BAB II
LANDASAN TEORI

II.1 Penyangraian Kopi

Proses penyangraian adalah proses pembentukan rasa dan aroma pada biji kopi. Apabila biji kopi memiliki keseragaman dalam ukuran, *specific gravity*, tekstur, kadar air dan struktur kimia [4], maka proses penyangraian akan relatif lebih mudah untuk dikendalikan. Kenyataannya, biji kopi memiliki perbedaan yang sangat besar, sehingga proses penyangraian merupakan seni dan memerlukan ketrampilan dan pengalaman sebagaimana permintaan konsumen.

Proses penyangraian dilakukan dengan menggunakan suhu yang tinggi. Proses penyangraian merupakan proses *pyrolysis* yang akan menaikan suhu biji kopi dari suhu ruangan menjadi 200^o sampai $230^o\ celcius$ biasanya memerlukan waktu 15 sampai 20 menit. Selama penyangraian biji kopi diaduk agar uap air cepat terbawa keluar dan panas terdistribusi secara seragam secara keseluruhan.

1. Suhu Penyangraian

Selama proses penyangraian berlangsung, terjadi perpindahan panas dari permukaan pemanas ke dalam bahan. Panas yang masuk ke bahan menyebabkan perubahan suhu dalam bahan. Panas yang menyebabkan perubahan temperatur bahan tersebut dinamakan panas sensible. Kondisi ini akan berakhir ketika keadaan mulai jenuh yaitu bila suhu bahan terus meningkat sampai mendekati suhu penyangraian. Keadaan seperti ini diakibatkan adanya panas latent penguapan yang menyebabkan terjadinya perubahan massa (air) yang terkandung dalam bahan.

Bahan yang mengalami kehilangan air lebih banyak akan berubah sifat fisik dan termalnya, sehingga mempengaruhi proses kenaikan suhu bahan. Perubahan ini berkaitan dengan kadar air yang terkandung dalam bahan. Semakin tinggi kadar air bahan, maka panas akan semakin mudah melewati bahan sehingga suhu bahan akan mengalami peningkatan. Dengan berkurangnya kadar air pada bahan, maka sifat fisik dan termalnya juga berubah, sehingga kenaikan suhu akan semakin lambat.

1. Perubahan Kadar Air

Selama proses penyangraian berlangsung terjadi perpindahan panas dari media penyangraian terhadao kopi dan juga perpindahan massa air. Panas yang mengakibatkan terjadinya perubahan massa air dari kopi dikarenakan adanya panas laten penguapan. Perubahan massa air ini terjadi ketika kandungan air pada bahan telah sampai pada kondisi jenuh, sehingga menyebabkan air yang terkandung di dalam bahan berubah dari fase cair menjadi uap. Kadar air biji kopi turun cepat pada awal penyangraian dan kemudian akan berlangsung relatif lambat pada akhir penyangraian. Fenomena ini berkaitan dengan kecepatan rambat air (difusi) di dalam jaringan sel biji kopi. Makin rendah kandungan air dalam biji kopi, kecepatan penguapan air menurun karena posisi molekul air terletak makin jauh dari permukaan biji

2. Perubahan Warna

Semakin lama waktu penyangraian warna biji kopi akan semakin coklat dan gelap. Hal ini terjadi karena adanya reaksi *Maillard* yang mengakibatkan munculnya senyawa bergugus karbonil (gugus reduksi) dan bergugus amino. Reaksi *Maillard* adalah reaksi *browning non enzimatik* yang menghasilkan senyawa kompleks dengan berat molekul tinggi. Ketidak seragaman warna biji kopi sebelum penyangraian mengakibatkan pada saat penyangraian warna yang diperoleh tidak seragam. Hal ini mengakibatkan tingkat kecerahan (lightness) yang diperoleh tidak stabil. Namun secara umum data yang diperoleh dapat menggambarkan adanya perubahan warna kecerahan pada biji kopi selama penyangraian.

II.2 Mesin Sangrai Kopi

Mesin sangrai kopi pada dasarnya terdapat dua jenis yaitu drum atau disebut *semi hot air* dan *hot air*. Mesin sangrai kopi jenis drum atau semi *hot air* atau *indirectly heated drum* memiliki keunikan masing-masing sesuai dengan produsennya baik dari estetika, harga dan lain lain, namun semua memiliki fungsi yang sama yaitu memanaskan biji kopi dari suhu ruangan sampai $230^{o}C$. Salah satu bagian terpenting dari mesin sangrai kopi yaitu adalah drum sangrai dan juga

airflow. Mesin sangrai *semi hot air* memiliki drum yang berputar secara horizontal untuk mengaduk biji kopi. Biasanya mesin sangrai drum ini mendapatkan sumber panasnya dari bahan bakar gas cair (LPG), dan paling banyak sumber panas berada di bawah drum mesin sangrai.

Ada beberapa jenis mesin sangrai yang umum digunakan saat ini yaitu *Air Roaster* dan *Drum Roaster.*

1. *Air Roaster*

   Air Roaster Atau *Hot Air Roaster*, adalah mesin yang menggunakan aliran cepat dari udara panas ke biji kopi yang disangrai. Ada berbagai jenis, atau konfigurasi dari mesin sangrai *hot air* ini, tapi semua menggunakan udara panas untuk konveksi terhadap biji kopi dan untuk membantu menjaga kopi terus bergerak tidak menyentuh *chamber* sangrai. Kebanyakan digunakan untuk sekala komersil atau industri.



Gambar III.1 Mesin Sangrai Jenis *Air Roaster*

2. *Drum Roaster*

   Drum Roaster atau *Semi Hot Air* menggunakan teknologi sederhana yang belum benar-benar berubah banyak selama bertahun-tahun. Dalam arti dasar, drum *roaste*r adalah hanya sebuah silinder yang berputar pada sumbu horisontal. Sirip yang berada pada drum mencampur atau mengaduk kopi

dan mengalirkan udara panas melalui drum. Ada dua jenis Drum *roaste*r: drum yang padat dan drum yang berlubang.



Gambar III.2 Mesin Sangrai Jenis *Drum Roaster*

II.3 Mikrokontroler

Mikrokontroller adalah komputer yang berukuran mikro dalam satu chip IC (integrated circuit) yang terdiri dari processor, memory, dan antarmuka yang bisa diprogram. Jadi disebut komputer mikro karena dalam IC atau chip mikrokontroller terdiri dari CPU, memory, dan I/O yang bisa kita kontrol dengan memprogramnya. I/O juga sering disebut dengan GPIO (General Purpose Input Output Pins) yang berarti pin yang bisa kita program sebagai input atau output sesuai kebutuhan [5].

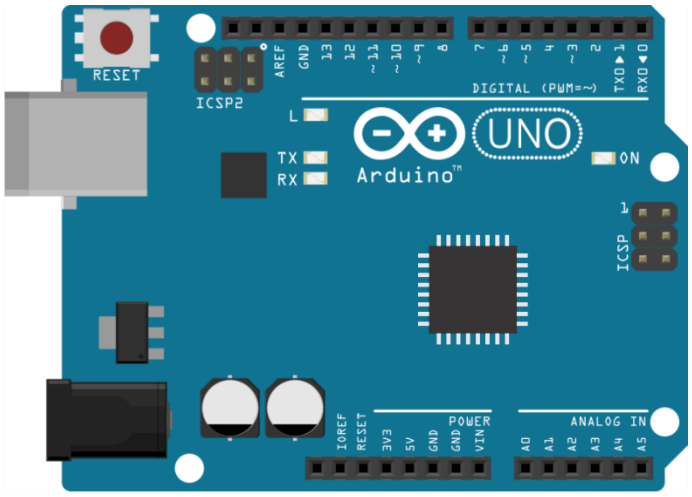
II.4 Arduino Uno

Board Arduino terdiri dari *hardware* / modul mikrokontroller yang siap pakai dan software IDE yang digunakan untuk memprogram kelebihan dari Arduino yaitu kita tidak direpotkan dengan rangkaian minimum sistem dan programmer karena sudah *built in* dalam satu board [5].

Mikrokontroler Arduino Uno memiliki arsitektur RISC 8 bit yaitu semua instruksi dikemas dalam kode 16-bit dan sebagian besar instruksi dieksekusi dalam satu siklus *clock*. Secara umum, *Arduino Uno* dapat dikelompokkan menjadi empat kelas, yaitu keluarga ATtiny, AT90Sxx, ATmega, dan AT86RFxx dan sering digunakan pada pembuatan alat dengan sistem *embedded*.ATmega328 merupakan

bagian dari keluarga ATmega yang mempunyai fasilitas yang lengkap.Atmega328 ini dianggap penulis akan dapat dimaksimalkan dalam pembuatan program dan pengontrolan motor.

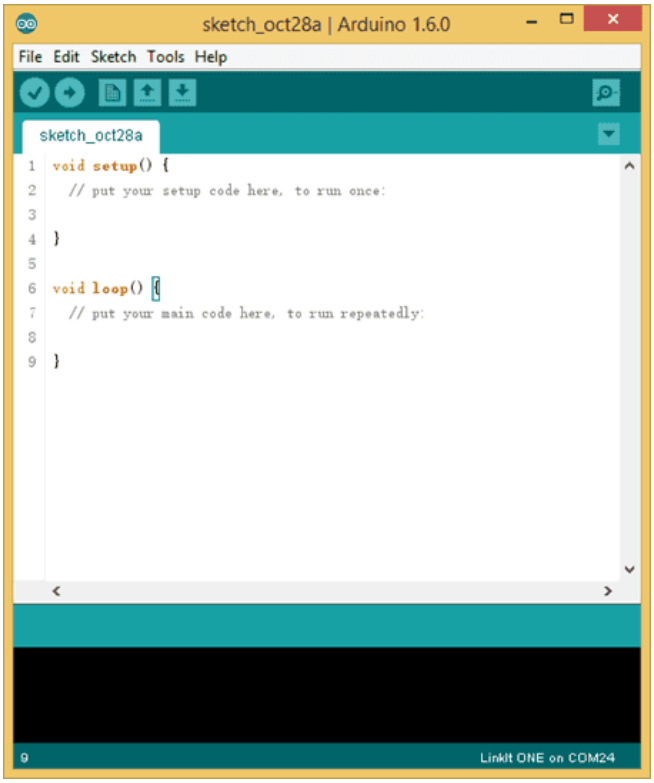
Arduino Uno adalah *board* berbasis mikrokontroler pada ATmega328 .*Board* ini memiliki 14 digital input / output pin (dimana 6 pin dapat digunakan sebagai *output* PWM), 6 input analog, 16 MHz osilator kristal, koneksi USB, *jack* listrik tombol reset. Pin-pin ini berisi semua yang diperlukan untuk mendukung mikrokontroler, hanya terhubung ke komputer dengan kabel USB atau sumber tegangan bisa didapat dari adaptor AC to DC atau baterai untuk menggunakannya.



Gambar III.3 *Board* Arduino Uno

II.5 Arduino IDE

Untuk memprogram board Arduino, dibutuhkan aplikasi IDE (*Integrated Development Environment*) bawaan dari Arduino. Aplikasi ini berguna untuk membuat, membuka, dan mengedit *source code Arduino* yang biasa disebut dengan *sketches* [5]. Tampilan dari Arduino dapat dilihat pada Gambar 2.4.



Gambar III.4 *Interface* Arduino IDE

II.6 Sensor

Sensor adalah jenis tranduser yang digunakan untuk mengubah besaran mekanis, magnetis, panas, sinar, dan kimia menjadi tegangan dan arus listrik. Sensor sering digunakan untuk pendeteksian pada saat melakukan pengukuran atau pengendalian. Beberapa jenis sensor yang banyak digunakan dalam rangkaian elektronik antara lain sensor cahaya, sensor suhu dan lain-lain.

II.7 Sensor Suhu

Sensor suhu adalah komponen elektronika yang memiliki fungsi untuk mengubah besaran suhu menjadi besaran listrik dalam bentuk tegangan. Sensor suhu yang digunakan pada penelitian ini adalah sensor suhu Termokopel jenis K. Termokopel K adalah jenis sensor suhu yang digunakan untuk mendeteksi atau mengukur suhu melalui dua jenis logam konduktor berbeda yang digabung pada

ujungnya sehingga menimbulkan efek "*Thermo-electric".* Efek *Thermo-electric* pada Termokopel ini ditemukan oleh seorang fisikawan Estonia bernama *Thomas Johann Seebeck* pada Tahun 1821, dimana sebuah logam konduktor yang diberi perbedaan panas secara gradient akan menghasilkan tegangan listrik. Perbedaan Tegangan listrik diantara dua persimpangan (junction) ini dinamakan dengan Efek "*Seeback*".

Termokopel merupakan salah satu jenis sensor suhu yang paling populer dan sering digunakan dalam berbagai rangkaian ataupun peralatan listrik dan Elektronika yang berkaitan dengan Suhu (Temperature). Beberapa kelebihan Termokopel K yang membuatnya menjadi populer adalah responnya yang cepat terhadap perubahaan suhu dan juga rentang suhu operasionalnya yang luas yaitu berkisar diantara -200˚C hingga 1250˚C. Selain respon yang cepat dan rentang suhu yang luas, Termokopel juga tahan terhadap goncangan/getaran dan mudah digunakan.

II.8 Modul MAX6675

MAX6675 merupakan sebuah modul yang dapat melakukan digitalisasi sinyal analog dari termokopel tipe-K, sirkuit terpadu di dalamnya juga melakukan kompensasi "persimpangan dingin" (*cold-junction*) untuk akurasi terbaik. Yang dimaksud *cold-junction-compensation* adalah fungsi IC Ini untuk mendeteksi fluktuasi suhu lingkungan (*ambience temperature*) pada ujung dingin (*cold-end*) - suhu yang dideteksi oleh sensor suhu internal MAX6675, dapat berkisar antara -20°C hingga +85°C- sehingga dapat mengoreksi pembacaan suhu pada ujung panas (*hot-end*) yang merupakan suhu yang terbaca pada *probe* (hingga +1024°C, dalam *kit* ini maksimum suhu dibatasi oleh *probe temperature rating* sebesar +800^{o}C.

Mengakses data dari MAX6675 dapat dilakukan dengan mudah dari mikrokontroler melalui protokol SPI (*Serial Peripheral Interface*). Data yang dilaporkan beresolusi 0,25°C dengan lebar data 12 bit (0~4095)

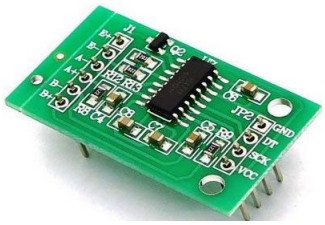
II.9 Sensor Berat

Sensor berat atau *load cell* adalah komponen utama pada sistem timbangan digital. Tingkat keakurasian timbangan bergantung dari jenis load cell yang dipakai. Sensor load cell apabila diberi beban pada inti besi maka nilai resistansi di strain gaugenya akan berubah yang dikeluarkan melalui empat buah kabel. Dua kabel sebagai eksitasi dan dua kabel lainnya sebagai sinyal keluaran ke kontrolnya. Gambar dibawah adalah bentuk fisik dari sensor load cell.



Gambar III.5 *Bentuk Fisik Load Cell*

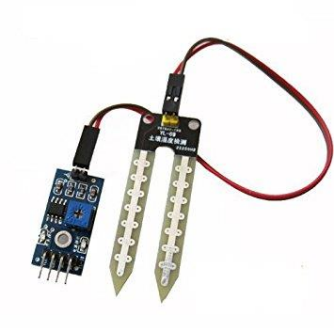
Tegangan keluaran dari sensor Load Cell sangat kecil, sehingga untuk mengetahui perubahan tegangan keluaran secara linier dibutuhkan rangkaian penguat instrument. Dalam penelitian ini menggunakan Modul HX711 yang memiliki cara kerja mengkonversi perubahan yang terukur dalam perubahan resistansi pada *load cell* dan mengkonversinya ke dalam besaran tegangan melalui rangkaian yang ada.



Gambar III.6 Bentuk Fisik *Modul HX711*.

II.10 Sensor Kadar Air

Sensor kadar air atau *moisture* adalah sensor yang digunakan untuk melakukan pengukuran kadar air. Prinsip kerja sensor ini adalah memberikan nilai keluaran berupa besaran listrik yang terbaca akibat adanya air yang berada diantara lempeng kapasitor sensor tersebut. Pada penelitian ini sensor yang coba digunakan adalah sensor *soil moisture*. Pada sensor *soil moisture* memiliki dua buah *probe* yang berfungsi sebagai sensor sekaligus sebagai resistor variabel. Semakin banyak air yang ada berarti semakin baik konduktivitas antara *probe* yang akan menghasilkan resistansi lebih rendah. Berikut gambar fisik dari sensor *Soil Moisture* dapat dilihat pada Gambar



Gambar III.7 Bentuk Fisik *Soil Moisture*

.

II.11 Motor Servo

Motor Servo adalah sebuah motor dengan sistem *closed feedback* dimana posisi dari motor akan diinformasikan kembali pada rangkaian kontrol yang ada di dalam motor servo. Struktur perangkatnya terdiri dari sebuah motor, rangkaian gigi, potensiometer dan rangkaian kontrol. Potensiometer berfungsi untuk menentukan batas sudut dari putaran yang dihasilkan. Sedangkan sudut dari sumbu motor servo diatur berdasarkan lebar pulsa yang dikirimkan melalui kaki sinyal yang telah disediakan. Motor servo biasanya hanya bergerak mencapai sudut tertentu saja dan tidak bergerak kontinyu seperti motor DC maupun motor *stepper*. Tetapi motor servo dapat dimodifikasi agar dapat bergerak kontinyu. Pada sebuah robot, motor

servo ini sering digunakan untuk bagian kaki, lengan dan bagian lainnya yang bergerak terbatas dan sangat membutuhkan torsi cukup besar. Motor servo bergerak dua arah, yaitu searah jarum jam dan berlawanan arah jarum jam. Arah dan sudut dari pergerakan rotornya dapat dikendalikan dengan memberikan pengaturan sinyal *pulseout* dari mikrokontroler pada pin bagian sinyal motor servo tersebut. Motor servo termasuk kedalam jenis motor DC yang memiliki rangkaian kontrol elektronik dan *internal gear* untuk mengendalikan pergerakan sudutnya. Putaran motor servo relatif lambat, tetapi memiliki torsi cukup kuat karena memiliki rangkaian internal gear [6]. Berikut gambaran fisik dari Motor Servo yang dapat dilihat pada Gambar



Gambar III.8 Bentuk Fisik *Motor Servo*

II.12 *Fuzzy Logic*

Algoritma *Fuzzy logic* adalah algoritma yang mengandung unsur ketidakpastian, tidak seperti logika biasa yaitu logika tegas, kita hanya mengenal dua nilai, salah atau benar, atau 0 atau 1. Himpunan *Fuzzy* adalah pengelompokan sesuatu bedasarkan parameter dan variabel bahasa atau linguistik variabel, yang dinyatakan dalam fungsi keanggotaan (*Universe of discourse*) U, fungsi keanggotaan dari suatu himpunan *Fuzzy* tersebut bernilai antara 0.0 sampai dengan 1.0 Himpunan *Fuzzy* didasarkan pada gagasan untuk memperluas jangkauan fungsi karateristik sedemikian rupa sehingga fungsi tersebut akan mencangkup bilangan real pada interval [0,1]. Nilai keanggotaannya menunjukan bahwa suatu item tidak

hanya bernilai benar atau salah. Nilai 0 menujukan salah, nilai 1 menujukan benar dan masih ada nilai nilai yang terletak antara benar dan salah.

II.13 Kendali *Fuzzy Logic*

Sistem kendali logika *Fuzzy* disebut juga sistem Inferensi *Fuzzy* (*Fuzzy Inference System*) atau *Fuzzy* inference engine adalah sistem yang dapat melakukan penalaran dengan prinsip serupa seperti manusia melakukan penalaran dengan nalurinya. Terdapat beberapa jenis FIS yang dikenal yaitu Mamdani, Sugeno dan Tsukamoto. FIS yang paling mudah dimengerti, karena paling sesuai dengan naluri manusia adalah FIS Mamdani.

Input yang diberikan adalah berupa bilangan tertentu dan output yang dihasilkan juga harus berupa bilangan tertentu.

*Fuzzy*fikasi adalah pemetaan nilai input yang merupakan nilai tegas ke dalam fungsi keanggotaan himpunan *Fuzzy*, untuk kemudian diolah di dalam mesin penalaran

*Fuzzy*fikasi : $x \rightarrow \mu(x)$ (6)

Aturan dasar dalam logika *Fuzzy* adalah aturan implikasi dalam bentuk"jika... maka..." . Aturan dasar tersebut ditentukan dengan bantuan seorang pakar yang mengetahui karateristik objek yang akan dikendalikan. Contoh bentuk implikasi yang digunakan adalah sebagai berikut.

Jika X = A dan Y = B maka Z = C. (7)

Penalaran adalah menalarkan nilai masukan untuk menentukan nilai keluaran sebagai bentuk pengambil keputusan. Sistem terdiri dari beberapa aturan, maka kesimpulan diperoleh dari kumpulan dan korelasi antar aturan. Ada 3 metode yang digunakan dalam melakukan inferensi sistem *Fuzzy*, yaitu max, additive dan probabilistik OR. Secara umum dapat ditulis

$\mu df\ (xi) \leftarrow \max\ (\mu df\ (xi,)\ \mu kf\ (xi))$ (8)

De*Fuzzy*fikasi merupakan kebalikan dari *Fuzzy*kasi, yaitu pemetaan dari himpunan *Fuzzy* ke himpunan tegas. Input dari proses de*Fuzzy*fikasi adalah suatu himpunan *Fuzzy* yang diperoleh dari komposisi aturan-aturan *Fuzzy*. Hasil dari de*Fuzzy*fikasi ini merupakan output dari sistem kendali logika *Fuzzy*.

De*Fuzzy*fikasi di deskripsikan sebagai

$$z = \sum aiZi\ ai \qquad (9)$$

dengan αi = Nilai minimal dari derajat keanggotaan

Zi = Nilai domain dari variabel linguistic

z= Nilai de*Fuzzy*fikasi

II.14 UML

UML (*Unified* Modeling *Language*) merupakan salah satu *tools* untuk memodelkan analisis dan desain berorientasi objek. UML adalah sebuah bahasa pemodelan standar untuk perangkat lunak dan pengembangan sistem. Berikut adalah beberapa diagram pada UML untuk desain suatu sistem [7]:

1. *Use Case Diagram*

   Use case Diagram dapat digunakan untuk menggambarkan fungsionalitas dari sebuah sistem. Sebuah *Use case diagram* dapat merepresentasikan sebuah interaksi antara aktor dengan sistem.

2. *Activity Diagram*

   Activity Diagram menggambarkan berbagai alur aktivitas suatu sistem, bagaimana masing-masing aliran berawal, *decision* yang mungkin terjadi, dan bagaimana akhir dari alur suatu aktivitas. Diagram aktivitas dapat dibagi menjadi beberapa object *swimlane* untuk menggambarkan objek mana yang melakukan aktivitas tertentu

3. *Sequence Diagram*

   Sequence Diagram menggambarkan interaksi pada sistem dan digambarkan terhadap waktu. Oleh karena itu *Sequence Diagram* biasa digunakan untuk

menggambarkan skenario atau rangkaian langkah-langkah yang dilakukan sebagai respons dari sebuah event untuk menghasilkan keluaran tertentu.

1. *Class Diagram*

   Class Diagram adalah sebuah diagram yang menggambarkan objek, atribut, dan method pada suatu sistem. Diagram kelas juga menjelaskan hubungan antar objek secara keseluruhan di dalam sebuah sistem yang sedang dibuat dan bagaimana caranya agar mereka saling berkolaborasi untuk mencapai sebuah tujuan.

II.15 Sekilas Tentang C#

C# merupakan sebuah bahasa pemrograman yang berorientasi objek yang dikembangkan oleh Microsoft sebagai bagian dari inisiatif kerangka .NET Framework. Bahasa pemrograman ini dibuat berbasiskan bahasa C++ yang telah dipebaharui oleh aspek-aspek ataupun fitur bahasa yang terdapat pada bahasa-bahasa pemrograman lainya seperti Java, Delphi, Visual Basi dan lain-lain

II.16 Microsoft Visual Studio

Microsoft Visual Studio merupakan sebuah perangkat lunal yang dapat digunakan untuk melakukan pemngembangan aplikasi baik itu aplikasi bisnis, aplikasi personal ataupun komponen lainya, dalam bentuk aplikasi console, aplikasi Windows atau aplikasi Web. Visual Studio mecakup komplier, SDK, *Integrated Developmetn Environment* dan dokumentasi.

II.17 Pengujian

Pengujian adalah sebuah tahap atau proses untuk memperoleh sebuah tingkatan keberhasilan dari suatu sistem atau tujuan yang ingin dicapai. Dalam proses pengujian ada beberapa aspek dan komponen yang diperlukan untuk bahan uji sehingga pengujian bisa dilakukan dan pengujian itu berhasil.

Ada beberapa pengujian yang digunakan dalam penelitian ini diantaranya pengujian *Black Box* dan pengujian alat.

1. Pengujian Black box

Pengujian *Black Box* berfokus pada persyaratan fungsional perangkat lunak. Pengujian *Black Box* memungkinkan perekayasa perangkat lunak mendapatkan serangkaian kondisi input yang sepenuhnya menggunakan semua persyaratan fungsional untuk suatu program [3].

Pengujian *Black Box* merupakan metode perancangan data uji yang didasarkan pada spesifikasi perangkat lunak. Data uji dieksekusi pada perangkat lunak dan kemudian keluar dari perangkat lunak dicek apakah telah sesuai yang diharapkan.

Pengujian *Black Box* berusaha menemukan kesalahan dalam kategori sebagai berikut:

a. Fungsi - fungsi yang tidak benar atau hilang.
b. Kesalahan interface.
c. Kesalahan dalam struktur data atau akses database eksternal.
d. Kesalahan kinerja.
e. Inisialisasi dan kesalahan terminasi..

2. Pengujian *White Box*

White-Box Testing adalah metode desain test case yang menggunakan struktur kontrol desain prosedural untuk memperoleh test case. Dengan menggunakan metode pengujian ini akan didaptkan test case sebagai berikut :

a. Memberikan jaminan bahwa semua jalur independen pada suatu modul yang telah digunakan paling tidak satu kali.
b. Menggunakan semua keputusan logis pada sisi true dan false,
c. Mengekseskusi semua looping pada batasan tertentu,
d. Dan menggunakan struktur data internal yang menjamin validitasnya.