

## BAB II

### PENDEKATAN PEMECAHAN MASALAH

#### A. Sistem Kendali

Sistem adalah kombinasi dari beberapa komponen yang bekerja bersama-sama dan melakukan sasaran tertentu baik pada gejala yang abstrak maupun dinamis untuk menyatakan sistem fisik, biologi, ekonomi, dan sebagainya. (Ilmawan Mustaqim:18)

Menurut Kamus Oxford kendali atau *control* dapat di definisikan sebagai kekuatan untuk mempengaruhi atau mengarahkan perilaku orang atau jalannya peristiwa. Dalam hal ini kendali diartikan sebagai tindakan untuk mengarahkan sebuah mesin yaitu mesin listrik motor 3 fasa. Untuk mengarahkan atau mengendalikan sebuah mesin motor 3 fasa maka diperlukan sebuah sistem kendali.

Maka dapat disimpulkan bahwa sistem kendali atau sistem kontrol (*control system*) adalah suatu alat (kumpulan alat) yang saling terkait untuk mengendalikan, memerintah dan mengatur keadaan dari suatu peristiwa atau sebuah alat lain.

Ada beberapa jenis sistem kendali, yaitu:

##### 1. Sistem Kendali Terbuka

Sistem kendali loop terbuka (*open-loop control system*) adalah sistem kendali yang sinyal keluarannya tidak berpengaruh terhadap aksi pengendaliannya. Dalam hal ini sinyal keluaran tidak diukur atau diumpanbalikan untuk dibandingkan dengan sinyal masukannya. Sebuah contoh praktis adalah mesin cuci ,Sejak perendaman, pencucian dan pembilasan pada mesin cuci ini tidak mengukur sinyal keluaran, misalnya kebersihan pakaian yang dicuci.

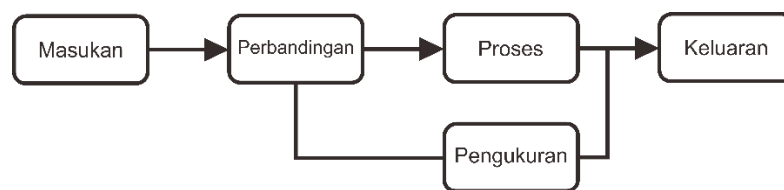


Gambar 1. Sistem Kendali Terbuka

Sumber: Moh. Khairudin, 2015

## 2. Sistem Kendali Tertutup

Sistem kendali loop tertutup (*closed-loop control system*) adalah sistem kendali yang sinyal keluarannya mempunyai pengaruh langsung terhadap aksi pengendaliannya. Dengan kata lain sistem kendali loop tertutup adalah sistem kendali berumpan-balik. Sinyal kesalahan penggerak, yang merupakan selisih antara sinyal masukan dan sinyal umpan-balik (yang dapat berupa sinyal keluaran atau suatu fungsi sinyal keluaran dan turunannya), diumpungkan ke elemen kendali untuk memperkecil kesalahan dan membuat agar keluaran sistem mendekati harga yang diinginkan. Hal ini berarti bahwa pemakaian aksi umpan-balik pada loop tertutup bertujuan untuk memperkecil kesalahan sistem.



Gambar 2. Sistem Kendali Tertutup

Sumber: Moh. Khairudin, 2015

## 3. Sistem Kendali *Automatic*

Detektor kesalahan akan membandingkan sinyal yang diperoleh melalui elemen umpan-balik sebagai fungsi dari respons keluaran dengan sinyal referensi masukannya.

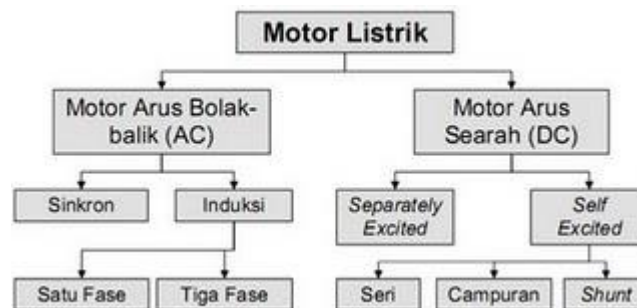
Perbedaan antara sinyal referensi masukan dan sinyal keluaran ini disebut sinyal kesalahan atau sinyal penggerak, yang akan mengaktifkan elemen kendali. Selanjutnya elemen kendali ini akan memperkuat sinyal kesalahan guna mengurangi kesalahan yang terjadi untuk kembali ke kondisi sistem seperti semula (kondisi normal).

#### 4. Sistem Kendali *Servomekanik*

Pengendalian sistem *servomekanik* (*modular servo system*), pada dasarnya masih merupakan konsep sistem kendali berumpan-balik, dimana variabel yang dikendalikan mekanisme posisi atau derivatif waktu dari posisi seperti kecepatan dan percepatan. Pengendalian sistem servo berupa posisi poros motor dan beban umumnya direduksi melalui gerigi mekanik.

## B. Motor Induksi 3 Fasa

### 1. Pengertian Motor Induksi 3 Fasa



Gambar 3. Jenis-Jenis Motor Listrik.

Sumber: United Nations Environment Programme, 2006

Motor induksi adalah mesin listrik yang berfungsi untuk mengubah energi listrik menjadi energi mekanik yang berupa tenaga putar (Rizani Firdaus, 2016:5). Motor induksi menurut klasifikasinya dibagi menjadi dua yaitu motor induksi 1 fasa

dan motor induksi 3 fasa. Jadi motor induksi 3 fasa adalah mesin listrik yang sumber energi tengangnya dari listrik 3 fasa yang dirubah menjadi tenaga putar.

Motor induksi 3 fasa memiliki beberapa kelebihan yaitu konstruksinya yang kuat dan kokoh serta dari karakteristik kerjanya yang baik. Sehingga motor induksi 3 fasa yang cocok dan paling banyak digunakan dalam bidang industri. Dalam dunia industri motor induksi 3 fasa digunakan sebagai pompa, *konveyor*, mesin penggiling, mesin pengaduk, grinder, dan lain-lain.

## 2. Kontruksi Motor Induksi 3 Fasa

Motor induksi 3 fasa memiliki komponen dasar yaitu stator dan rotor. Stator adalah bagian dari motor listrik yang diam atau tidak berputar dan terletak pada bagian luar yang biasanya terbuat dari besi bundar berlaminasi sebagai tempat meletakkan kumparan. Rotor adalah bagian dari mesin yang berputar bebas dan letaknya bagian dalam (Indra Gunawan, 2013:2)

Rotor dibagi menjadi 2, yaitu:

### a. Rotor Sangkar



Gambar 4. Rotor Sangkar

Sumber: I Nyoman Bagia & I Made Parsa, 2018

Motor rotor sangkar konstruksinya sangat sederhana, yang mana rotor dari motor sangkar adalah konstruksi dari inti berlapis dengan konduktor dipasangkan paralel, atau kira – kira paralel dengan poros yang mengelilingi permukaan inti.

b. Rotor Lilit



Gambar 5. Rotor Lilit

Sumber: I Nyoman Bagia & I Made Parsa, 2018

Motor induksi rotor lilit (*wound rotor*) adalah motor induksi yang memiliki rotor berupa lilitan kumparan yang menyerupai lilitan dari statornya. Jumlah kutub antara kumparan stator dan kumparan rotor pada motor induksi wound rotor adalah sama. Pada motor jenis ini juga dilengkapi dengan tahanan luar yang dapat kita atur besar kecil nilai tahanannya.

### 3. Pengasutan Motor 3 Fasa

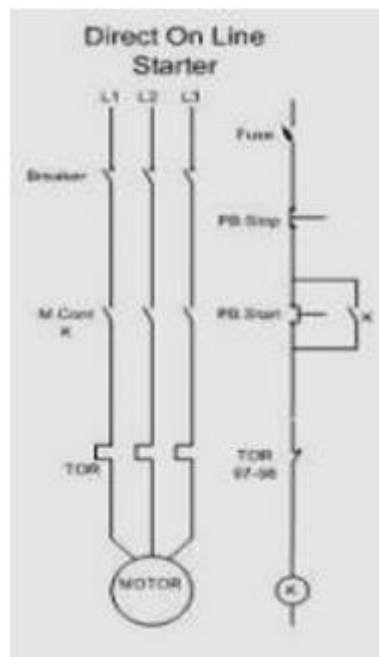
Ada 2 permasalahan yang dijumpai dalam starting motor induksi 3 fasa, yaitu arus *start* (awal) yang besar dan torsi awal yang sering terlalu kecil. Motor induksi

3 fasa apabila dihidupkan secara langsung, arus pengasutannya dapat melonjak hingga 7 kali dari arus nominal motor. Untuk menghindari hal tersebut biasanya suatu motor induksi seringkali di-*start* dengan level tegangan yang lebih rendah dari tegangan nominalnya.

Terdapat beberapa cara pengasutan motor 3 fasa, yaitu:

a. Pengasutan Secara Langsung (*Direct On Line*)

Cara ini adalah cara yang paling mudah, yaitu hanya memerlukan saklar 3 fasa. Penggunaan metoda ini sering dilakukan untuk motor-motor AC yang mempunyai kapasitas daya yang kecil. Keunggulan dari metode ini adalah peralatan start yang sederhana sehingga biaya paling murah diantara metode lainnya, torsi mula yang besar, dan dapat start dengan cepat.



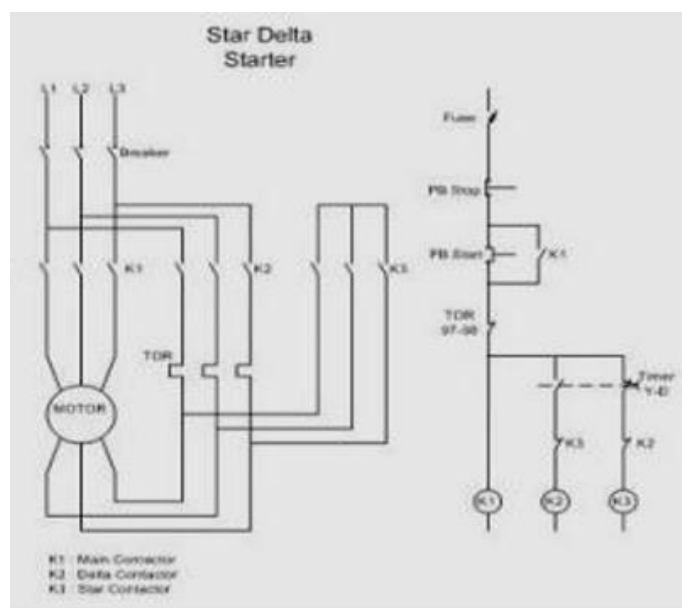
Gambar 6. Rangkaian Pengasutan Langsung

Sumber: I Nyoman Bagiya & I Made Parsa, 2018

b. Pengasutan *Star-Delta* (Y- $\Delta$ )

Pengasutan dengan metode star-delta ini memanfaatkan penurunan tegangan yang dicatu ke motor saat stator motor terhubung dalam rangkaian star. Karena pada waktu *start* menggunakan metode Star atau Bintang, arus motor hanya mengambil sepertiga dari arus motor jika motor distart dengan metode DOL. Hubungan bintang delta atau star-delta atau wye-delta ini memang cukup digemari sebagai pilihan aplikasi yang membutuhkan konsumsi arus yang kecil beberapa saat awal motor dihidupkan.

Prinsip kerja dari metode ini adalah merubah pengasutan awal hubungan Star ke hubungan Delta menggunakan kontaktor. Peralihan dari rangkaian bintang ke rangkaian delta terjadi pada kecepatan tertentu, yakni jika kecepatan motor sudah mencapai kira kira 80% dari kecepatan nominal. Caranya dengan mematikan kontaktor awalnya yang sudah dirangkai sedemikian rupa dan pada saat yang sama kontaktor lainnya dibuat aktif bisa secara manual ataupun otomatis menggunakan *timer*. Untuk lebih jelasnya bisa melihat gambar rangkaian dibawah ini.



Gambar 7. Rangkaian Pengasutan *Star-Delta*

Sumber: I Nyoman Bagiya & I Made Parsa, 2018

c. Pengasutan *Autotrafo*

Starting dengan cara ini adalah dengan menghubungkan motor pada tap tegangan sekunder autotransformer terendah. Setelah beberapa saat motor dipercepat tap autotransformer diputuskan dari rangkaian dan motor terhubung langsung pada tegangan penuh. Ada beberapa kelebihan dan kekurangan saat menggunakan metode pengasutan ini, antara lain:

i. Kelebihan

- a) Faktor daya rendah
- b) Cocok untuk periode pengasutan yang lama
- c) Menyediakan torsi tertinggi per ampere arus *line*

ii. Kekurangan

- a) Biaya cukup tinggi
- b) Memerlukan tempat lebih
- c) Memiliki jumlah tap terbatas

4. Membalik Putaran Motor 3 Fasa

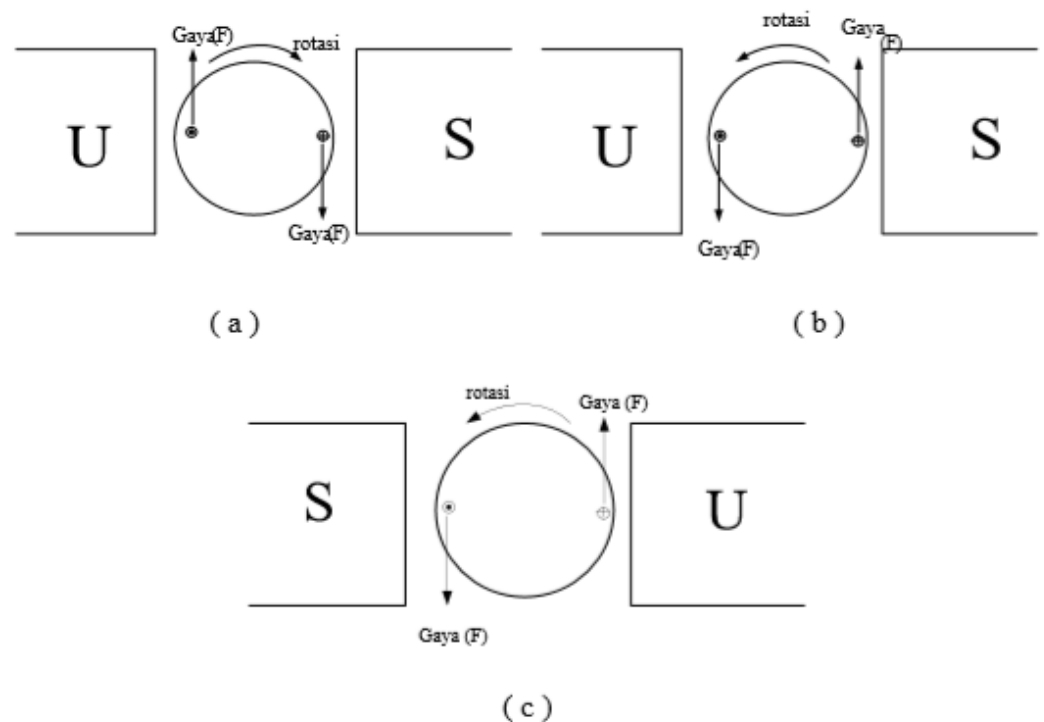
Motor induksi 3 fasa ada yang memiliki 3 kabel keluaran dan ada yang 6 kabel keluaran. Motor 3 fasa dengan 3 kabel keluaran berarti sambungan didalam motor tersebut sudah disambung secara bintang (Y) atau segitiga (A). Sedangkan untuk motor induksi 3 fasa dengan 6 kabel keluaran berarti motor tersebut belum ditentukan sambungan didalamnya bintang atau segitiga.

Putaran motor dapat terbalik jika arah putaran medan magnet stator juga terbalik namun untuk membalik arah putaran motor 3 fasa dilihat dari jumlah kabel keluaran



3 atau 6 itu berbeda cara tetapi hampir sama. Untuk jumlah 3 kabel keluaran caranya sangat sederhana yaitu hanya dengan merubah urutan fasa kabel, misal yang semula R-S-T diubah menjadi R-T-S atau S-R-T. Berbeda dengan motor induksi 3 fasa yang memiliki 6 kabel keluaran, caranya adalah dengan mengubah urutan fasanya, baik ujung maupun pangkal gulungan, misal yang semula R-S-T dan R-S-T diubah menjadi R-T-S dan R-T-S atau S-R-T dan S-R-T.

Dalam mengubah atau membalik urutan fasa tegangan RST itu biasanya digunakan rangkaian pengendali mekanik dan magnetik yaitu rangkaian kontaktor. Jadi kontaktor 1 untuk putar kanan atau searah jarum jam dan kontaktor 2 untuk putar kiri atau berlawanan arah jarum jam biasanya juga disebut dengan istilah *forward* dan *reverse*.



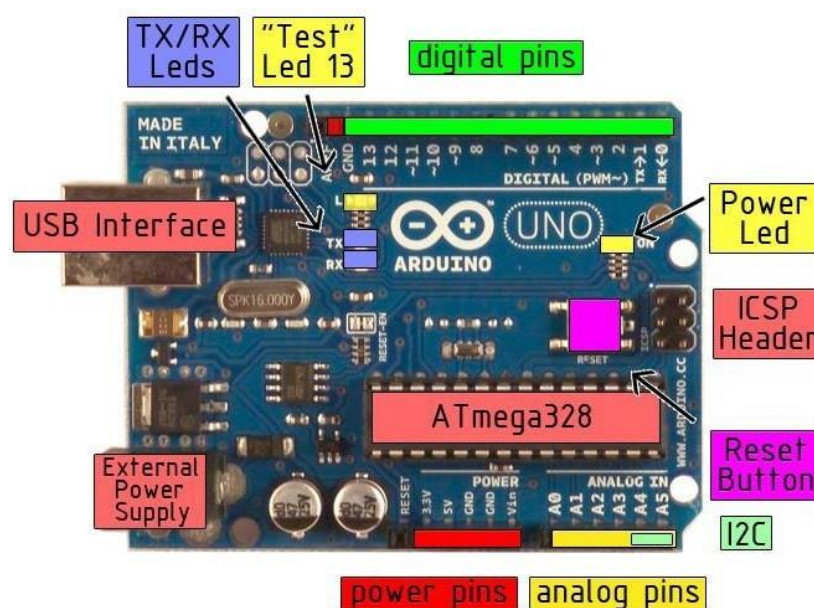
Gambar 8. Membalik Putaran Motor Listrik

Sumber: Anthonius Demanik, 2007

### C. Arduino Uno

Arduino Uno merupakan *board* mikrokontroler berbasis Atmega328 yang siap pakai, artinya pada *board* arduino terdapat unit mikrokontroler yang siap digunakan untuk pemrograman. Menurut Hari Santoso, 2015 : 1 yang menyatakan bahwa mikrokontroller sering dikenal dengan sebut  $\mu\text{C}$ ,  $\text{uC}$ , atau  $\text{MCU}$ . Terjemahan bebas dari pengertian tersebut, bisa dikatakan bahwa mikrokontroler adalah komputer yang berukuran mikro dalam satu chip IC (Integrated Circuit) yang terdiri dari processor, memory, dan antarmuka yang bisa diprogram. 11 Jadi disebut komputer mikro karena dalam IC atau chip mikrokontroler 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 diprogram sebagai input atau output sesuai kebutuhan.

Kelebihan dari Arduino itu sendiri adalah pengguna tidak direpotkan dengan rangkaian minimum sistem dan programmer karena sudah built in dalam satu board ( Hari S, 2015:2). Dengan kata lain maka dengan adanya arduino ini maka dapat lebih meringkas sebuah rangkaian kendali.



Gambar 9. Arduino Uno

Sumber: Data Sheet Arduino

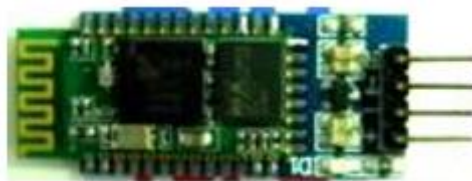
Tabel 1. Data Pin Arduino Uno

Kode/PIN	Fungsi
VIN	Berfungsi untuk mensuplay tegangan dari eksternal misal adapter.  (jangan mensuplay tegangan dari luar bila board anda sudah mendapatkan suplay dari USB)
VCC	Jalur suplay tegangan biasanya +5V
GND	Ground
PWM	Pin yang di tandai dengan "~" mendukung Signal PWM, PWM sendiri berfungsi untuk mengatur kecepatan motor, atau kecerahan lampu dan lain lain.
SPI	Fungsi dari SPI adalah untuk sinkronisasi yang digunakan oleh mikrokontroller untuk berkomunikasi dengan satu atau lebih perangkat dengan cepat dalam jarak pendek
MOSI	Digunakan pada SPI, dimana data di transfer dari Master Ke Slave
MISO	MISO digunakan pada SPI,dimana data ditransfer dari Slave ke Master
SCK	Berfungsi untuk menseting Clock dari master ke slave
SDA	Jalur data (dua arah) yang digunakan oleh I2C
SCL	Jalur data yang digunakan oleh I2C untuk mengidentifikasi bahwa data sudah siap di transfer
USB	Digunakan untuk mentrasfer data dari komputer ke board anda
Analog Pin	A0-A5 merupakan Pin Analog, membaca nilai analog dari 0-1023
AREF	Input/Output referensi yang berguna untuk melindungi board agar tidak terjadi <i>overvoltage</i>

#### D. *Bluetooth* HC-06

HC-06 adalah modul *Bluetooth* slave kelas 2 yang dirancang untuk komunikasi serial nirkabel. Saat dihubungkan ke perangkat *Bluetooth* master seperti komputer, ponsel pintar dan tablet, penggunaannya menjadi tidak terlihat bagi pengguna. Semua data yang diterima melalui input serial segera ditransmisikan melalui udara. Ketika modul menerima data nirkabel, modul itu dikirim melalui antarmuka serial saat diterima. Tidak ada sama sekali kode khusus untuk modul *Bluetooth* ini yang diperlukan dalam program mikrokontroler pengguna.

HC-06 akan bekerja dengan tegangan suplai 3,6VDC hingga 6VDC, namun, level logika pin RXD adalah 3,3V dan tidak toleran 5V. Konverter Tingkat Logika disarankan untuk melindungi sensor jika menghubungkannya ke perangkat 5V (mis. Arduino Uno dan Mega).



Gambar 10. Modul *Bluetooth* HC-06

Sumber: Darwin Sudarma, 2014

#### E. Relay Omron MK3P-I

Relay adalah Saklar (*Switch*) yang dioperasikan secara listrik dan merupakan komponen *Electromechanical* (Elektromekanikal) yang terdiri dari 2 bagian utama yakni Elektromagnet (Coil) dan Mekanikal (seperangkat Kontak Saklar/*Switch*). Relay menggunakan prinsip elektromagnetik untuk menggerakkan kontak saklar sehingga

dengan arus listrik yang kecil (*low power*) dapat menghantarkan listrik yang bertegangan lebih tinggi. Sebagai contoh, dengan Relay yang menggunakan Elektromagnet 5V dan 50 mA mampu menggerakkan Armature Relay (yang berfungsi sebagai saklarnya) untuk menghantarkan listrik 220V 2A.



Gambar 11. Omron MK3P-I

Sumber: Data Sheet Relay OMRON MK

Tabel 2. Spesifikasi Data Omron MK3P-I

Load	Resistive load (p.f. = 1)		Inductive load (p.f. = 0.4)
	2 Pole	3 Pole	
<b>Rated load</b>	A at 250 VAC A at 28 VDC	A at 120 VAC A at 28 VDC A at 250 VAC	A at 250 VAC
<b>Contact material</b>			
<b>Carry current</b>	A		
<b>Max. operating voltage</b>	100 VAC, 250 VDC		
<b>Max. operating current</b>	A		
<b>Max. switching</b>	100 VA	100 VA/1,250 VA	50 VA

<b>capacity</b>	0 W	(NO/NC contacts)	
		0 W	
<b>in. permissible load</b>	mA at 1 VDC		

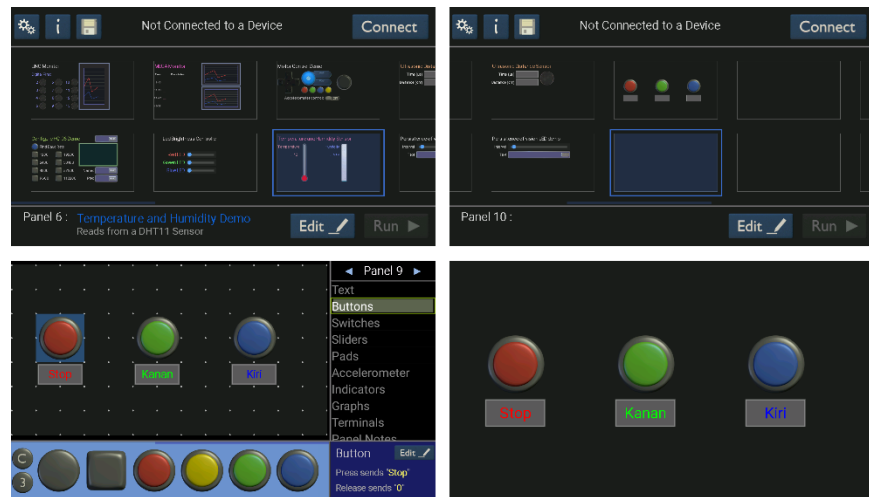
## F. *Bluetooth Electronics*



Gambar 12. Aplikasi *Bluetooth Electronics*

Sumber: Keuwl

Aplikasi Android ini dapat berkomunikasi dengan Bluetooth ke modul Bluetooth HC-06 atau HC-05 di suatu proyek elektronik. Sejak versi 1.2, aplikasi ini juga dapat berkomunikasi dengan modul bluetooth ramah energi seperti HC-08 dan melalui koneksi USB-serial. Aplikasi dari pengembang bernama “KeuwlSoft” dari London, Inggris ini memiliki kelebihan yang *user interface* nya dapat di-*custom* sendiri oleh pengguna.



Gambar 13. Tampilan Aplikasi *Bluetooth Electronics*

### G. Power Supply



Gambar 14. *Power Supply*

Sumber: Danang Widiyanto, 2013

*Power Supply* atau dalam bahasa Indonesia disebut dengan Catu Daya adalah suatu alat listrik yang dapat menyediakan energi listrik untuk perangkat listrik ataupun elektronika lainnya. Pada dasarnya *Power Supply* atau Catu daya ini memerlukan sumber energi listrik yang kemudian mengubahnya menjadi energi listrik yang dibutuhkan oleh

perangkat elektronika lainnya. Oleh karena itu, *Power Supply* kadang-kadang disebut juga dengan istilah *Electric Power Converter*.

*Power supply* di pasaran sudah sangat banyak dijual dengan berbagai pilihan Volt maupun Ampere yang beragam. Dalam laporan ini penulis menggunakan power supply dengan merk Souer model SP-0902 yang berarti memiliki tegangan keluaran 9 volt dc dengan arus 2 ampere. Power supply ini dipilih karena harganya yang terjangkau dan memiliki keluaran yang pas untuk Arduino Uno.