti namanya yaitu mengubah sinyal analog (kontinyu) menjadi sinyal digital yang berupa biner. ADC disambungkan pada rangkaian atau piranti yang ber*output* analog. Proses pengambilan daya di peroleh dari rangkaian ADC (*Analog to Digital Converter*). ADC bisa di operasikan melalui rangkaian, IC (Integrated Circuit) atau dari Arduino sendiri. Rangkaian ADC pada arduino tersedia 10 bit yang terdapat pada mikrokontroler arduino (Sugandi et al., 2018). Sehingga pembacaan pembacaan dibagi menjadi $2^{10} = 1024$ bagian. Namun karena pembacaan di mulai dari angka 0 maka pembaca digital hanya sampai 1023 saja. Berikut rumus tegangan ADC dalam 10 bit digital

$$V = \text{nilai ADC} \times \frac{V_{in}}{1023} \dots\dots\dots (2.7)$$

Dimana V_{in} = *input* tegangan analog

2.5.7 Op-Amp LM324

Penguat operasional yang digunakan adalah jenis op-amp LM324. Op-amp ini memiliki empat *input* dan empat *output* atau yang biasa disebut quad op-amp. penguat quad dapat beroperasi pada tegangan suplai serendah 3,0 V atau sebagai setinggi 32 V dengan arus diam sekitar seperlima darinya (LM324N *Datasheet*).



Gambar 2. 16 Op-Amp LM324 *Pin Connection* (LM324N *Datasheet*)

Berikut rincian dari op-amp LM324 dari (LM324N *Datasheet*)

1. *Output* Terproteksi Hubung Pendek
2. Tahap *Input* Diferensial Sejati
3. Operasi Pasokan Tunggal: 3,0 V hingga 32 V
4. Arus Bias *Input* Rendah: 100 nA Maksimum (LM324A)
5. Empat Amplifier Per Paket

2.6 Potensiostat

Potensiostat adalah sebuah alat/*device* yang menggunakan tiga elektroda dalam proses elektrokimia. Potensiostat berfungsi untuk mengontrol dan memonitoring jalannya reaksi elektrokimia dengan mengontrol tegangan pada salah satu elektroda kemudian mengukur dan merekam arus dari proses tersebut.

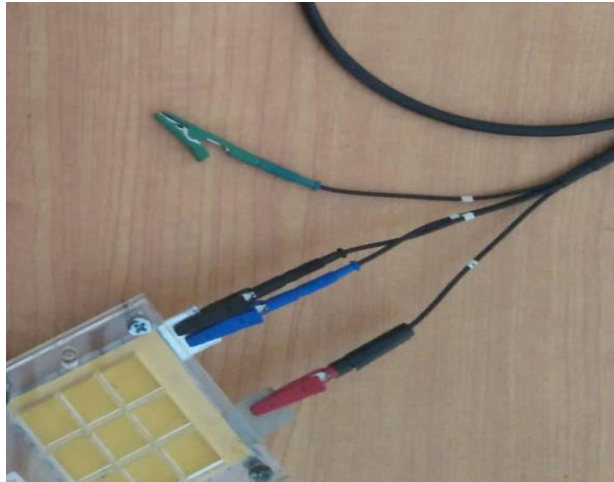
Prosesnya yaitu dengan menggunakan penguat operasional (op-amp) untuk menjaga perbedaan potensial yang diinginkan antara elektroda kerja dan elektroda referensi (Meloni, 2016). Setelah menjaga perbedaan potensial antara elektroda acuan dan elektroda uji/kerja maka elektroda pengimbang (*counter electrode*) akan mengukur arus yang terjadi pada saat proses elektrokimia antara elektroda uji/kerja dan elektroda acuan.

Potensiostat ini menggunakan arduino yang merupakan mikrokontroler Arduino yang berfungsi sebagai *input* pemograman sehingga dapat mengontrol sinyal dalam rangkaian potensiostat. Pin – pin yang digunakan dalam potensiostat ini ada pin digital PWM dan analog yang akan mengatur dan memfilter sesuai dengan skema rancangan potensiostat.

Dalam rancang bangun potensiosostat ini terdiri dari berbagai rangkaian diantaranya yaitu DAC (*Digital to Analog Converter*) , *Summing amplifier*, Dan *I to V converter*

2.7 Elektroda

Elektroda merupakan sebuah konduktor yang menghantarkan listrik ke media logam dan non-logam. Elektroda merupakan media penghantar listrik dimana arus listrik berupa muatan positif dan negatif dapat memasuki dan meninggalkan media larutan atau sirkuit. Dalam analisis elektrokimia dalam potensiostat ke tiga elektroda mempunyai jenis dan perannannya masing –masing.



Gambar 2. 17 3 Elektroda Pada Potensiostat Komersial Palmsens

2.7.1 Elektroda Kerja (*Working Electrode*)

Elektroda kerja adalah elektroda yang biasanya terbuat dari logam mulia yang bersifat *inert* seperti emas (Au), perak (Ag), platina (Pt) atau *inert* karbon seperti pasta karbon (Harrar, 2013). Elektroda kerja adalah tempat dimana reaksi elektrokimia berlangsung yaitu terjadinya reaksi reduksi atau oksidasi. Elektroda kerja adalah elektroda yang menjadi tempat penyimpanan muatan listrik. Muatan listrik tersebut bisa didapatkan dari ion-ion elektrolit (Busono et al., 2018).



Gambar 2. 18 Gambaran Elektroda Kerja Dari Inert Karbon

2.7.2 Elektroda acuan (*Reference Electrode*)

Elektroda acuan adalah elektroda yang berfungsi sebagai pengontrol dalam potensial elektroda. Biasanya elektroda acuan memiliki tegangan yang stabil dan tetap (Busono et al., 2018). Elektroda acuan (RE) berfungsi untuk menjaga tegangan pada elektroda tetap stabil yang berarti nilai tegangan yang dihasilkan

harus tetap dan tidak berubah –ubah (Sugandi et al., 2018). Bahan yang digunakan untuk elektroda acuan biasanya berupa perak (Ag/Agcl)



Gambar 2. 19 Gambaran Elektroda Acuan Dari Ag/Agcl

2.7.3 Elektroda bantu/lawan (*Counter Electrode*)

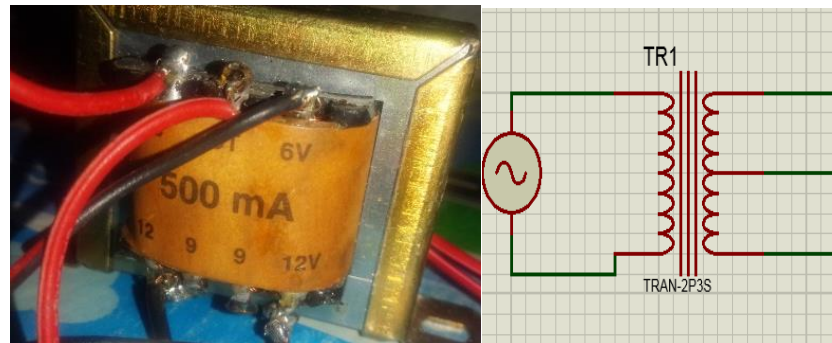
Elektroda bantu/ lawan (CE) berfungsi untuk mengisolasi elektroda acuan (RE) dari reaksi transfer muatan (Meloni, 2016). Sehingga elektroda acuan (RE) mempunyai potensial yang tetap. Elektroda bantu/ lawan (CE) digunakan juga untuk mengalirkan arus kepada elektroda kerja (WE). Oleh karena itu elektroda bantu/ lawan (CE) harus memiliki konduktivitas tinggi dan menghantarkan arus dengan baik (Sugandi et al., 2018). Bahan yang digunakan untuk *counter electrode* adalah platina (Pt), grafit atau *glassy carbon* (Harrar, 2013).



Gambar 2. 20 Gambaran Elektroda Bantu Dari Pt

2.8 Trafo CT

Trafo adalah komponen elektronika untuk supply daya. Biasanya trafo digunakan untuk menaikkan dan menurunkan tegangan.

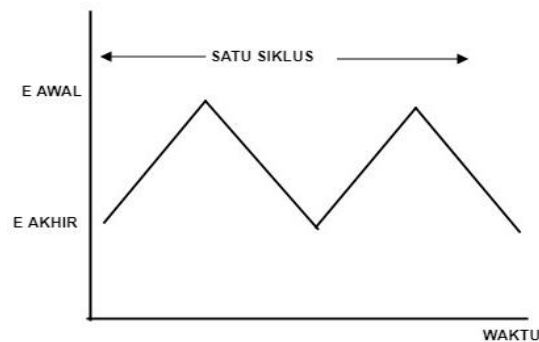


Gambar 2. 21 Trafo CT dan Skema Trafo CT

. Trafo terdiri dari lilitan yang sangat banyak. Lilitan tersebut dinamakan lilitan primer dan sekunder. Seperti yang terlihat Trafo CT mempunyai dua *output* yang berbeda fasa 180. Kemudian *output* CT sebagai groundnya. Fungsi trafo CT pada rancang bangun Potensiostat ini adalah untuk memberikan catu daya simetris pada op-amp.

2.9 Voltametri Siklik

Voltametri siklik merupakan teknik yang sering di pakai dalam teknik elektrokimia. Teknik ini mampu memberikan informasi mengenai termodinamika proses reduksi-oksidasi dan kinetika transfer elektron yang terjadi dipermukaan elektroda. Pada voltametri siklik respon arus diukur sebagai fungsi potensial, dimana pemberian potensial dilakukan secara bolak-balik, sehingga informasi reduksi dan oksidasi dapat teramati dengan baik. Larutan elektrolit yang semula dioksidasi pada sapuan potensial maju (*forward scan*) akan direduksi setelah sapuan potensial balik (*reverse scan*) (Syafindra et al., 2017).



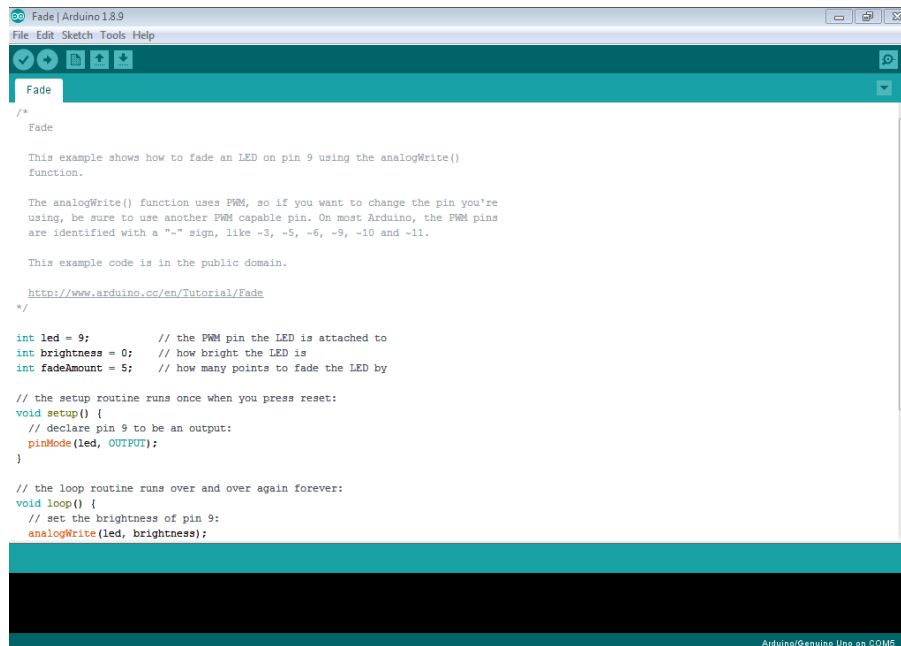
Gambar 2. 22 Sinyal Eksitasi Voltametri Siklik

(Syafindra et al., 2017)

2.10 Arduino IDE

Arduino IDE (*Integrated Development Environment*) adalah sebuah perangkat lunak terintegrasi yang digunakan untuk mempermudah pengembangan terhadap lingkungan. Arduino IDE ini adalah *software* media untuk memasukan pemograman ke dalam papan arduino uno. Jadi, Arduino Uno adalah perangkat keras berupa mikrokontroler untuk menyimpan data sementara Arduino IDE adalah *software* tempat *input-input* perintah di masukan pada papan Arduino Uno wemos, Node MCU dan lain-lain. Arduino IDE menggunakan bahasa C/C++ dalam pemograman *inputnya*.

Dalam Arduino IDE ini terdapat *library* untuk contoh pemograman apa saja yang bisa digunakan pada Arduino IDE. Tentunya hal ini membuat Arduino IDE sangat sederhana dan mudah untuk dipelajari. Perangkat lunak Arduino IDE dapat diunduh langsung pada *website* resmi Aduino.



```

Fade | Arduino1.8.9
File Edit Sketch Tools Help
Fade
/*
  Fade

  This example shows how to fade an LED on pin 9 using the analogWrite()
  function.

  The analogWrite() function uses PWM, so if you want to change the pin you're
  using, be sure to use another PWM capable pin. On most Arduino, the PWM pins
  are identified with a "-" sign, like -3, -5, -6, -9, -10 and -11.

  This example code is in the public domain.

  http://www.arduino.cc/en/Tutorial/Fade
*/

int led = 9;          // the PWM pin the LED is attached to
int brightness = 0;  // how bright the LED is
int fadeAmount = 5;  // how many points to fade the LED by

// the setup routine runs once when you press reset:
void setup() {
  // declare pin 9 to be an output:
  pinMode(led, OUTPUT);
}

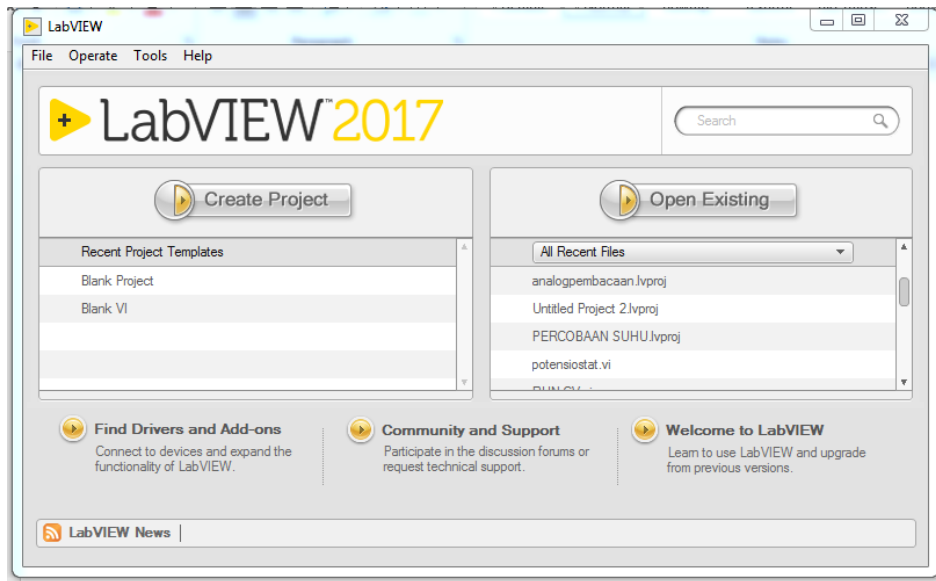
// the loop routine runs over and over again forever:
void loop() {
  // set the brightness of pin 9:
  analogWrite(led, brightness);
}

```

Gambar 2. 23 Jendela Arduino IDE Dengan Contoh Pemograman Bahasa C

2.11 LabView

LabView singkatan dari *Laboratory Virtual Instrumentation Engineering Workbench* merupakan sebuah perangkat lunak pemograman yang berbasis grafis dan block diagram yang diproduksi oleh National Instrument. Walaupun pemograman LabView berbasis block diagram dan grafis LabView mempunyai fungsi yang hampir sama dengan perangkat lunak pemograman yang lain seperti matlab dan C++. Program LabView dikenal dengan sebutan Vi (*Virtual Instrument*).



Gambar 2. 24 Jendela Pada Perangkat Lunak LabView

2.12 Uji Validitas Menggunakan Korelasi Pearson

Uji validitas merupakan sebuah metode uji yang bertujuan untuk memastikan keakuratan sebuah nilai. Uji validitas ini dilakukan pada pengujian tiap unit, rangkaian dan sistem dengan menggunakan rumus korelasi pearson. Korelasi pearson adalah sebuah teknik untuk menganalisa dan mengukur hubungan antara dua variabel. Semakin mendekati angka 1 maka hubungan kedua variabel kuat. Sebaliknya jika hasil pengukuran mendekati angka 0 maka hubungan kedua variabel lemah. Berikut rumus korelasi pearson.

$$r = \frac{\sum xy - \frac{(\sum x)(\sum y)}{n}}{\sqrt{(\sum x^2 - \frac{(\sum x)^2}{n}) (\sum y^2 - \frac{(\sum y)^2}{n})}} \dots\dots\dots (2.8)$$

(Sarwono, 2009)

Dimana :

r = nilai korelasi

x = nilai-nilai variabel x – rata-rata variabel x (variabel x disini adalah array pengujian ke- n)

y = nilai-nilai variabel y – rata-rata variabel y (variabel y disini adalah array jumlah pengujian).

n = jumlah variabel

Kekuatan hubungan korelasi, menurut (Sarwono, 2009) sebagai berikut :

0	: Tidak ada korelasi
0.00 - 0.25	: korelasi sangat lemah
0.25 - 0.50	: korelasi cukup
0.50 - 0.75	: korelasi kuat
0.75 - 0.99	: korelasi sangat kuat
1	: korelasi sempurna

2.13 Gradien Garis

Gradien adalah kemiringan suatu garis. Gradien dilambangkan dengan “ m ”.

Berikut rumus gradien.

$$m = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} \quad (2.9)$$

Dimana m = gradien/kemiringan garis

Y_1 = titik y pada garis paling bawah

Y_2 = titik y pada garis paling atas

X_1 = titik x pada garis paling bawah

X_2 = titik x pada garis paling atas

Tentu dalam tersebut kita akan memperoleh nilai gradiennya. Dari nilai gradien tersebut kita akan mengambil suatu analisa dan kesimpulan, Berikut analisa dan kesimpulan yang dapat kita ambil dari perolehan nilai gradien menurut (Earl & Nicholson, 2021)

- *garis* meningkat apabila **naik** dari kiri ke kanan. Kemiringan ini bernilai **positif**, misalnya .
- *garis* menurun jika **turun** dari kiri ke kanan. Kemiringan ini bernilai **negatif**, misalnya .
- Jika garis horizontal maka kemiringan bernilai **nol**. Ini adalah fungsi konstan.
- Jika garis vertikal maka kemiringannya tak terdefinisi.

2.14 Akurasi dan Error

Perlu diketahui bahwa dalam pengujian unit, rangkaian dan sistem mempunyai nilai yang menjadi acuan unit tersebut benar dan layak digunakan. Tentunya dalam pengujian terkadang nilai *output* yang terekam tidak sesuai dengan nilai yang sebenarnya. Oleh karena itu dalam pengujian ada yang disebut akurasi dan error. Akurasi adalah ketepatan sejauh mana *output* yang terekam dengan nilai yang seharusnya/sebenarnya. Berikut merupakan rumus dari akurasi.

$$\%Akurasi = 100\% - \%Error \quad (2.10)$$

%Error merupakan persentase kesalahan sensor dalam melakukan pembacaan nilai yang terdeteksi dengan pembacaan oleh alat ukur utama. Persentase *error* pengukuran pada sensor-sensor yang digunakan pada sistem dihitung menggunakan persamaan (Fitrya et al., 2017).

$$\%Error = \left| \frac{(\text{Nilai Sebenarnya} - \text{Nilai Terbaca})}{\text{Nilai Sebenarnya}} \right| \times 100\% \quad (2.11)$$

Nilai sebenarnya adalah nilai yang seharusnya keluar. Nilai ini di peroleh dari nilai yang tercantum, logika-logika, rumus atau persamaan pada pengujian. Sementara nilai yang terbaca adalah nilai *output* yang terekam.