

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. PENELITIAN TERDAHULU

Konsep model mobil pertama yang menggunakan tenaga listrik digagas oleh Karl Benz di tahun 1885, namun sebenarnya puluhan tahun sebelumnya pada abad 18 para ilmuwan dan inovator dari Belanda, Amerika, dan Hungaria memulai membuat konsep kendaraan menggunakan tenaga baterai dan menciptakan beberapa mobil listrik dalam ukuran dan skala yang kecil. Kemudian ada seorang berkebangsaan Inggris bernama Robert Anderson membuat mobil dengan roda tiga yang memakai baterai listrik sebagai sumber tenaganya di tahun 1832, Temuan ini kemudian dianggap sebagai mobil listrik pertama di dunia. . Kemudian di tahun tahun selanjutnya model mobil tenaga listrik mulai bermunculan di kota New York, bahkan saat itu sudah tercatat hingga 60 buah taksi listrik. Menginjak abad ke 19 mobil listrik mencapai masa kejayaan meskipun pada era tersebut kuda masih menjadi alat transportasi utama [10].

Di tahun 2003 General Motor menghentikan produksi mobil EV1, dan setelah beberapa tahun berselang, Tesla motor di bawah pimpinan Elon Musk memperkenalkan mobil listrik bernama Tesla Roadster pada pameran di bulan November di pameran San Fransisco. Semenjak saat itu mobil sport yang diperkenalkan Tesla banyak negara negara di dunia

mendukung penggunaan mobil listrik yang ramah lingkungan untuk mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil [10].

Selain berdasarkan penelitian terdahulu tim SAMANDIMAN Universitas Muhammadiyah Ponorogo, ada juga sumber lainnya yaitu skripsi dari Mahasiswa Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Makassar [11]. Mobil ini mempunyai konsep fitur sebagai berikut:

1. Muatan barang sebesar 10 kg dan berat penumpang 60
2. Jumlah penumpang sebanyak 2 orang
3. Jarak tempuh mobil listrik mini untuk perkotaan 38 km
4. Kecepatan rata-rata 20 km/jam

Dengan Hasil akhir rancangan menggunakan komponen komponen sebagai berikut:

1. Motor Listrik DC brushless dengan tenaga 1HP dan putaran 3000 rpm
Menggunakan 3 buah Accu dengan kapasitas 12 Volt
2. Menggunakan Chasis dari material besi hollow 40mm x 40mm
3. Sollar Cell
4. Charger
5. Controller Motor

Ide perancangan mobil listrik angkutan barang ini bermula dari mobil selep gabah yang mampu mengangkut mesin selep gabah yang berat. Namun mobil ini menggunakan mesin diesel sebagai penggeraknya,

sehingga hadir gagasan untuk mengganti mesin diesel dengan motor listrik yang lebih ramah lingkungan.

2.2. DASAR TEORI

Mobil listrik merupakan sebuah mobil yang beberapa bagian maupun sepenuhnya digerakkan oleh motor listrik, memakai energi listrik yang tersimpan di dalam baterai dimana bersifat rechargeable atau dapat diisi ulang [12]. Sebuah mobil listrik dapat bergerak, ketika pedal gas diinjak, di saat itu maka:

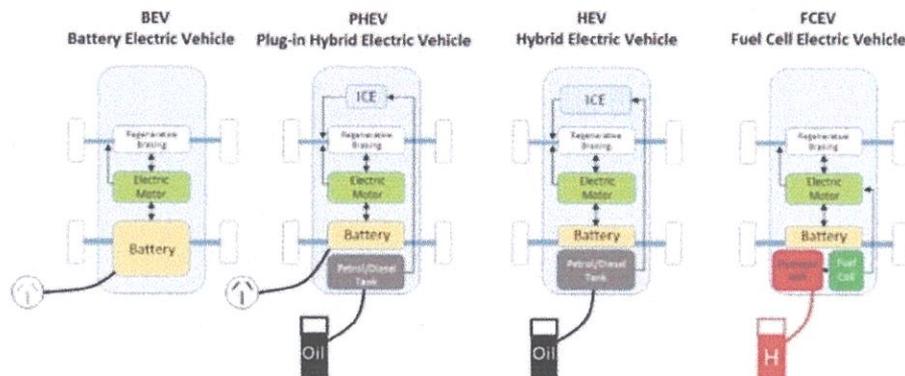
1. Controller mengambil serta mengatur energi listrik dari inverter dan baterai
2. Melalui sejumlah controller, inverter selanjutnya mengirim sejumlah energi listrik ke motor listrik (energi listrik berbanding sesuai dengan kedalaman saat menekan pedal)
3. Energi listrik diubah menjadi energi mekanik (putaran) melalui motor listrik
4. Mobil bergerak karena roda berputar melalui transmisi yang diputar oleh rotasi rotor motor.

Catatan : Penjelasan di atas sebelumnya adalah mobil listrik dengan tipe BEV (Battery Electrical Vehicle). Atas prinsip kerjanya mobil listrik dibagi menjadi 4 jenis, yaitu :

- Battery Electric Vehicle (BEV)
- Hybrid Electric Vehicle (HEV)

- Plug-in Hybrid Electric Vehicle (PHEV)
- Fuel Cell Electric Vehicle (FCEV)

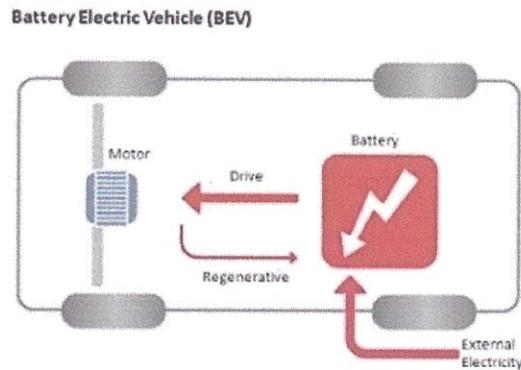
Gambar sederhana keempat mobil di atas adalah sebagai berikut :



Gambar 2.1 Jenis Mobil Listrik [13]

a. Battery Electric Vehicle (BEV).

Mobil BEV atau biasa disebut dengan All Electric Vehicle (AEV) adalah kendaraan yang sepenuhnya bekerja memakai listrik yang disimpan pada baterai (Accu). Jenis mobil BEV tidak mempunyai ICE (mesin pembakaran dalam). Pengisian baterai dilakukan dengan menghubungkan ke listrik eksternal. Pada pembahasan kali ini, desain yang dibuat adalah mobil listrik tipe ini [14]. Bagan Mobil tipe BEV adalah sebagai berikut :



Gambar 2.2 Battery Electric Vehicle [13]

Komponen mobil BEV:

1. Motor Listrik
2. Inverter
3. Baterai (ACCU)
4. Transmisi gear atau Roda gigi penggerak

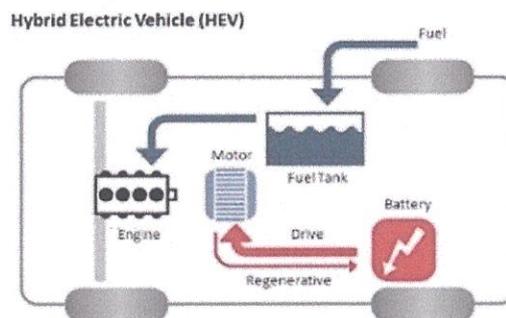
Secara sederhana, prinsip Kerja dari mobil BEV adalah

- Untuk mengaktifkan motor, daya baterai DC dikonversikan ke AC
- Control module mendapatkan kiriman dari pedal akselerator yang berfungsi sebagai penyesuai kecepatan mobil melalui cara mengubah frekuensi daya AC dari inverter ke motor listrik (apabila memakai motor induksi).
- Roda gigi memutar roda melalui roda gigi yang dihubungkan dengan motor listrik (apabila menggunakan roda gigi penggerak) pada pembahasan skripsi ini, semua motor listrik langsung dihubungkan dengan roda.

- Saat pedal rem diinjak atau kecepatan mobil melambat, fungsi motor listrik diubah menjadi generator yang menghasilkan listrik kemudian disimpan kembali ke dalam baterai.

b. Hybrid Electric Vehicle (HEV).

Mobil listrik ini biasa disebut dengan hybrid paralel maupun mobil hybrid standar. Jenis ini mempunyai dua jenis sistem penggerak, antara lain motor traksi dan mesin pembakaran dalam (ICE). ICE mendapatkan energi dari bensin maupun solar. Daya motor didapat dari baterai. Motor Bakar dan motor listrik bersamaan memutar transmisi agar roda bergerak. Perbedaan mobil HEV dengan mobil BEV dan mobil PHEV adalah baterai pada mobil HEV hanya bisa diisi karena gerakan roda, putaran mesin atau kombinasi di antara keduanya. Mobil HEV tidak memiliki port charging oleh karena itu baterai tidak bisa diisi ulang dari luar sistem [14]. Gambar rangkaian mobil HEV adalah sebagai berikut:



Gambar 2.3 Hybrid Electric Vehicle (HEV) [13]

Komponen – Komponennya adalah sebagai berikut:

1. Engine (motor bakar)
2. Motor Listrik
3. Control module (controller)
4. Tangki bahan bakar
5. Battery pack dengan controller & inverter

Cara kerja mobil jenis HEV:

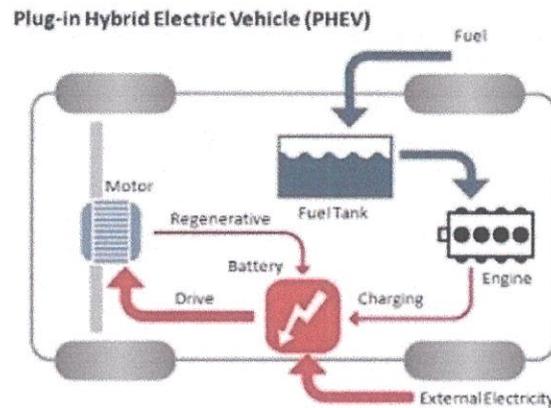
- Memiliki tangki bensin pemasok BBM ke mesin seperti mobil biasa
- Memiliki satu set baterai yang berfungsi untuk menjalankan motor listrik
- Motor bakar maupun motor listrik dapat bekerja dan memutar transmisi pada saat yang bersamaan
- Saat dilakukan pengereman, maka motor listrik berubah menjadi generator kemudian untuk mengisi baterai

c. Plug-In Hybrid Electric Vehicle (PHEV).

Mobil PHEV adalah mobil hybrid yang mempunyai motor traksi listrik dan mesin pembakaran (ICE). Prinsip kerja mobil PHEV biasa disebut hybrid series. Perbedaan dengan HEV adalah baterai pada mobil PHEV dapat diisi ulang melalui sumber listrik eksternal dengan cara menghubungkan inlet (charging port) mobil ke sumber listrik eksternal [14]. PHEV dapat beroperasi pada dua mode, yaitu:

- All-electric mode, yaitu bergerak hanya menggunakan listrik baterai
- Hybrid mode, yaitu mesin bensin dan listrik digunakan secara bersamaan.

Gambar Rangkaian mobil jenis PHEV adalah sebagai berikut :



Gambar 2.4 Plug-in Hybrid Electric Vehicle (PHEV) [13]

Komponen komponen mobil PHEV adalah sebagai berikut:

1. Motor Listrik
2. Mesin motor bakar
3. Inverter
4. Baterai
5. Tangki bahan bakar
6. Control module
7. Battery Charger (untuk tipe on-board)

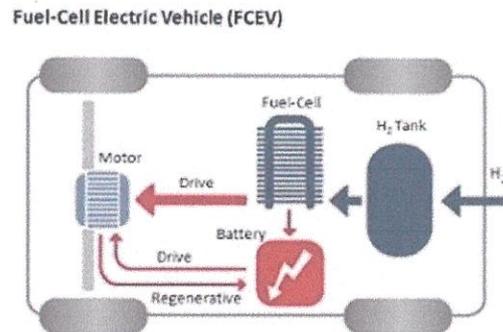
Prinsip Kerja mobil PHEV:

Saat berada pada all-electric mode, baterai digunakan sebagai energi listrik sampai habis. Kemudian bisa beralih ke hybrid mode, saat kecepatan mobil di atas 90 sampai 105 km per jam. Setelah baterai habis, penggerak utama diambil alih oleh motor bakar. Ketika kondisi tersebut, mobil berfungsi sebagai hybrid non-plug-in konvensional. Selain dapat disambungkan dengan sumber daya listrik eksternal sistem, baterai juga dapat diisi oleh perputaran motor bakar serta dapat juga melalui pengereman regeneratif. Saat dilakukan pengereman, motor yang bertindak sebagai generator menghasilkan untuk mengisi baterai.

d. Fuel Cell Electric Vehicle (FCEV).

Mobil FCEV ini dikenal juga sebagai Fuel-Cell Vehicle (FCV) maupun kendaraan nol emisi (Zero Emission). Mobil ini memakai teknologi fuel-cell sebagai penghasil listrik. Listrik yang dihasilkan digunakan untuk mengaktifkan motor listrik supaya kendaraan berjalan. Prinsip kerja mobil FCEV ini hampir sama dengan prinsip kerja mobil BEV. FCEV mempunyai komponen tambahan fuel cell untuk menghasilkan listrik [14]

Gambar Komponen mobil FCEV :



Gambar 2.5 Fuel Cell Electric Vehicle (FCEV) [13]

Komponen – komponen mobil FCEV

1. Motor Listrik
2. Peralatan Fuel-cell
3. Tangki Penyimpanan Hidrogen
4. Baterai dengan converter & controller

Cara Kerja mobil FCEV: Mirip dengan mobil BEV, tapi berbeda dengan mobil PHEV. Mobil FCEV mampu menghasilkan listrik sendiri dari fuel cell untuk menjalankan kendaraan.

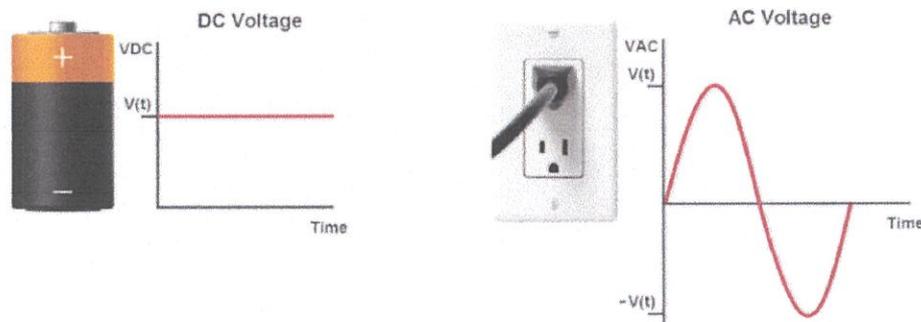
2.3. TEORI KELISTRIKAN

Listrik adalah sebuah bentuk dari energi yang tidak bisa dilihat oleh mata, akan tetapi bisa dirasakan secara manfaatnya [15]. Listrik muncul karena adanya suatu gerakan elektron yang berputar (orbit) secara beraturan mengelilingi inti melalui beberapa lapisan. Elektron yang mempunyai letak terjauh dari inti disebut dengan elektron bebas. Sifat dari elektron bebas adalah cenderung mudah untuk berpindah ke atom lain. Oleh sebab itu, terjadi kekosongan pada atom lain, yang kemudian

kekosongan tersebut diisi elektron dari atom yang lain. Pergerakan elektron bebas yang teratur ini ke satu arah disebut dengan aliran elektron, maka kejadian ini menimbulkan aliran listrik [15].

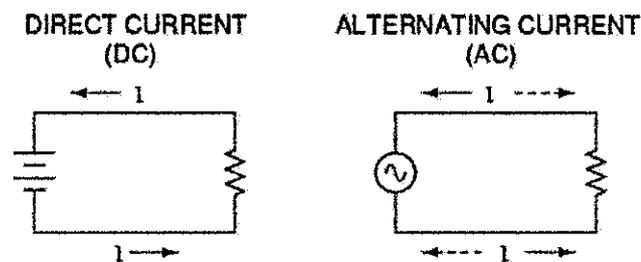
a. Pemahaman tentang arus listrik.

Arus listrik merupakan aliran muatan listrik. Ada dua macam jenis arus listrik, yaitu Direct Current (DC) atau arus searah dan Alternating Current atau arus bolak balik. DC merupakan arus yang mengalir satu arah dengan polaritas tegangan konstan sedangkan AC merupakan arus yang berubah arah secara berkala seiring dengan polaritas tegangan. Tokoh pelopor arus DC antara lain Alessandro Volta dan Thomas Alfa Edison. Karena penggunaan arus DC yang tidak terlalu efisien pada penggunaan transmisi jarak jauh maka ditemukanlah sistem kelistrikan arus bolak balik (AC) oleh Nikola Tesla yang memungkinkan menghasilkan tegangan listrik tinggi untuk transmisi yang panjang. Maka dari itu, sebagian besar perangkat portable saat menggunakan daya DC, sedangkan pembangkit listrik menghasilkan arus AC. Berikut adalah gambar perbedaan tegangan listrik DC dan AC [15].



Gambar 2.6 Gambar Listrik DC dan AC [16]

Arus listrik mengalir hanya pada satu arah saja pada tegangan listrik DC, yaitu nilai arus listrik konstan mengalir dari titik satu ke titik yang lain. Untuk tegangan AC, arus listrik memungkinkan untuk mengalir dengan dua arah, dimana nilainya akan berubah secara periodik pada tiap tiap setengah siklusnya [15].



Gambar 2.7 Gambar Arus Listrik DC dan AC [17]

Sistem kelistrikan pada rangkaian kelistrikan pada mobil listrik ini dapat berbeda beda, namun pada prinsipnya, rangkain tersebut semuanya bermula serta berakhir di tempat yang sama, yaitu sumber listrik baterai (Accu). Agar sistem kelistrikan dapat bekerja, maka harus ada satu rangkaian tertutup yaitu rangkaian yang dimulai dari satu titik kembali ke titik awal tersebut tanpa terputus dan mengabaikan jarak yang ditempuh. Listrik mengalir dari terminal positif baterai melewati komponen sistem kelistrikan dan kembali lagi ke baterai melalui terminal negatif yang biasa disebut ground. Untuk menghemat sambungan, kabel dan rangkaian, maka ground dilewatkan ke chasis mobil yang terbuat dari logam karbon.

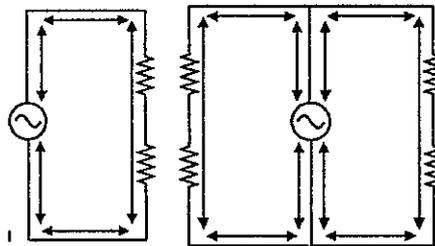
b. Konsep Kelistrikan.

1) Hukum Ohm.

Hukum yang paling mendasar tentang kelistrikan adalah hukum Ohm $V = I \times R$. Dimana, V merupakan tegangan yang berarti nilai beda potensial antara dua muatan. Ketika melihat nilai 12 Volt itu adalah nilai beda potensial antara 2 titik referensi misal 12V dan 0V atau 6Volt dan -6Volt dan lain sebagainya. Atau biasa disebut ground atau titik nol. Selanjutnya adalah arus listrik dengan simbol huruf I . Huruf R adalah simbol dari hambatan, yang merupakan komponen yang ditambahkan ke dalam rangkaian yang berfungsi untuk membagi level tegangan [18].

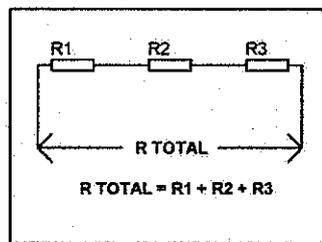
2) Rangkaian Seri dan Paralel.

Nilai I dalam sebuah rangkaian seri selalu konstan namun nilai tegangan dapat bervariasi. Sedangkan Rangkaian Paralel merupakan sebuah rangkaian yang bercabang dari satu daya. Arus Total yang disuplai dari sumber listrik dibagi diantara masing masing cabang namun nilai tegangan tetap sama [19].



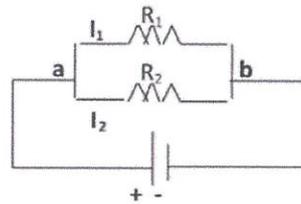
Gambar 2.8 Tegangan AC dengan rangkaian seri dan tegangan AC dengan rangkaian Paralel [16]

Tahanan rangkaian seri (R_3), adalah penjumlahan dari nilai tahanan beban. Sehingga $R_3 = R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n$. Dimana besar arus yang mengalir pada semua titik adalah sama. Sedangkan pada rangkaian seri, nilai tegangan berbeda pada setiap beban. $V_1 = R_1 \times I$, maka $V_a = R_a \times I$, $V_2 = R_2 \times I$



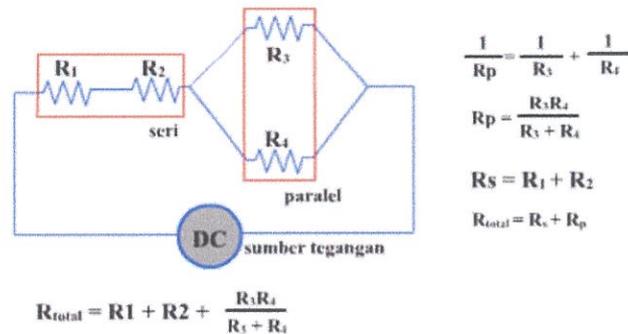
Gambar 2.9 Rangkaian seri [20]

Untuk rangkaian paralel, sumber tegangan (baterai) V adalah sama pada seluruh tahanan. Sedangkan jumlah nilai arus I adalah sama dengan jumlah arus I_1 , I_2 dan I_3 yaitu arus yang mengalir melalui masing-masing resistor R_1 , R_2 dan R_3 . Pada rangkaian seri, rumus arus listrik, tegangan, serta tahanan adalah sebagai berikut: $V_{total} = V_1 + V_2 + V_3$,
 $I_{total} = I_1 + I_2 + I_3$



Gambar 2.10 Rangkaian Paralel [20]

Rangkaian seri – paralel adalah model penyambungan rangkaian kombinasi (seri–paralel) yang mana sebuah nilai tahanan (R_1) dengan dua atau bahkan lebih tahanan (R_2 dan R_3 dan selanjutnya) dirangkakan pada sebuah sirkuit atau rangkaian seperti gambar. Rangkaian seri– paralel adalah sebuah gabungan atau kombinasi dari rangkaian seri dan paralel yang berada dalam satu sirkuit.



Gambar 2.11 Rangkaian Seri-Paralel [20]

Tahanan total di dalam sebuah rangkaian seri–paralel dapat dihitung menggunakan langkah sebagai berikut: Menghitung nilai dari tahanan pengganti ($R_{pengganti}$), yang merupakan gabungan tahanan R_2

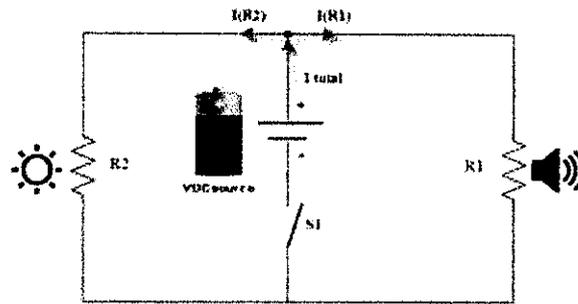
dan R_3 yang terhubung secara paralel. Cara menghitung nilai tahanan total adalah dengan menggabungkan tahanan R_1 dan $R_{pengganti}$ yang dihubungkan secara seri [19].

c. Daya Listrik.

Daya listrik merupakan jumlah kerja listrik setiap satuan waktu (detik), memakai simbol P , serta diukur dalam satuan Watt (W). dalam aplikasi di sirkuit listrik daya dapat dihitung menggunakan rumus : $P = V \times I$ Dimana, $1A = 1C$ per detik. Kemudian disubstitusikan dengan hukum Ohm maka : $P = R \times I^2$

d. Hukum Kirchoff.

Dalam rangkaian seri, nilai arus adalah konstan sedangkan tegangan bervariasi, namun pada rangkaian paralel tegangan bernilai konstan sedangkan arus bervariasi. Arus yang bervariasi ini kemudian menghasilkan hukum besar selanjutnya yaitu hukum Kirchoff. KCL atau Kirchoff Current Law. Hukum ini pada dasarnya menyatakan bahwa arus yang masuk ke suatu simpul akan sama dengan arus yang keluar dari simpul tersebut. Dengan kata lain arus bersih dalam sebuah simpul adalah nol atau $0 = I_{masuk} - I_{keluar}$ [18].



Gambar 2.12 Rangkaian Hukum Kirchoff [21]

e. Teori Sistem Kontrol.

Sistem kontrol adalah suatu sistem dari sebuah perangkat yang berfungsi untuk mengatur, mengarahkan, memberi perintah, atau membuat suatu pergerakan untuk peralatan lain supaya berjalan dengan apa yang kita kehendaki. Sistem kontrol melalui loop kontrol yang merupakan proses yang dirancang untuk mempertahankan variable proses pada titik pengaturan yang diinginkan. Atau dapat diartikan juga sebagai sebuah sistem yang mengendalikan sistem lain [22].

Permintaan otomatisasi juga meningkat di kehidupan manusia saat ini. Otomasi memerlukan kontrol atas sistem perangkat yang saling terhubung. Dalam beberapa tahun terakhir, sistem kontrol telah memainkan peran utama dalam perkembangan dan kemajuan teknologi. Hampir di setiap aspek kehidupan kita dipengaruhi oleh beberapa jenis sistem kontrol. Contoh sistem kontrol dalam kehidupan sehari-hari adalah AC, Lemari Es, Tangki toilet kamar mandi, setrika otomatis, dan banyak proses seperti di dalam mobil.

Fungsi utama dari sistem kontrol adalah bahwa harus ada hubungan matematis yang jelas antara input dan output dari sistem. Bila hubungan antara input dan output dapat dinyatakan dengan proporsionalitas linier, maka sistem tersebut disebut dengan sistem kontrol linier. Namun apabila hubungan antara input dan output tidak dapat diwakili oleh proporsionalitas linier tunggal, namun input dan output terkait dengan beberapa hubungan non linier, maka sistem ini disebut sebagai sistem kontrol non linier. Syarat Kontrol Sistem yang baik [22].

a. Akurasi

Akurasi adalah toleransi pengukuran instrumen dan mendefinisikan batas penyimpangan atau kesalahan yang dibuat saat instrument digunakan dalam kondisi operasi normal.

b. Sensitifitas:

Parameter sistem kontrol selalu berubah sesuai dengan perubahan kondisi sekitar, gangguan dari internal, atau dengan parameter lainnya. Perubahan ini dapat disebut sensitivitas. Setiap sistem kontrol harus tidak sensitif terhadap parameter tersebut namun hanya sensitif terhadap sinyal input.

c. Noise:

Sinyal input yang tidak dikenal disebut dengan noise. Sistem kontrol yang baik harus dapat mengurangi efek kebisingan untuk kinerja yang lebih baik.

d. Stabilitas

Ini adalah karakteristik yang penting dari sebuah sistem kontrol. Ketika sinyal input dibatasi, outputnya harus dibatasi dan jika inputnya nol, maka outputnya juga harus nol, maka demikian sistem dikatakan sebagai sistem yang stabil.

e. Bandwith

Rentang frekuensi operasi menentukan bandwith sistem kontrol. Bandwith harus sebesar mungkin untuk respon frekuensi sebuah sistem kontrol yang baik.

f. Kecepatan:

Waktu yang diperlukan oleh sebuah sistem kontrol untuk mencapai output yang stabil. Sistem Kontrol yang baik, memiliki kecepatan yang tinggi. Periode Transien untuk sistem yang baik sangatlah kecil

g. Osilasi

Sejumlah kecil osilasi atau osilasi konstan dari output menunjukkan sistem stabil.

f. Jenis Sistem Kontrol.

Ada berbagai macam jenis sistem kontrol namun semuanya dibuat untuk mengontrol output. Sistem yang digunakan untuk mengontrol posisi, kecepatan, percepatan, tekanan, tegangan, temperature dan arus adalah contoh dari sistem control Kita ambil contoh pengontrol suhu ruangan sederhana, kita bayangkan misalkan adapemanas suhu sederhana yang beroperasi selama listrik dicolokkan. Suhu pemanas naik sampai

dengan mencapai suhu ruangan, kemudian saklar pemanas tadi putus. Kemudian suhu ruangan turun, dan saklar pemanas hidup kembali sehingga memanaskan sampai suhu ruangan, kemudian putus kembali. Demikian ini disebut dengan kontrol manual [23].

Oleh Karena itu, ada 2 jenis utama sistem kontrol yaitu:

1. Open Loop sistem Kontrol
2. Closed Loop sistem Kontrol

1) Open Loop Sistem Kontrol

Suatu sistem kontrol yang aksi kontrolnya sama sekali tidak bergantung pada keluaran sistem, Sistem kontrol manual juga merupakan open loop kontrol sistem. Gambar di bawah akan menunjukkan diagram blok open loop kontrol sistem di mana hasil output benar benar independen dari aksi pengontrol [23].



Gambar 2.13 Gambar Open Loop Sistem Kontrol [24]

Contoh Open Loop Sistem Kontrol:

1. Pemanggang Roti : Mesin ini berjalan sesuai dengan waktu yang diatur terlepas dari pemanggangan selesai atau tidak

2. Sakelar Lampu : Lampu menyala saat saklar on tidak peduli cahaya lampu dibutuhkan atau tidak

Keuntungan Open Loop sistem kontrol:

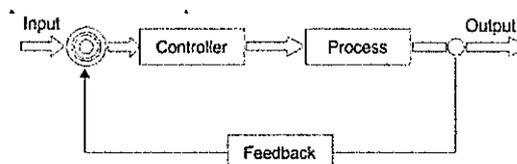
1. Sederhana dalam konstruksi dan desain
2. Ekonomis
3. Mudah dirawat
4. Umumnya stabil

Kekurangan :

1. Tidak Akurat
2. Tidak bisa diandalkan (lepas kendali)
3. Setiap perubahan Output tidak bisa dikontrol otomatis

2) Closed Loop Sistem Kontrol.

Sistem Kontrol yang output dari sistem mempengaruhi input sistem tersebut, Open Loop Sistem Kontrol dapat diubah menjadi Closed Loop dengan cara memberikan feedback, Feedback ini secara otomatis memberikan perubahan yang sesuai pada output karena gangguan eksternal. Dengan demikian sistem Closed Loop dapat disebut juga dengan sistem otomatis. Diagram blok di bawah akan menunjukkan bahwa output dimasukkan kembali ke input [23].



Gambar 2.14 Gambar Closed Loop Sistem Kontrol [24]

Contoh dari Closed Loop Sistem Kontrol

1. Setrika Listrik : Elemen panas dikontrol oleh temperature output dari setrika
2. AC : Berfungsi dengan bergantung pada suhu ruangan

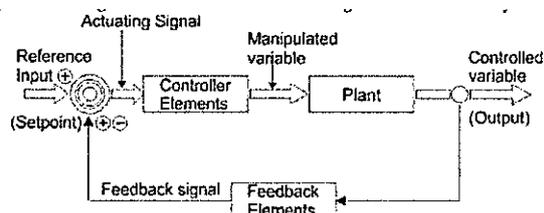
Keuntungan :

1. Akurat
2. Rentang Bandwith besar
3. Sensitivitas dapat dibuat kecil, untuk membuat sistem stabil
4. Tidak terpengaruh noise

Kerugian :

1. Mahal
2. Lebih rumit dirancang
3. Perlu banyak perawatan
4. Stabilitas adalah masalah utama

Feedback adalah alat yang digunakan untuk membuat closed loop Sistem Kontrol, Feedback memberikan sinyal input dari output yang dihasilkan oleh suatu alat. Diagram Blok ditunjukkan oleh gambar di bawah ini:



Gambar 2.15 Gambar Feedback [24]

Apabila feedback positif maka sistem itu disebut dengan positif, feedback merupakan penambahan sinyal. Apabila feedback negatif maka sistem itu disebut dengan negatif, feedback akan memberikan sinyal error