

**PEMBATAS ARUS OTOMATIS BERBASIS
MIKROKONTROLER**
(Studi pada Laboratorium PLC Program Studi Pendidikan Teknik
Elektro FT-UNJ)



**M.Aris Munandar
5115111681**

**Skripsi ini Ditulis untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan Memperoleh
Gelar Sarjana Pendidikan**

**PROGRAM STUDI PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRO
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA
2016**

ABSTRAK

M.Aris Munandar.Pembatas Arus Otomatis Berbasis Mikrokontroler. (Studi Pada Laboratorium Bengkel Motor Listrik Dan Teknik Instalasi Listrik Jurusan Teknik Elektro). Skripsi, Program Studi Pendidikan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Jakarta, 2015. Dosen pembimbing, Drs. Readysal Monantun dan Aris Sunawar S.Pd,M.T.

Tujuan penelitian ini adalah untuk membatasi penggunaan arus 2A pada beban rumah tangga menggunakan sistem mikrokontroler berbasis arduino nano. Penelitian ini dilakukan di Laboratorium PLC Program Studi Pendidikan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Negeri Jakarta. Penelitian ini dilaksanakan selama 3 bulan mulai November 2015 sampai bulan Januari 2015.

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen. Langkah-langkah dalam pembuatan saklar elektronik berbasis mikrokontroler dimulai dari membuat desain panel, membuat rancangan penempatan komponen bagian luar, membuat rancangan penempatan komponen bagian dalam, membuat gambar rangkaian. saklar elektronik berbasis mikrokontroler ini mendukung operasi sistem perpindahan beban secara otomatis serta memonitoring arus yang terpakai pada rumah tangga. Dengan menerapkan sitem mikrokontroler dengan menggunakan Arduino Nano dan Sensor ACS712 dan Kontaktor sebagai saklar otomatisnya.

Hasil penelitian pada saklar elektronik berbasis mikrokontroler ini yaitu membatasi arus pada beban yang sudah ditentukan yaitu maksimal 2A dan menguji saklar beroperasi on-off secara otomatis.

Dari hasil penelitian tersebut, sehingga dapat disimpulkan bahwa dari penelitian ini, secara keseluruhan alat bisa bekerja dengan baik sesuai dengan konsep yang telah dirancang.

Kata Kunci : Perancangan, Saklar, Mikrokontroler.

Abstrac

M.Aris Munandar. Microcontroller-Based Automatic Current Limited. (Studies in Laboratory of Electric Motor Repair and Installation, Electrical Engineering Department) . Thesis , Electrical Engineering Department, Faculty of Engineering , Universitas Negeri Jakarta , 2015. Thesis Adviser, Drs . Readysal Monantun and Aris Sunawar S.Pd , M.T .

This study was aimed to review measure flow used in a load max 2A, and facilitate the use switch with Automated System with Arduino nano. This study was conducted in Electric Motor Repair and Installation, Electrical Engineering Department Faculty of Engineering, Universitas Negeri Jakarta in 3 months start from November 2015 until January 2016.

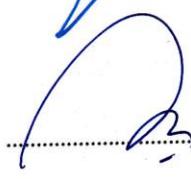
This study used an experimental method . The purpose of this study was to restrict the use of current load 2A in the household using the system microcontroller and generates tool with arduino nano and ACS712 current sensor.. This microcontroller -based electronic switch supports the operation of transfer systems, automatically load and monitor the flow of used household by applying the system microcontroller using Arduino Nano and Sensor ACS712 and contactor as automatic switch.

The study results on this microcontroller based electronic switches is to measure the current at a predetermined load max 2A and test the on- off switch operates automatically.

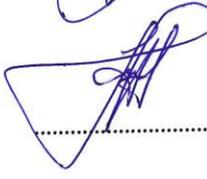
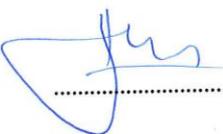
From the results, it can be concluded that the overall apparatus can work well in accordance with the concept that has been designed both in manual and automated systems.

Keywords: Design , Switches , Microcontroller .

HALAMAN PENGESAHAN

NAMA DOSEN	TANDA TANGAN	TANGGAL
Drs. Readysal Monantun (Dosen Pembimbing I)		29-01-2016
Aris Sunawar, S.Pd, M.T. (Dosen Pembimbing II)		01-02-2016

PENGESAHAN PANITIA UJIAN SKRIPSI

NAMA DOSEN	TANDA TANGAN	TANGGAL
Drs. Daryanto, M.T. (Ketua Penguji)		27-01-2016
Massus Subekti, S.Pd, M.T. (Sekretaris)		28-01-2016
Imam AR. S.Pd, M.T. (Dosen Ahli)		27-01-2016

• Tanggal Ujian:

HALAMAN PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa :

1. Karya tulis skripsi saya ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik sarjana, baik di Universitas Negeri Jakarta maupun di perguruan tinggi lain
2. Karya tulis ini adalah murni gagasan, rumusan dan penelitian saya sendiri dengan arahan dosen pembimbing
3. Dalam karya tulis ini tidak terdapat karya atau pendapat yang telah ditulis atau dipublikasikan orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama pengarang dan dicantumkan dalam daftar pustaka.
4. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila dikemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang telah diperoleh karena karya tulis ini, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di Universitas Negeri Jakarta.

Jakarta, Januari 2016
Yang membuat pernyataan

M.Aris Munandar
5115111681

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur marilah kita panjatkan kehadirat Allah SWT, karena atas rahmat dan karunia-Nya, penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Saklar Elektronik berbasis Mikrokontroler”. Skripsi ini dibuat untuk memenuhi sebagai persyaratan mendapat gelar sarjana di Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Negeri Jakarta.

Dalam merencanakan, menyusun dan menyelesaikan penulisan Skripsi ini, penulis banyak menerima bantuan, bimbingan dan juga motivasi serta dukungan dari berbagai pihak, oleh karena itu penyusun bermaksud mengucapkan terima kasih yang sebesar – besarnya kepada :

1. Bapak Drs.Readysal Monantun, selaku Dosen Pembimbing Skripsi I.
2. Bapak Aris Sunawar S.Pd,M.T , selaku Dosen Pembimbing Skripsi II.
3. Bapak Massus Subekti S.Pd,M.T, selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro Universitas Negeri Jakarta .
4. Kedua Orang Tua dan Kakak serta Adik yang selalu memotivasi dan memberi dukungan baik moral dan materil.
5. Kekasih penulis Indri Nuaristiani yang selalu setia menemani dan memberikan motivasi kepada penulis.
6. Terima kasih kepada keluarga besar Rock n Roll yang selalu memberi support dan bantuan dalam membuat skripsi ini.
7. Terima kasih juga kepada teman-teman seperjuangan saya, mahasiswa Elektro Reguler 2011 yang tidak dapat disebut namanya satu persatu yang sudah banyak membantu dalam menjalankan skripsi ini.

Penulis Menyadari bahwa dalam pembuatan skripsi ini masih terdapat kekurangan karena keterbatasan pengetahuan, waktu, dan dana. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan saran dan kritik penulis sangat mengharapkan saran dan kritik yang membangun untuk penulisan karya ilmiah yang akan datang. Demikian, penulis berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi para pembaca dan semua pihak yang terkait.

Jakarta, Januari 2016

M.Aris Munandar
5115111681

DAFTAR ISI

	Halaman
ABSTRAK	i
ABSTRACT	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
HALAMAN PERNYATAAN	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	xi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar belakang masalah.....	1
1.2 Identifikasi Masalah.....	4
1.3 Pembatasan Masalah.....	4
1.4 Perumusan Masalah.....	5
1.5 Tujuan Penelitian.....	5
1.6 Manfaat Penelitian.....	5
BAB II KAJIAN TEORITIK DAN KERANGKA BERFIKIR	7
2.1 Kerangka Teori.....	7
2.1.1 Sistem Pengendalian Otomatis.....	7
2.1.1.2. Definisi Sistem Pengendalian Otomatis.....	7
2.1.1.3. Fungsi atau peran pengendalian Otomati....	8
2.1.2 Jenis-jenis sistem pengendalian otomatis.....	9
2.1.2.1.Sistem pengendalian Loop Terbuka.....	9

2.1.2.2.	Sistem Pengendalian loop tertutup.	10
2.1.3.	Kontaktor Magnet.....	12
2.1.4.	Mini Circuit Breaker (MCB).....	18
2.1.5.	Transistro Daya.....	21
2.1.6.	Mikrokontroler.....	24
2.1.7.	Arduino.....	27
2.1.7.1.	Arduino Nano 3.0.....	30
2.1.8.	Software IDE.....	41
2.1.9.	Relay.....	46
2.1.10.	Sensor Arus ACS712.....	48
2.1.11.	Kerangka berpikir.....	51
BAB III	METODOLOGI PENELITIAN.....	52
3.1	Tempat dan Waktu Penelitian.....	52
3.2	Metode Penelitian.....	52
3.3	Rancangan Penelitian.....	52
3.3.1	Rancangan Desain Alat.....	53
3.3.2	Perancangan Alat.....	54
3.3.3	Perakitan Alat.....	57
3.4	Deskripsi Cara Alat Kerja.....	61
3.5	Alamat Input/output Arduino nano.....	62
3.5.1.	Alamat Input Arduino Nano.....	62
3.5.2.	Alamat output Arduino Nano.....	53
3.6	Instrumen Pengujian.....	53
3.7	Kriteria Pengujian Alat.....	64

3.8	Teknik Analisa Data.....	67
BAB IV	HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....	68
4.1	Hasil Penelitian.....	68
	4.1.1. Pembuatan Saklar Otomatis berbasis Mikrokontroler.....	68
	4.1.2. Pengujian Alat.....	71
4.2	Pembahasan.....	76
BAB V	KESIMPULAN DAN SARAN.....	78
5.1.	Kesimpulan.....	78
5.2.	Saran.....	78
	DAFTAR PUSTAKA.....	80
	LAMPIRAN-LAMPIRAN.	

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1. Sistem pengendalian loop terbuka.....	9
Gambar 2.2. Sistem pengendalian loop tertutup	11
Gambar 2.3. Kontaktor Magnet	14
Gambar 2.4. Contoh Kontaktor Magnet	14
Gambar 2.5. Rangkaian Pengawatan Kontaktor Magnet	17
Gambar 2.6. Tansitor sebagai saklar	23
Gambar 2.7. Tegangan operasi transistor sebagai saklar	23
Gambar 2.8. Tanssitor sebagai penggerak saklar.....	24
Gambar 2.9. Berbagai macam arduino	29
Gambar 2.10. Arduino Nano Depan	26
Gambar 2.11. Arduino Nano Belakang.....	27
Gambar 2.12. Pemetaan pin ATmega328 SMD.....	33
Gambar 2.13. pin layout arduino nano	36
Gambar 2.14. Splash Screen Arduino IDE	42
Gambar 2.15. Tampilan arduino IDE versi 1.6.5	43
Gambar 2.16. Toolbar arduino IDE	43
Gambar 2.17. Tempat penulisan program arduino IDE	44
Gambar 2.18. Jendela pesan.....	45
Gambar 2.19. Drver relay	47

Gambar 2.20. Sensor arus ACS712.....	48
Gambar 3.1. Rancangan gambar	53
Gambar 3.2. Blok diagram	54
Gambar 3.3. Flowchart	55
Gambar 3.4. Rangkaian alat	56
Gambar 3.5. Rancangan program arduino	57
Gambar 3.6. Rangkaian sensor arus ACS712.....	58
Gambar 3.7. Rangkaian Driver relar	59
Gambar 3.8. Rangkaian LCD 16x2	59
Gambar 3.9. Rangkaian Buzzer	60
Gambar 3.10. Schematic project.....	61
Gambar 3.11. Rangkaian Schematic Mikrokontroler	62
Gambar 4.1. Alat pembatas arus.....	68
Gambar 4.2. Blok Power	69
Gambar 4.3. Blok Kontrol	70

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1. Notasi dan Penomoran kontak-kontak	16
Tabel 2.2. Spesifikasi Arduino.....	32
Tabel 2.3. Pemetaan Pin Arduino	33
Tabel 3.1. Alamat Input Arduino Nano	62
Tabel 3.2. Alamat Output Arduino Nano.....	63
Tabel 3.3. Pengujian Alat.....	64
Tabel 3.4. Pengujian Alat.....	65
Tabel 3.5. Pengujian Alat.....	65
Tabel 3.6. Pengujian Alat.....	65
Tabel 3.7. Pengujian Alat.....	66
Tabel 4.1. Hasil pengujian alat.....	71
Tabel 4.2. Hasil pengujian alat.....	71
Tabel 4.3. Hasil pengujian alat.....	72
Tabel 4.4. Hasil pengujian alat.....	73
Tabel 4.5. Hasil pengujian alat.....	74

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Masalah

Perkembangan teknologi telah banyak membantu dalam meningkatkan kualitas dan kesejahteraan hidup manusia. Seiring dengan perkembangan tersebut, menghadirkan beberapa teknologi yang mampu diterapkan dalam kehidupan masyarakat luas untuk membantu dalam setiap aktifitas manusia. Salah satu sistemnya yaitu alat yang mampu memonitoring dan mengontrol penggunaan energi listrik. Alat monitoring penggunaan energi listrik adalah suatu teknologi yang mampu memonitoring penggunaan energi listrik serta kinerjanya menjadi hal yang dibutuhkan dalam meningkatkan kenyamanan bagi penggunanya.

Sekarang ini, listrik merupakan kebutuhan utama bagi manusia dalam menjalankan aktivitas sehari-hari. Listrik sangat dibutuhkan di lingkungan rumah tangga maupun di lingkungan industri. Tanpa adanya listrik, peralatan listrik rumah tangga yang ada di rumah, mesin-mesin listrik yang ada di pabrik-pabrik tidak dapat berjalan dan bekerja secara maksimal, begitu juga dengan peralatan listrik yang ada di kantor-kantor. Kebutuhan tenaga listrik masyarakat dan industri terus meningkat seiring pertumbuhan ekonomi nasional.

Gangguan instalasi listrik dapat terjadi sewaktu-waktu yang disebabkan oleh kelalaian pengguna, kebocoran arus, hubung singkat,

serta kelebihan beban. Penggunaan energi listrik dapat dilakukan dengan melalui jalur *stop* kontak dan melalui saklar. Sedangkan untuk membatasi penggunaan jumlah daya yang digunakan dalam suatu instalasi pada umumnya digunakan alat *Miniature Circuit Breaker* (MCB). MCB akan memutuskan arus listrik secara seketika daya yang digunakan dalam suatu instalasi jika melewati batas daya yang tertera pada MCB. Terjadinya pemutusan seketika tersebut akan menyebabkan penurunan kualitas peralatan-peralatan listrik, serta dapat menimbulkan terjadinya peningkatan jumlah penggunaan daya ketika proses On-Off. Oleh karena itu diperlukan suatu sistem yang mampu memantau penggunaan arus agar dapat mencegah terjadinya pemutusan aliran listrik secara seketika. Selain dapat membatasi arus, sistem juga harus mampu memonitoring seberapa besar penggunaan arus yang terpakai. Beberapa masalah yang ada pada saat ini sebagai berikut :

1. Penggunaan arus listrik tidak bisa dimonitoring
2. Saat MCB Overload(trip) harus secara manual On-Off.

Karena pada MCB kita tidak pernah tahu seberapa besar arus yang terpakai. Hal ini menjadi MCB bekerja tanpa bisa dimonitoring oleh pengguna walaupun MCB mempunyai batas pengukuran tertentu. Saat MCB overload(trip) membutuhkan tenaga manusia untuk secara manual On-Off.

Dengan keadaan seperti itu penulis membuat alat pembatas arus dan monitoring berbasis mikrokontroler. Dimana alat yang dibuat seperti

halnya fungsi sebuah MCB, tetapi pada alat ini kita dapat mengetahui seberapa besar arus yang terpakai dan ketika overload (trip) alat ini akan bekerja On-Off secara otomatis.

Untuk membuat alat ini menggunakan sistem mikrokontroler dimana sistem ini berbasis Arduino Nano. Arduino nano adalah salah satu papan pengembangan mikrokontroler yang berukuran kecil. Arduino nano diciptakan dengan basis mikrokontroler ATmega 328 (untuk Arduino nano versi 3.x) atau ATmega 168 (untuk Arduino nano versi 2.x). arduino nano kurang lebih memiliki fungsi yang sama dengan Arduino Duemilanove, tetapi dalam paket yang berbeda.

Berdasarkan penjelasan diatas maka akan di dirancanglah *Pembatas Arus Otomatis berbasis Mikrokontroler*.

1.2. Identifikasi Masalah

Dari latar belakang masalah yang telah diuraikan, maka permasalahan yang dapat diidentifikasi yaitu :

1. Bagaimana merancang dan membuat pembatas arus otomatis berbasis mikrokontroler menggunakan Arduino ?
2. Bagaimana merancang dan membuat pembatas arus otomatis berbasis mikrokontroler dengan menggunakan sensor arus?
3. Bagaimana merancang dan membuat sistem monitoring arus pada pemakaian beban pada rumah tangga?

1.3. Pembatasan Masalah

Dari identifikasi masalah, maka dibatasi beberapa masalah, yaitu:

1. Membuat alat monitoring arus dan pembatas arus pada beban rumah tangga menggunakan sistem mikrokontroler berbasis Arduino Nano.
2. Daya yang dibatasi harus dibawah jumlah kapasitas MCB (*Mini Circuit Breaker*).
3. Arus yang dibatasi adalah 2A dan Tegangan 220 Volt.
4. Sensor arus yang digunakan pada rancangan alat ini yaitu sensor arus ACS 712.

1.4. Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang, identifikasi masalah dan pembatasan masalah yang telah diuraikan di atas, maka dapat dirumuskan masalah dari penelitian ini adalah bagaimana merancang dan membuat pembatas arus otomatis berbasis mikrokontroler menggunakan arduino nano dan sensor arus ACS712.

1.5. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menghasilkan alat pembatas arus 2A pada beban rumah tangga menggunakan sistem mikrokontroler berbasis arduino nano.

1.6. Kegunaan Penelitian

Kegunaan yang diharapkan dari pembuatan alat ini dibagi menjadi kegunaan akademis dan kegunaan praktis.

1. Kegunaan akademis:
 - a. Menjadi sumber referensi dalam pembelajaran pembuatan sistem pengendalian beban listrik rumah tangga berbasis over current relay.
 - b. Menjadi sumber referensi untuk penelitian dan pengembangan selanjutnya.
 - c. Serta menerapkan ilmu pengetahuan teori dan praktik yang diperoleh dalam perkuliahan.
 - d. Serta hasil penelitian yang diperoleh dapat digunakan sebagai bahan pertimbangan untuk penelitian selanjutnya.

2. Kegunaan praktis:

- a. Bagi rumah tangga, dapat memudahkan pengontrolan beban listrik di rumah, selain itu barang-barang di rumah tidak mudah rusak karena sering terjadi proses *on-off*.

BAB II

KAJIAN TEORITIS DAN KERANGKA BERPIKIR

2.1. Kajian Teoritis

2.1.1. Sistem Pengendalian Otomatis

2.1.1.1. Definisi Sistem Pengendalian Otomatis

Pengendalian otomatis atau sistem pengendalian otomatis berasal dari tiga kata yaitu sistem, pengendalian dan otomatis. Sistem adalah sebuah susunan komponen-komponen fisik yang saling terhubung dan membentuk satu kesatuan untuk melakukan aksi tertentu. Pengendalian adalah suatu aktivitas mengatur, mengendalikan, mengarahkan, memerintah. Sedangkan otomatis adalah dengan bekerja sendiri atau dengan sendirinya.

Dalam hal ini istilah pengendalian atau kendali mengandung tiga aspek atau unsur utama yaitu rencana yang jelas, dapat melakukan pengukuran, dan dapat melakukan tindakan. Dari pengertian tersebut, kita dapat menganggap kontrol atau pengendalian otomatis yang dimaksud adalah “Membuat sesuatu sesuai dengan harapan ataupun rencana kita dan juga berjalan dengan sendirinya tanpa campur tangan manusia secara langsung”. Maka kita dapat menganggap suatu sistem kendali otomatis adalah suatu sistem yang dapat membuat agar keluaran (*output*) sistem sesuai dengan rencana dan keinginan yang diharapkan.

2.1.1.2. Fungsi atau Peran Sistem Pengendalian Otomatis

Kontrol otomatis atau yang dikenal dengan sistem pengendalian otomatis (*automatic control system*) merupakan level ke 2 dalam hirarki sistem otomasi. Dalam sistem otomasi, kegiatan pengontrolan dan monitoring yang biasa dilakukan oleh manusia dapat digantikan perannya dengan menerapkan prinsip otomasi. Kegiatan kontrol yang dilakukan secara berulang-ulang, dan kurangnya kepresisian manusia dalam membaca data, serta resiko yang mungkin timbul dari sistem yang dikontrol semakin menguatkan kedudukan alat / mesin untuk melakukan pengontrolan secara otomatis.

Pengendalian otomatis (*automatic control*) dan piranti-piranti pengontrol otomatis dalam perkembangannya merupakan suatu disiplin ilmu sendiri yang disebut *control engineering, control system engineering*. Dengan berkembangnya teknologi komputer dan jaringan dimana konsep sistem otomasi dapat diwujudkan, ditambah dengan suatu kecerdasan melalui program yang ditanamkan dalam sistem tersebut, maka akan semakin meringankan tugas-tugas manusia. Derajat otomasi yang semakin tinggi akan mengurangi peranan dan meringankan tugas-tugas manusia dalam pengontrolan suatu proses.

Beberapa contoh sistem proses-proses pada industri modern seperti:

- a. Sebagai pengontrol tekanan.
- b. Sebagai pengontrol temperatur.

- c. Sebagai pengontrol kelembaban.
- d. Sistem aliran dalam proses industri.

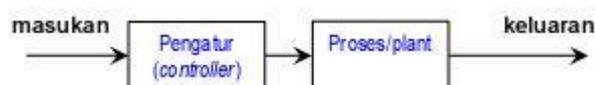
2.1.2. Jenis-Jenis Sistem Pengendalian Otomatis

Sistem pengendalian otomatis digolongkan menjadi 2 yaitu:

1. Sistem pengendalian loop terbuka (*open loop system*)
2. Sistem pengendalian loop tertutup (*closed loop system*)

2.1.2.1. Sistem Pengendalian Loop Terbuka

Sistem pengendalian loop terbuka adalah suatu sistem yang tindakan pengendaliannya bebas dari keluarannya. Keluaran sistem kendali ini tidak akan berpengaruh terhadap aksi kendali. Sehingga keluaran sistem tidak dapat diukur dan tidak dapat digunakan sebagai perbandingan umpan balik dengan masukan. Jadi pada setiap masukan akan didapatkan suatu kondisi operasi yang tetap. Sedangkan ketelitiannya akan tergantung pada kalibrasi. Dalam prakteknya sistem kendali loop terbuka dapat digunakan jika hubungan *output* dan *input*-nya diketahui serta tidak adanya gangguan internal dan eksternal. Ilustrasinya dapat dilihat pada gambar 2.1.



Gambar 2.1. Sistem pengendalian loop terbuka

Sumber: <http://eviandrianimosy.blogspot.com/2010/05/pengertian-sistem-kendali.htm>

Sistem kendali loop terbuka tidak mampu mengkompensasi gangguan yang masuk ke dalam sistem. Hal ini disebabkan karena tidak ada satupun komponen dalam sistem yang berfungsi melaporkan adanya gangguan ataupun perubahan-perubahan lain yang terjadi.

Kelebihan sistem kendali loop terbuka adalah:

- a. Konstruksinya sederhana dan perawatannya mudah.
- b. Lebih murah.
- c. Tidak ada persoalan kestabilan.
- d. Cocok untuk keluaran yang sukar diukur / tidak ekonomis (contoh: untuk mengukur kualitas keluaran pemanggang roti).

Sedangkan kelemahan dari sistem kendali loop terbuka adalah:

- a. Gangguan dan perubahan kalibrasi
- b. Untuk menjaga kualitas yang diinginkan perlu kalibrasi ulang dari waktu ke waktu.

2.1.2.2. Sistem Pengendalian Loop Tertutup

Sistem pengendalian loop tertutup adalah suatu sistem yang tindakan pengendaliannya tergantung pada keluarannya. Keluaran sistem ini berpengaruh langsung terhadap aksi kendali. Yang berupaya untuk mempertahankan keluaran sehingga sama bahkan hampir sama dengan masukan acuan walaupun terdapat gangguan pada sistem. Jadi sistem ini adalah sistem kendali berumpan balik, dimana kesalahan

penggerak adalah selisih antara sinyal masukan dan sinyal umpan balik (berupa sinyal keluaran dan turunannya) yang diteruskan ke pengendali / *controller* sehingga melakukan aksi terhadap proses untuk memperkecil kesalahan dan membuat agar keluaran mendekati harga yang diinginkan. Ilustrasi sistem loop tertutup dapat dilihat pada gambar 2.2.



Gambar 2.2. Sistem pengendalian loop tertutup

Sumber: <http://eviandrianimosy.blogspot.com/2010/05/pengertian-sistem-kendali.html>

Sistem loop tertutup menanggapi gangguan melalui pengukuran tanggapan keluaran dan mengumpankan informasi tersebut ke masukan melalui jalur umpan balik yang dibangun. Informasi ini dibandingkan dengan sinyal acuan. Jika terdapat perbedaan maka akan dikirim sinyal untuk menanggapi perbedaan tersebut. Sistem kendali loop tertutup mampu mengkompensasi gangguan yang masuk / timbul.

Sistem loop tertutup mempunyai banyak keunggulan dibanding sistem loop terbuka, yaitu:

- a. Mempunyai tingkat ketepatan yang lebih tinggi.
- b. Tidak peka terhadap gangguan dan perubahan pada lingkungan.

Namun sistem loop tertutup juga mempunyai kekurangan, yaitu:

- a. Konstruksinya lebih rumit.
- b. Harganya lebih mahal.
- c. Masalah kestabilan harus menjadi perhatian.

2.1.3. Kontaktor Magnet

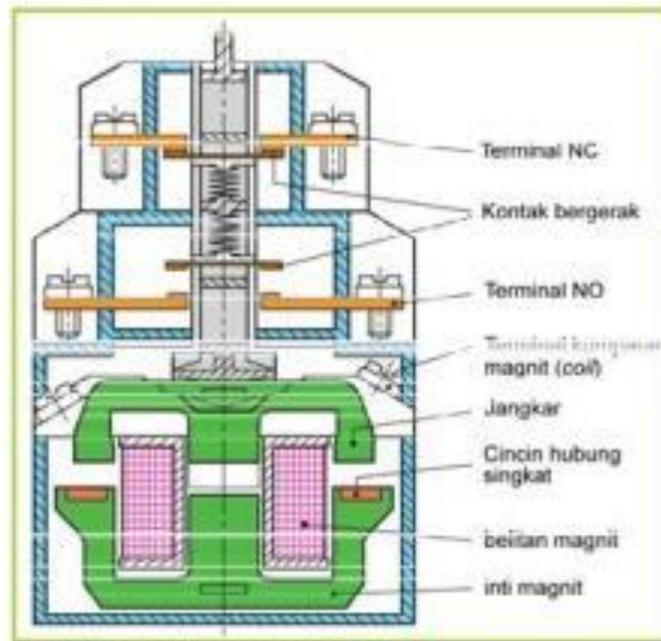
Motor-motor listrik yang mempunyai daya besar harus dapat dioperasikan dengan momen kontak yang cepat agar tidak menimbulkan loncatan bunga api pada alat penghubungnya. Selain itu, dalam pengoperasian yang dapat dilengkapi dengan beberapa alat otomatis dan alat penghubung yang paling mudah adalah dengan menggunakan sakelar magnet yang biasa dikenal dengan kontaktor magnet. Kontaktor magnet yaitu suatu alat penghubung listrik yang bekerja atas dasar magnet yang dapat menghubungkan antara sumber arus dengan muatan. Bila inti koil pada kontaktor diberikan arus, maka koil akan menjadi magnet dan menarik kontak sehingga kontaknya menjadi terhubung dan dapat mengalirkan arus listrik.

Kontaktor magnet atau saklar magnet merupakan saklar yang bekerja berdasarkan prinsip kemagnetan. Artinya sakelar ini bekerja jika ada gaya kemagnetan pada penarik kontakannya. Magnet berfungsi sebagai penarik dan sebagai pelepas kontak-kontaknya dengan bantuan pegas pendorong. Sebuah kontaktor harus mampu

mengalirkan dan memutuskan arus dalam keadaan kerja normal. Arus kerja normal ialah arus yang mengalir selama pemutusan tidak terjadi. Sebuah kontaktor dapat memiliki koil yang bekerja pada tegangan DC atau AC. Pada tegangan AC, tegangan minimal adalah 85% tegangan kerja, apabila kurang maka kontaktor akan bergetar.

Ukuran dari kontaktor ditentukan oleh batas kemampuan arusnya. Biasanya pada kontaktor terdapat beberapa kontak, yaitu kontak normal membuka (*Normally Open* = NO) dan kontak normal menutup (*Normally Close* = NC). Kontak NO berarti saat kontaktor magnet belum bekerja kedudukannya membuka dan bila kontaktor bekerja kontak itu menutup/menghubung. Sedangkan kontak NC berarti saat kontaktor belum bekerja kedudukan kontakannya menutup dan bila kontaktor bekerja kontak itu membuka. Jadi fungsi kerja kontak NO dan NC berlawanan.

Kontak NO dan NC bekerja membuka sesaat lebih cepat sebelum kontak NO menutup.



Gambar 2.3. Kontaktor magnet

sumber: <http://dunialistrikelektron.blogspot.co.id>

Pada gambar diatas, kontak 3 dan 4 adalah NC sedangkan kontak 1 dan 2 adalah NO. Apabila tidak ada arus maka kontak akan tetap diam. Tetapi apabila arus dialirkan dengan menutup *switch* maka kontak 3 dan 4 akan menjai NO sedangkan kontak 1 dan 2 menjadi NC.



Gambar 2.4 Contoh Kontaktor magnet

sumber: <http://dunialistrikelektron.blogspot.co.id>

Fungsi dari kontak-kontak dibuat untuk kontak utama dan kontak bantu. Kontak utama terdiri dari kontak NO dan kontak

bantu terdiri dari kontak NO dan NC. Konstruksi dari kontak utama berbeda dengan kontak bantu, yang kontak utamanya mempunyai luas permukaan yang luas dan tebal. Kontak bantu luas permukaannya kecil dan tipis.

Kontaktor pada umumnya memiliki kontak utama untuk aliran 3 fasa. Dan juga memiliki beberapa kontak bantu untuk berbagai keperluan. Kontak utama digunakan untuk mengalirkan arus utama, yaitu arus yang diperlukan untuk beban, misalnya motor listrik, pesawat pemanas dan sebagainya. Sedangkan kontak bantu digunakan untuk mengalirkan arus bantu yaitu arus yang diperlukan untuk kumparan magnet, alat bantu rangkaian, lampu lampu indikator, dan lain-lain.

Fungsi dari kontak-kontak dibuat untuk kontak utama dan kontak bantu. Kontak utama terdiri dari kontak NO dan kontak

bantu terdiri dari kontak NO dan NC. Konstruksi dari kontak utama berbeda dengan kontak bantu, yang kontak utamanya mempunyai luas permukaan yang luas dan tebal. Kontak bantu luas permukaannya kecil dan tipis.

Kontaktor pada umumnya memiliki kontak utama untuk aliran 3 fasa. Dan juga memiliki beberapa kontak bantu untuk berbagai keperluan. Kontak utama digunakan untuk mengalirkan arus utama,

yaitu arus yang diperlukan untuk beban, misalnya motor listrik, pesawat pemanas dan sebagainya. Sedangkan kontak bantu digunakan untuk mengalirkan arus bantu yaitu arus yang diperlukan untuk kumparan magnet, alat bantu rangkaian, lampu lampu indikator, dan lain-lain. Notasi dan penomoran kontak-kontak kontaktor sebagai berikut:

Table 2.1 Notasi dan penomoran kontak-kontak

Kontak	Notasi		Jenis Kontak	Penggunaan
	Huruf	Angka		
Utama	L ₁ L ₂ L ₃	1 3 5	NO	Ke Jala-jala
	R S			
	T	2 4 6	NO	Ke Motor
	U V			
	W			
Bantu	-	13 14	NO	Pengunci
		19 20	NO	Fungsi Lain
		31 32		
		Dsb		
	-	21 22 41 42 dsb	NC	Pengaman dan Fungsi lain
Kumparan Magnet (COIL)	Notasi Huruf		a - b A ₁ - A ₂	

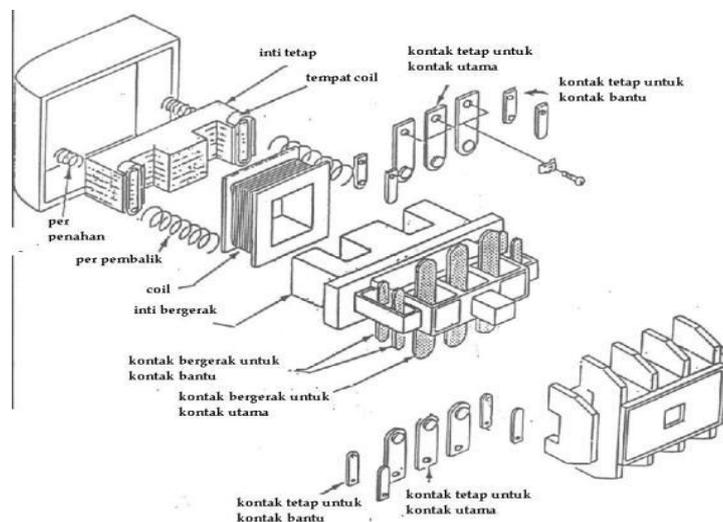
Saat ini kontaktor magnet lebih banyak digunakan di bidang industri dan laboratorium. Hal ini karena kontaktor mudah dikendalikan dari jarak jauh. Selain itu, dengan perlengkapan elektronik dapat mengamankan rangkaian listrik.

Keuntungan menggunakan kontaktor ialah:

1. Pelayanannya mudah
2. Momen kontak cepat

Sedangkan Kerugiannya:

1. Mahal harganya,
2. Perawatannya cukup sukar,



Gambar 2.5 Rangkaian pengawatan kontaktor

sumber: <http://dunialistrikelektron.blogspot.co.id>

Tidak seperti sakelar mekanis, dalam merakit dan menggunakan kontaktor harus dipahami rangkaian pengendali (control) dan rangkaian utama. Rangkaian pengendali ialah rangkaian yang hanya menggambarkan bekerjanya kontaktor dengan kontak-kontak bantuannya. Sedangkan rangkaian utama ialah rangkaian yang khusus memberikan hubungan beban dengan sumber tegangan (jalla-jala) 1 fasa atau 3 fasa. Bila kedua rangkaian itu dipadu akan menjadi rangkaian pengawatan (circuit diagram).

2.1.4. Mini Circuit Breaker (MCB)

MCB merupakan kependekan dari *Miniature Circuit Breaker* (bahasa Inggris). Biasanya MCB digunakan oleh pihak PLN untuk membatasi arus sekaligus sebagai pengaman dalam suatu instalasi listrik. MCB berfungsi sebagai pengaman hubung singkat (konsleting) dan juga berfungsi sebagai pengaman beban lebih. MCB akan secara otomatis dengan segera memutuskan arus apabila arus yang melewatinya melebihi dari arus nominal yang telah ditentukan pada MCB tersebut. Arus nominal yang terdapat pada MCB adalah 1A, 2A, 4A, 6A, 10A, 16A, 20A, 25A, 32A dan lain sebagainya. Nominal MCB ditentukan dari besarnya arus yang bisa ia hantarkan, satuan dari arus adalah Ampere, untuk kedepannya hanya akan saya tulis dengan A. Jadi jika MCB dengan arus nominal 2 Ampere maka hanya perlu ditulis dengan MCB 2A.

Banyak perangkat yang saat ini menggunakan listrik, mulai dari AC, Komputer/laptop, lampu dan masih banyak lagi. Kebanyakan pelanggan PLN di Indonesia saat ini masih menggunakan MCB 2 A, hal ini dikarenakan banyaknya pelanggan yang menggunakan daya 450VA (Volt Ampere). Pelanggan yang menggunakan daya 450VA akan menggunakan MCB dengan nominal 2A, dengan perhitungan tegangan di Indonesia adalah (standar rata-rata) 220 Volt jika kita ingin daya yang terpasang dirumah kita 450VA yang perlu kita lakukan hanyalah membagi 450 dengan 220, hasilnya akan 2,04 sehingga kita membutuhkan MCB dengan nominal 2 Ampere. beberapa satuan listrik di bawah ini:

Satuan dari tegangan listrik : Volt

Satuan dari arus listrik : Ampere

Satuan dari hambatan listrik : Ohm

Satuan dari daya listrik : Watt

Setelah mengetahui satuan-satuan listrik diatas mari kita lanjutkan apa yang dimaksud dengan MCB dan apa sebenarnya fungsi dari MCB. Jelas sekali MCB memiliki fungsi yang sangat vital dalam suatu instalasi listrik, bila MCB memang tidak memiliki fungsi maka tidak akan mungkin jika dipasang dalam suatu instalasi. MCB sendiri terdiri dari MCB 1 Phasa, 2 phasa dan 3 phasa. Pada dasarnya MCB 2 phasa adalah gabungan dari dua buah MCB 1 phasa, sedangkan MCB 3 phasa merupakan gabungan tiga buah dari MCB 1 phasa.

Beberapa manfaat (fungsi MCB) adalah sebagai berikut ini :

1. Pengaman hubung singkat

Hubung singkat atau konsleting memang kerap sekali terjadi di Indonesia. Tak jarang terdapat rumah atau pasar yang terbakar karena hubung singkat listrik. Ada banyak factor yang menyebabkan terjadinya hubung singkat, salah satunya adalah tidak digunakannya pengaman hubung singkat.

2. Mengamankan beban lebih

Biasanya pelanggan telah mengontrak listrik dengan PLN, kontak yang dilakukan adalah berapa daya yang dikontak oleh pelanggan. Misalnya pelanggan mengontak daya 450 maka jika daya yang digunakan sudah melebihi 450 secara otomatis MCB akan trip (putus). Pemasangan instalsi yang dilakukan PLN dirumah pelanggan disesuaikan dengan kontak yang telah disepakati.

3. Sebagai sakelar utama

MCB terpasang dirumah kita selain berfungsi sebagai pengaman dari terjadinya hubung singkat dan beban juga bisa difungsikan sebagai sakelar utama instalasi rumah kita. Jika kita ingin memasang lampu atau memasang kotak-kontak (steker) dirumah kita maka kita hanya perlu menggunakan MCB untuk memutuskan semua arus listrik didalam rumah.

Pada MCB terdapat dua jenis pengaman yaitu secara thermis dan elektromagnetis, pengaman thermis berfungsi untuk mengamankan

arus beban lebih sedangkan pengamanan elektromagnetis berfungsi untuk mengamankan jika terjadi hubung singkat.

MCB dalam kerjanya membatasi arus lebih menggunakan gerakan dwilogam untuk memutuskan rangkaian. Dwilogam ini akan bekerja dari panas yang diterima oleh karena energy listrik yang timbul.

Pemutus thermal terjadi pada saat terjadi gangguan arus lebih pada rangkaian secara terus menerus. Cara kerjanya adalah sebagai berikut :

Bimetal blade (1) akan melengkung akibat pemanasan oleh arus lebih secara kontinyu pada elemen dwi logam ini. Bengkokan itu akan menggerakkan Trip lever (2) samapai Release Pawl (3) berubah posisi sehingga Moving Contact Arms (4) membuka memutuskan rangkaian dengan bantuan Release Spring (5).

MCB dibuat hanya memiliki satu kutub untuk pengaman 1 fasa, sedangkan untuk pengaman tiga fasa biasanya memiliki tiga kutub dengan tuas yang disatukan, sehingga apabila terjadi gangguan pada salah satu kutub maka kutub yang lainnya juga akan ikut terputus.

2.1.5. Transistor daya

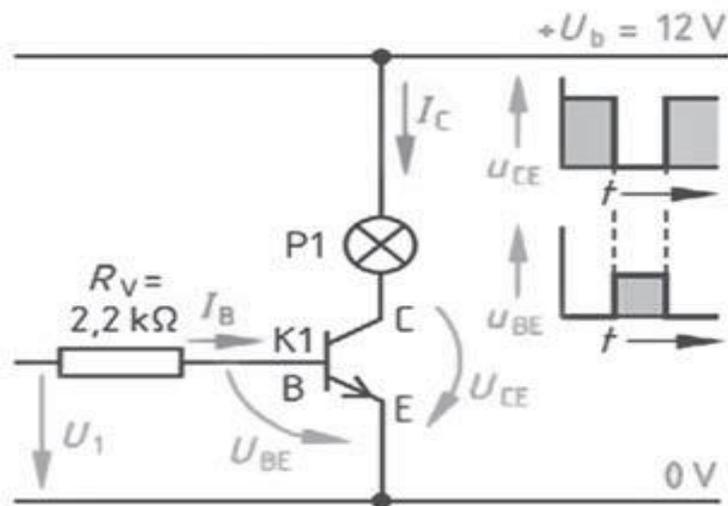
Transistor mempunyai dua kemampuan, pertama sebagai penguatan dan kedua sebagai saklar elektronik. Dalam aplikasi elektronika daya, transistor banyak digunakan sebagai sakelar elektronika. Misalnya dalam teknik switching power supply, transistor

berfungsi sebagai sakelar yang bekerja ON/OFF pada kecepatan yang sangat tinggi dalam orde mikro detik.

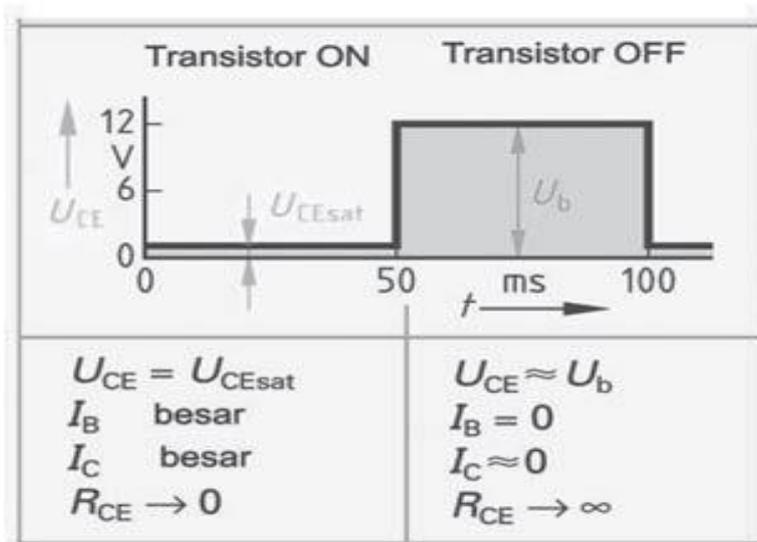
a. Transistor sebagai Sakelar

Transistor dapat difungsikan sebagai sakelar elektronik, yaitu dengan mengatur arus basis I_B dapat menghasilkan arus kolektor I_C yang dapat menhidupkan lampu P1 dan mematikan lampu. Dengan tegangan suplai $U_B = 12V$ dan pada tegangan basis U_1 , akan mengalir arus basis I_B yang membuat transistor cut-in dan menghantarkan arus kolektor I_C , sehingga lampu P1 menyala. Jika tegangan basis U_1 dimatikan dan arus basis $I_B = 0$. Dengan sendirinya transistor kembali mati dan lampu P1 akan mati. Dengan pengaturan arus basis I_B Transistor dapat difungsikan sebagai sakelar elektronik dalam posisi ON atau OFF.

Ketika transistor sebagai sakelar kita akan lihat tegangan kolektor terhadap emitor U_{CE} . Ada dua kondisi, yaitu ketika Transistor kondisi On, dan Transistor kondisi OFF. Saat transistor kondisi ON tegangan U_{CE} saturasi. Arus basis I_B dan arus kolektor maksimum dan tahanan kolektor emitor R_{CE} mendekati nol, terjadi antara 0 sampai 50 mdetik. Ketika transistor kondisi OFF, tegangan U_{CE} mendekati tegangan U_B dan arus basis I_B dan arus kolektor I_C mendekati nol, pada saat tersebut tahanan R_{CE} tak terhingga.



Gambar 2.6 Transistor sebagai Saklar

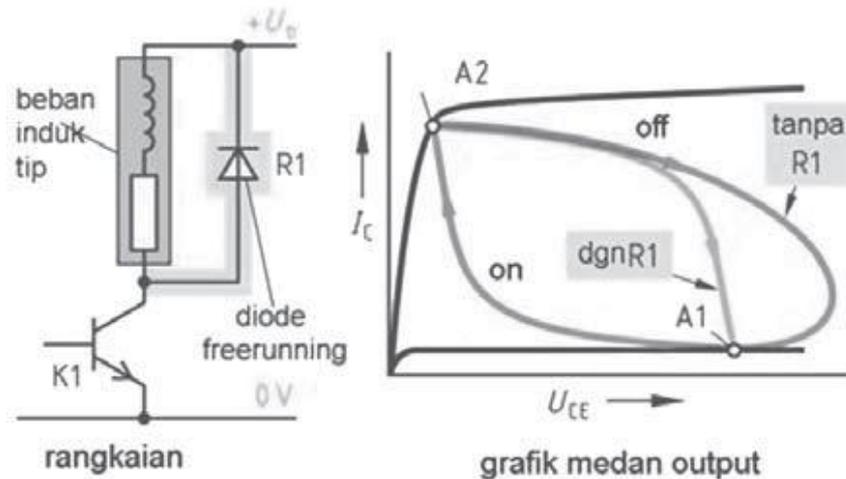


Gambar 2.7 Tegangan operasi transistor sebagai saklar

b. Transistor Penggerak Relay

Kolektor transistor yang dipasangkan relay mengandung inductor. Ketika Transistor dari kondisi ON dititik A2 dan menuju OFF di titik A1 timbul tegangan induksi pada relay.

Dengan diode R1 yang berfungsi sebagai running diode maka arus induksi pada relay dialirkan lewat diode bukan melewati kolektor transistor.



Gambar 2.8 Transistor sebagai penggerak relay

2.1.6. Mikrokontroler

Mikrokontroler adalah suatu chip berupa IC (Integrated Circuit) yang dapat menerima sinyal input, mengolahnya dan memberikan sinyal output sesuai dengan program yang diisikan ke dalamnya. Sinyal input mikrokontroler berasal dari sensor yang merupakan informasi dari lingkungan sedangkan sinyal output ditujukan kepada aktuator yang dapat memberikan efek ke lingkungan. Jadi secara sederhana mikrokontroler dapat diibaratkan sebagai otak dari suatu perangkat/produk yang mampu berinteraksi dengan lingkungan sekitarnya.

Mikrokontroler pada dasarnya adalah komputer dalam satu chip, yang di dalamnya terdapat mikroprosesor, memori, jalur Input/Output (I/O) dan perangkat pelengkap lainnya. Kecepatan pengolahan data pada mikrokontroler lebih rendah jika dibandingkan dengan PC. Pada PC kecepatan mikroprosesor yang digunakan saat ini telah mencapai orde GHz, sedangkan kecepatan operasi mikrokontroler pada umumnya berkisar antara 1 – 16 MHz. Begitu juga kapasitas RAM dan ROM pada PC yang bisa mencapai orde Gbyte, dibandingkan dengan mikrokontroler yang hanya berkisar pada orde byte/Kbyte.

Meskipun kecepatan pengolahan data dan kapasitas memori pada mikrokontroler jauh lebih kecil jika dibandingkan dengan komputer personal, namun kemampuan mikrokontroler sudah cukup untuk dapat digunakan pada banyak aplikasi terutama karena ukurannya yang kompak. Mikrokontroler sering digunakan pada sistem yang tidak terlalu kompleks dan tidak memerlukan kemampuan komputasi yang tinggi.

Sistem yang menggunakan mikrokontroler sering disebut sebagai embedded system atau dedicated system. Embedded system adalah sistem pengendali yang tertanam pada suatu produk, sedangkan dedicated system adalah sistem pengendali yang dimaksudkan hanya untuk suatu fungsi tertentu. Sebagai contoh printer adalah suatu embedded system karena di dalamnya terdapat mikrokontroler sebagai pengendali dan juga dedicated system karena fungsi pengendali

tersebut berfungsi hanya untuk menerima data dan mencetaknya. Hal ini berbeda dengan suatu PC yang dapat digunakan untuk berbagai macam keperluan, sehingga mikroprosesor pada PC sering disebut sebagai general purpose microprocessor (mikroprosesor serba guna). Pada PC berbagai macam software yang disimpan pada media penyimpanan dapat dijalankan, tidak seperti mikrokontroler hanya terdapat satu software aplikasi.

Penggunaan mikrokontroler antara lain terdapat pada bidang-bidang berikut ini.

1. Otomotif : Engine Control Unit, Air Bag, fuel control, Antilock Braking System, sistem pengaman alarm, transmisi otomatis, hiburan, pengkondisi udara, speedometer dan odometer, navigasi, suspensi aktif
2. Perlengkapan rumah tangga dan perkantoran : sistem pengaman alarm, remote control, mesin cuci, microwave, pengkondisi udara, timbangan digital, mesin foto kopi, printer, mouse.
3. Pengendali peralatan di industri, robotika.

Saat ini mikrokontroler 8 bit masih menjadi jenis mikrokontroler yang paling populer dan paling banyak digunakan. Maksud dari mikrokontroler 8 bit adalah data yang dapat diproses dalam satu waktu adalah 8 bit, jika data yang diproses lebih besar dari 8 bit maka akan dibagi menjadi beberapa bagian data yang masing-masing terdiri dari 8

bit. Contoh mikrokontroler 8 bit antara lain keluarga Motorola 68HC05/11, Intel 8051, Microchip PIC 16, dan yang akhir-akhir ini mulai populer keluarga Atmel AVR. Selain yang telah disebutkan di atas terdapat juga beberapa seri mikrokontroler lain yang cukup dikenal antara lain Basic Stamp dari Parallax (banyak digunakan untuk pembelajaran mikrokontroler) dan HD64180 dari Hitachi (sebagai pengendali LCD). Masing-masing mikrokontroler mempunyai cara dan bahasa pemrograman yang berbeda, sehingga program untuk suatu jenis mikrokontroler tidak dapat dijalankan pada jenis mikrokontroler lain. Untuk memilih jenis mikrokontroler yang cocok dengan aplikasi yang dibuat terdapat tiga kriteria yaitu

1. Dapat memenuhi kebutuhan secara efektif & efisien. Hal ini menyangkut kecepatan, kemasan/packaging, konsumsi daya, jumlah RAM dan ROM, jumlah I/O dan timer, harga per unit.
2. Bahasa pemrograman yang tersedia
3. Kemudahan dalam mendapatkannya¹

Arduino

Arduino merupakan kit elektronik *open source* yang dirancang khusus untuk memudahkan setiap orang dalam belajar membuat robot atau mengembangkan perangkat elektronik yang dapat berinteraksi

¹ <https://mechatronicscrew.wordpress.com/praktikum/praktikum-mekatronika/mikrokontroler/>
(diakses tanggal 15 Oktober 2015)

dengan bermacam-macam sensor dan pengendali. Arduino dapat mengenali lingkungan sekitarnya melalui berbagai jenis sensor dan dapat mengendalikan lampu, motor, dan berbagai jenis aktuator lainnya.

Saat ini arduino sangat populer di seluruh dunia. Banyak pemula yang belajar mengenal robotika dan elektronika lewat arduino karena mudah dipelajari. Tapi tidak hanya pemula, para *hobbyist* atau profesional pun ikut senang mengembangkan aplikasi elektronik menggunakan arduino.

Arduino memiliki kelebihan tersendiri dibanding *board* mikrokontroler yang lain. Selain bersifat *open source*, bahasa yang dipakai dalam arduino juga bukan *assembler* yang relatif sulit, tetapi bahasa C yang disederhanakan dengan bantuan pustaka-pustaka (*libraries*) arduino. Selain itu dalam *board* arduino sendiri sudah terdapat *loader* yang berupa USB sehingga memudahkan kita ketika memprogram mikrokontroler di dalam arduino. *Port* USB tersebut selain untuk loader ketika memprogram, bisa juga difungsikan sebagai *port* komunikasi serial.

Karena sifat *open source*-nya ini, maka ada banyak varian arduino seperti pada gambar 2.4. Ada arduino uno, arduino mega, arduino yun, dan sebagainya. Masing-masing punya kelebihan dan keunikan tersendiri. Adapun, biasanya pemula menyukai arduino uno karena harganya yang relatif murah dan fitur-fitur yang relatif standar.



Gambar 2.9 Berbagai macam Arduino

Sumber: <http://sidhatan.blogspot.com/2014/12/komunikasi-serial-arduino.html>

Arduino adalah sebuah *platform* pembuatan *prototype* elektronik yang bersifat *open-source hardware* yang berdasarkan pada perangkat keras dan perangkat lunak yang fleksibel dan mudah digunakan. Arduino ditujukan bagi para seniman, desainer, dan siapapun yang tertarik dalam menciptakan objek atau lingkungan yang interaktif (Rachman, 2015).

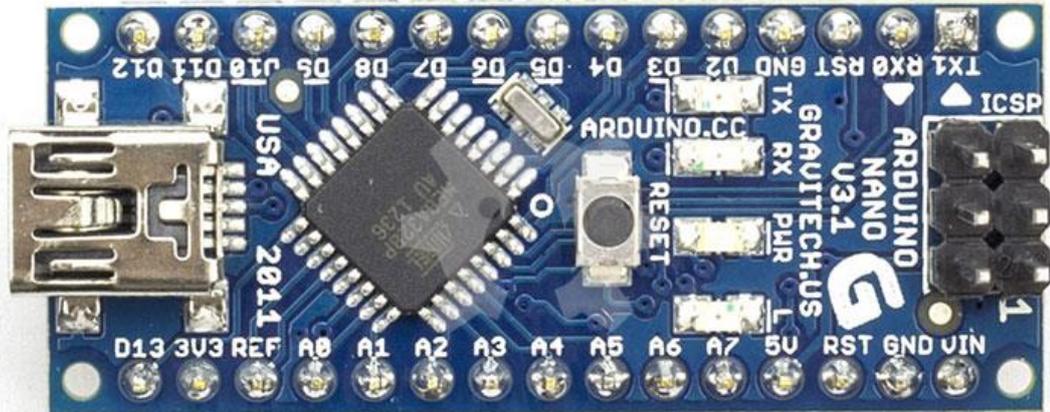
Arduino pada awalnya dikembangkan di Ivrea, Italia. Nama arduino adalah sebuah nama maskulin yang berarti teman yang kuat. *Platform* arduino terdiri dari *arduino board*, *shield*, bahasa pemrograman arduino dan *arduino development environment*. *Arduino board* biasanya memiliki sebuah chip dasar mikrokontroler Atmel AVR ATmega8 berikut turunannya. *Shield* adalah sebuah papan yang dapat dipasang diatas arduino board untuk menambah kemampuan dari arduino board.

Bahasa pemrograman arduino adalah bahasa pemrograman yang umum digunakan untuk membuat perangkat lunak yang ditanamkan pada arduino board. Bahasa pemrograman arduino mirip dengan bahasa pemrograman C++.

Arduino Development Environment adalah perangkat lunak yang digunakan untuk menulis dan meng-*compile* program untuk arduino. *Arduino Development Environment* juga digunakan untuk meng-*upload* program yang sudah di-*compile* ke memori program arduino board.

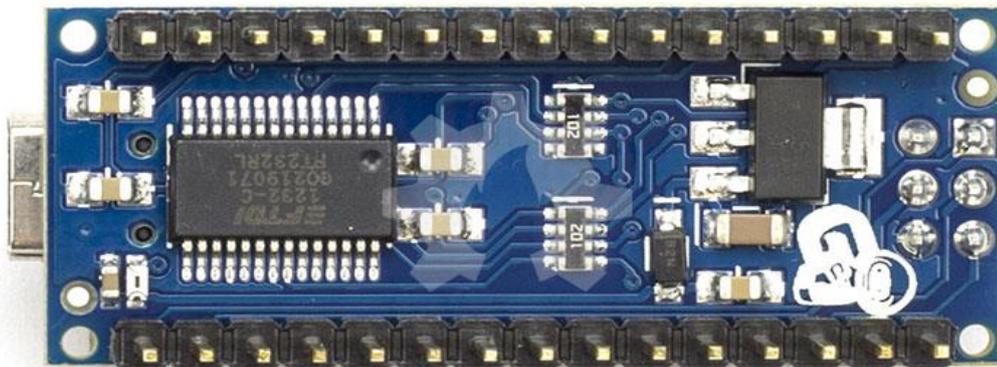
2.1.7.1. Arduino Nano 3.0

Arduino nano adalah salah satu papan pengembangan mikrokontroler yang berukuran kecil. Lengkap dan mendukung penggunaan breadboard. Arduino nano diciptakan dengan basis mikrokontroler ATmega 328 (untuk Arduino nano versi 3.x) atau ATmega 168 (untuk Arduino nano versi 2.x). arduino nano kurang lebih memiliki fungsi yang sama dengan Arduino Duemilanove, tetapi dalam paket yang berbeda. Arduino nano tidak menyertakan colokan DC berjenis Barrel Jack, dan dihubungkan ke computer menggunakan port USB mini-B. Arduino nano dirancang dan diproduksi oleh perusahaan Grevitech.



Gambar 2.10 Arduino Nano Depan

Sumber : <https://www.arduino.cc/en/Main/Software>



Gambar 2.11 Arduino Nano Belakang

Sumber : <https://www.arduino.cc/en/Main/Software>

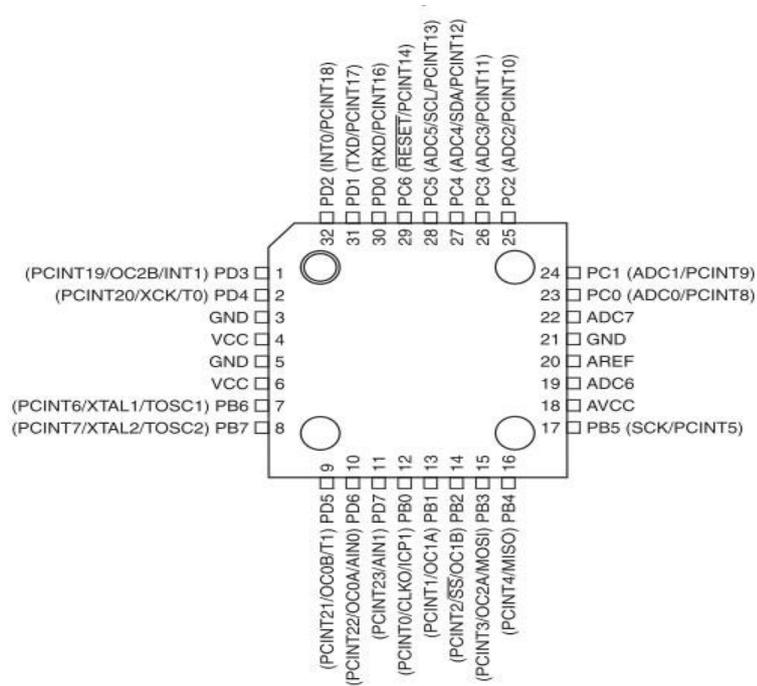
Arduino Nano dapat diaktifkan melalui koneksi USB Mini-B, atau melalui catu daya eksternal dengan tegangan belum teregulasi antara 6-20 Volt yang dihubungkan melalui pin 30 atau pin VIN, atau melalui catu daya eksternal dengan teregulasi 5 volt melalui pin 27 atau pin 5V. sumber daya akan secara otomatis dipilih dari sumber

tegangan yang lebih tinggi. Chip FTDI FT232L pada Arduino Nano aktif apabila memperoleh daya melalui USB. Ketika Arduino Nano diberikan daya dari luar (Non-USB) maka chip FTDI tidak aktif dan pin 3.3V pun tidak tersedia (tidak mengeluarkan tegangan). Sedangkan LED TX dan RX pun berkedip apabila pin digital 0 dan 1 berada pada posisi HIGH.

Table 2.2 Spesifikasi arduino

Mikrokontroler	Atmel ATmega168 atau ATmega328
Tegangan Operasi	5 Volt
Tegangan <i>Input</i> (Disarankan)	7 - 12 Volt
Tegangan <i>Input</i> (Batas bawah - atas)	6 – 20 Volt
Jumlah Pin I/O Digital	14 (6 pin digunakan sebagai output PWM)
Jumlah Pin <i>Input</i> Analog	8
Arus DC per pin I/O	40 mA
<i>Flash Memory</i>	16KB (ATmega168) atau 32KB (ATmega328) 2KB digunakan oleh Bootloader
SRAM	1 KB (ATmega168) atau 2 KB (ATmega328)
EEPROM	512 byte (ATmega168) atau 1KB (ATmega328)
<i>Clock Speed</i>	16 MHz
Ukuran	1.85cm x 4.3cm

1. Pemetaan Pin



Gambar 2.12 Pemetaan Pin ATmega328 SMD
 Sumber : <https://www.arduino.cc/en/Main/Software>

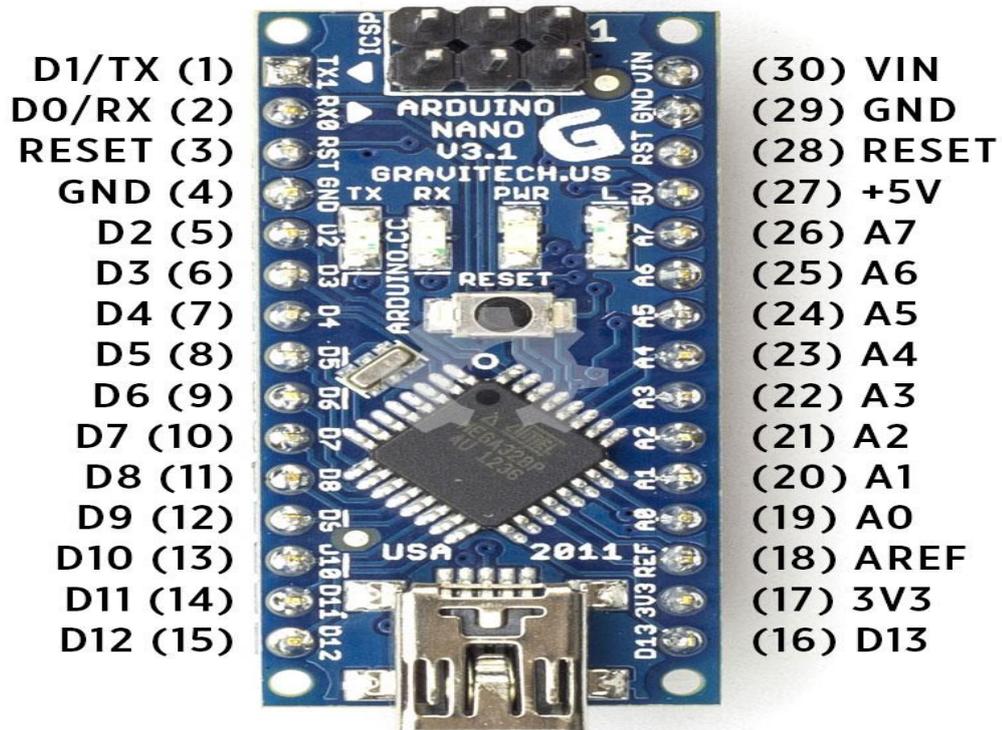
Perhatikan pemetaan antara pin Arduino Nano dan Port ATmega 328 SMD. Pemetaan untuk ATmega8, ATmega168, dan ATmega328 sangat identic atau sama persis.

Tabel 2.3 pemetaan Pin Arduino

Nomor Pin ATmega328	Nama Pin	Nomor Pin Arduino Nano	Nama Pin
1	PD3 (PCINT19/OCB2B/INT1)	6	Digital Pin 3 (PWM)

2	PD4 (PCINT20/XCK/T0)	7	Digital Pin 4
3	GND	4 & 29	GND
4	VCC	27	VCC
5	GND	4 & 29	GND
6	VCC	27	VCC
7	PB6 (PCINT6/XTAL1/TOASC1)	-	-
8	PB7 (PCINT7/XTAL2/TOAS2)	-	-
9	PD5 (PCINT21/OC0B/T1)	8	Digital Pin 5 (PWM)
10	PD6 (PCINT22/OC0A/AIN0)	9	Digital Pin 6 (PWM)
11	PD7 (PCINT23 /AIN1)	10	Digital Pin 7
12	PB0 (PCINT0/CLK0/ACP1)	11	Digital Pin 8
13	PB1 (PCINT1/AIN1)	13	Digital Pin 9 (PWM)
14	PB2 (PCINT2/SS/OC1B)	13	Digital Pin 10 (PWM-SS)
15	PB3 (PCINT3/OC2A/MOS1)	14	Digital Pin 11 (PWM-MOSI)
16	PB4 (PCINT4/MISO)	15	Digital Pin 12 (MISO)
17	PB5 (PCINT5/SCK)	16	Digital Pin 13 (SCK)
18	AVCC	27	VCC
19	ADC6	25	Analog Input 6
20	AREF	18	AREF

21	GND	4 & 29	GND
22	ADC7	26	Analog Input 7
23	PC0 (PCINT8/ADC0)	19	Analog Input 0
24	PC1 (PCINT9/ADC1)	20	Analog Input 1
25	PC2 (PCINT10/ADC2)	21	Analog Input 2
26	PC3 (PCINT11/ADC3)	22	Analog Input 3
27	PC4 (PCINT12/ADC4/SDA)	24	Analog Input 4 (SDA)
28	PC5 (PCINT13/ADC5/SCL)	25	Analog Input 5 (SCL)
29	PC6 (PCINT14/RESET)	28 & 3	RESET
30	PD0 (PCINT16/RXD)	2	Digital Pin 0 (RX)
31	PD1 (PCINT17/TXD)	1	Digital Pin 1 (TX)
32	PD2 (PCINT18/INT0)	5	Digital Pin 2



Gambar 2.13 Pin Layout Arduino Nano

Sumber : <https://www.arduino.cc/en/Main/Software>

2. Memory

ATmega168 memiliki 16 KB flash memory untuk menyimpan kode (2 KB digunakan untuk bootloade), sedangkan ATmega328 memiliki flash memory sebesar 32 KB, (juga dengan 2 KB digunakan untuk bootloade). ATmega168 memiliki 1 KB memory pada SRAM dan 512 byte pada EEPROM (yang dapat dibaca pada SRAM dan 1 KB pada EEPROM).

3. Input dan Output

Masing-masing dari 14 pin digital pada Arduino Nano dapat digunakan sebagai input atau output, dengan menggunakan fungsi pin Mode, digitalWrite, dan digitalWrite. Semua pin beroperasi pada tegangan 5 volt. Setiap pin dapat memberikan atau menerima arus maksimum 40mA dan memiliki resistor pull-up internal (yang terputus secara default) sebesar 20-50 KOhm. Selain itu beberapa pin memiliki fungsi khusus, yaitu :

- **Serial** : 0 (RX) dan 1 (TX). Digunakan untuk menerima (RX) dan mengirimkan (TX) TTL data serial. Pin ini terhubung ke pin yang sesuai dari chip FTDI USB-to-TTL Serial.
- **External Interrupt** (Interupsi Eksternal): Pin 2 dan pin 3 ini dapat dikonfigurasi untuk memicu sebuah interupsi pada nilai yang rendah, meningkat atau menurun, atau perubahan nilai.
- **PWM** : Pin 3, 5, 6, 9, 10, dan 11. Menyediakan output PWM 8-bit dengan fungsi analogWrite(). Jika pada jenis papan berukuran lebih besar (misal: Arduino Uno), pin PWM ini diberi simbol tilde atau “~” sedangkan pada Arduino Nano diberi tanda titik atau strip.
- **SPI** : Pin 10 (SS), 11 (MOSI), 12 (MISO), 13 (SCK). Pin ini mendukung komunikasi SPI. Sebenarnya komunikasi SPI ini tersedia pada hardware, tapi untuk saat belum didukung dalam bahasa Arduino.

- **LED** : Pin 13. Tersedia secara built-in pada papan Arduino Nano. LED terhubung ke pin digital 13. Ketika pin diset bernilai HIGH, maka LED menyala, dan ketika pin diset bernilai LOW, maka LED padam.

Arduino Nano memiliki 8 pin sebagai input analog, diberi label A0 sampai dengan A7, yang masing-masing menyediakan resolusi 10 bit (yaitu 1024 nilai yang berbeda). Secara default pin ini dapat diukur/diatur dari mulai Ground sampai dengan 5 Volt, juga memungkinkan untuk mengubah titik jangkauan tertinggi atau terendah mereka menggunakan fungsi `analogReference()`. Pin Analog 6 dan 7 tidak dapat digunakan sebagai pin digital. Selain itu juga, beberapa pin memiliki fungsi yang dikhususkan, yaitu:

- **I2C** : Pin A4 (SDA) dan pin A5 (SCL). Yang mendukung komunikasi I2C (TWI) menggunakan perpustakaan `Wire`.
- **AREF** : Referensi tegangan untuk input analog. Digunakan dengan fungsi `analogReference()`.
- **RESET** : Jalur LOW ini digunakan untuk me-reset (menghidupkan ulang) mikrokontroler. Biasanya digunakan untuk menambahkan tombol reset pada shield yang menghalangi papan utama Arduino.

4. Komunikasi

Arduino Nano memiliki sejumlah fasilitas untuk berkomunikasi dengan komputer, dengan Arduino lain, atau dengan mikrokontroler lainnya. ATmega168 dan ATmega328 menyediakan komunikasi serial UART TTL (5 Volt), yang tersedia pada pin digital 0 (RX) dan pin 1 (TX). Sebuah chip FTDI FT232RL yang terdapat pada papan Arduino Nano digunakan sebagai media komunikasi serial melalui USB dan driver FTDI (tersedia pada software Arduino IDE) yang akan menyediakan COM Port Virtual (pada Device komputer) untuk berkomunikasi dengan perangkat lunak pada komputer. Perangkat lunak Arduino termasuk didalamnya serial monitor memungkinkan data tekstual sederhana dikirim ke dan dari papan Arduino. LED RX dan TX yang tersedia pada papan akan berkedip ketika data sedang dikirim atau diterima melalui chip FTDI dan koneksi USB yang terhubung melalui USB komputer (tetapi tidak untuk komunikasi serial pada pin 0 dan 1).

Sebuah perpustakaan SoftwareSerial memungkinkan komunikasi serial pada beberapa pin digital Nano. ATmega168 dan ATmega328 juga mendukung komunikasi I2C (TWI) dan SPI. Perangkat lunak Arduino termasuk perpustakaan Wire digunakan untuk menyederhanakan penggunaan bus I2C. Untuk komunikasi SPI, silakan lihat datasheet ATmega168 atau ATmega328.

5. Pemrograman

Arduino Nano dapat diprogram dengan software Arduino. Pilih “Arduino Diecimila, Duemilanove, atau Nano w/ ATmega168 ” or “Arduino Duemilanove atau Nano w/ ATmega328” melalui menu Tools > Board (sesuaikan dengan jenis mikrokontroler yang anda miliki).

ATmega168 dan ATmega328 pada Arduino Nano sudah dipaket preburned dengan bootloader yang memungkinkan Anda untuk meng-upload kode baru tanpa menggunakan programmer hardware eksternal. Hal ini karena komunikasi yang terjadi menggunakan protokol asli STK500. Anda juga dapat melewati (bypass) bootloader dan program mikrokontroler melalui pin header ICSP (In-Circuit Serial Programming) menggunakan Arduino ISP atau yang sejenis.

6. Reset (Software) Otomatis

Daripada menekan tombol reset sebelum upload, Arduino Nano didesain dengan cara yang memungkinkan Anda untuk me-reset melalui perangkat lunak yang berjalan pada komputer yang terhubung. Salah satu jalur kontrol hardware (DTR) mengalir dari FT232RL dan terhubung ke jalur reset dari ATmega168 atau ATmega328 melalui kapasitor 100 nanofarad. Bila jalur ini di-set rendah/low, jalur reset drop cukup lama untuk me-reset chip. Perangkat lunak Arduino menggunakan kemampuan ini untuk memungkinkan Anda meng-upload kode dengan hanya menekan tombol upload pada perangkat

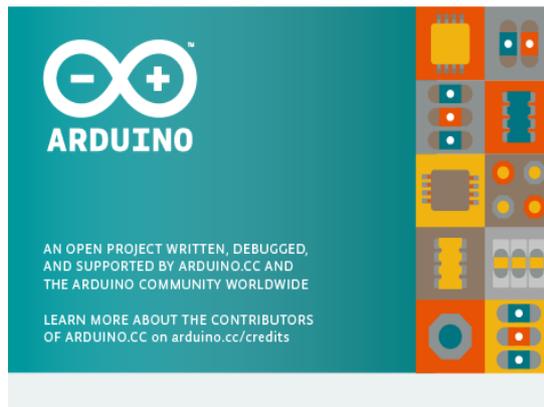
lunak Arduino. Ini berarti bahwa bootloader memiliki rentang waktu yang lebih pendek, seperti menurunkan DTR dapat terkoordinasi (berjalan beriringan) dengan dimulainya upload.

Pengaturan ini juga memiliki implikasi lain. Ketika Arduino Nano terhubung dengan komputer yang menggunakan sistem operasi Mac OS X atau Linux, papan Arduino akan di-reset setiap kali dihubungkan dengan software komputer (melalui USB). Dan setengah detik kemudian atau lebih, bootloader berjalan pada papan Arduino Nano. Proses reset melalui program ini digunakan untuk mengabaikan data yang cacat (yaitu apapun selain meng-upload kode baru), ia akan memotong dan membuang beberapa byte pertama dari data yang dikirim ke papan setelah sambungan terbuka. Jika sebuah sketsa dijalankan pada papan untuk menerima satu kali konfigurasi atau menerima data lain ketika pertama kali dijalankan, pastikan bahwa perangkat lunak diberikan waktu untuk berkomunikasi dengan menunggu beberapa detik setelah terkoneksi dan sebelum mengirim data.

2.1.8. Software IDE

IDE (*Integrated Development Environment*) Arduino merupakan aplikasi yang mencakup *editor*, *compiler*, dan *uploader* dapat menggunakan semua seri modul keluarga Arduino, seperti Arduino Duemilanove, Uno, Bluetooth, Mega (Istiyanto, 2014, p. 46). Pada

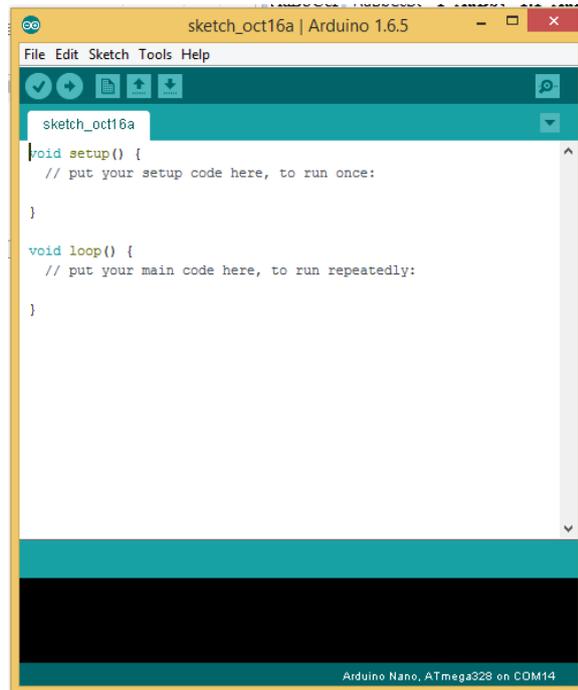
dasarnya pemrograman Arduino menggunakan bahasa C dan menggunakan *compiler* C sebagai penyusun program yang dituliskan. *Software* IDE Arduino yang digunakan pada penelitian kali yaitu Arduino IDE versi 1.6.5.



Gambar 2. 14. Splash Screen Arduino IDE

Sumber: Dokumen Pribadi

Berdasarkan spesifikasi yang dikeluarkan oleh perusahaan pengembangnya, *Compiler* C yang digunakan hampir mengimplementasikan semua komponen standar yang ada pada bahasa C standar ANSI (seperti struktur program, jenis tipe data, jenis operator, dan *library* fungsi standar berikut penamaan *pin*). Tetapi walaupun demikian, dibandingkan bahasa C untuk aplikasi komputer, *compiler* C untuk mikrokontroler ini memiliki sedikit perbedaan yang disesuaikan dengan arsitektur AVR tempat program C tersebut ditanamkan (*embedded*). Berikut merupakan tampilan Arduino IDE pada **Gambar 2.15.**



Gambar 2. 15 Tampilan Arduino IDE Versi 1.6.5

Sumber: Dokumen Pribadi

Jendela utama pada Arduino IDE terdiri dari 3 bagian utama yaitu :

- Bagian atas, yakni *toolbar*, pada bagian atas juga terdapat menu file, edit, sketch, tools, dan help.

Penjelasan bagian-bagian *toolbar*:

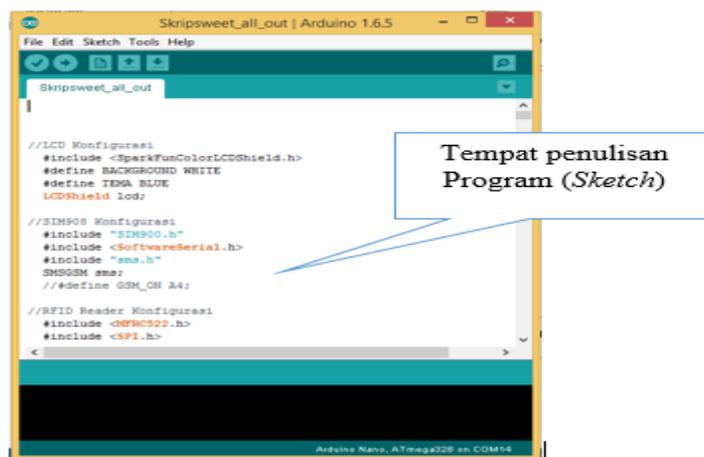


Gambar 2. 16. Toolbar Arduino IDE

Sumber: Dokumen Pribadi

Keterangan pada **Gambar 2.16** :

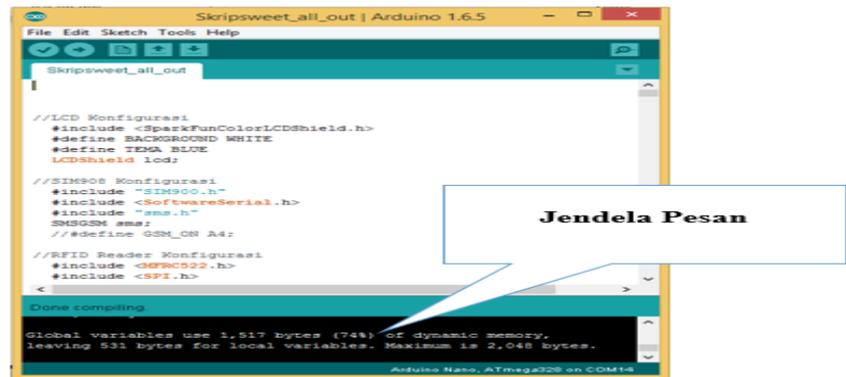
1. Verify : Menyusun sekaligus mengecek program yang tertulis
 2. Upload : Mengunggah *sketch* pada board Arduino.
 3. New : Membuat sebuah *sketch* baru.
 4. *Open* : Membuka daftar *sketch* pada *sketchbook* untuk dibuka.
 5. Save : Menyimpan kode atau *sketch* pada *sketchbook*.
 6. Serial Monitor : Menampilkan komunikasi data serial yang dikirimkan dari Arduino.
- Bagian tengah, yaitu tempat penulisan program atau biasa disebut *sketch*. Untuk lebih jelas dapat dilihat pada **Gambar 2.17**.



Gambar 2.17 Tempat penulisan program Arduino IDE

Sumber: Dokumen Pribadi

- Bagian bawah berupa jendela pesan (*message windows*) atau tes konsul yang berisi status dan pesan error. Untuk lebih jelas, lihat pada **Gambar 2.18**.



Gambar 2. 18 Jendela Pesan (Message Windows)

Sumber: Dokumen Pribadi

Khusus untuk library fungsi, disamping library standar (seperti fungsi fungsi matematik, manipulasi string, pengaksesan memori dan sebagainya), Arduino juga menyediakan fungsi-fungsi tambahan yang sangat bermanfaat dalam pemrograman antarmuka AVR dengan perangkat luar yang umum digunakan dalam aplikasi kontrol. Beberapa fungsi *library* yang penting diantaranya adalah fungsi-fungsi untuk pengaksesan LCD, komunikasi I2C, IC RTC (*Real time Clock*), sensor suhu, SPI (*Serial Peripheral Interface*), GSM, RFID dan lain sebagainya.

Untuk memudahkan pengembangan program, aplikasi Arduino juga dilengkapi IDE yang sangat user friendly. Selain menu-menu pilihan yang umum dijumpai pada setiap perangkat lunak berbasis

Windows, Arduino ini telah mengintegrasikan perangkat lunak *downloader* yang bersifat *In System Programmer* yang dapat digunakan untuk mentransfer kode mesin hasil kompilasi ke dalam sistem memori mikrokontroler AVR yang akan diprogram.

2.1.9. Relay

Relay adalah saklar mekanik yang dikendalikan atau dikontrol secara elektronik (elektro magnetik). Saklar pada relay akan terjadi perubahan posisi OFF ke ON pada saat diberikan energi elektro magnetik pada armatur relay tersebut. Relay pada dasarnya terdiri dari 2 bagian utama yaitu saklar mekanik dan sistem pembangkit elektromagnetik (induktor inti besi). Saklar atau kontaktor relay dikendalikan menggunakan tegangan listrik yang diberikan ke induktor pembangkit magnet untuk menarik armatur tuas saklar atau kontaktor relay. Relay yang ada dipasaran terdapat berbagai bentuk dan ukuran dengan tegangan kerja dan jumlah saklar yang bervariasi.

Relay dibutuhkan dalam rangkaian elektronika sebagai eksekutor sekaligus interface antara beban dan sistem kendali elektronik yang berbeda sistem power supplynya. Secara fisik antara saklar atau kontaktor dengan elektromagnet relay terpisah sehingga antara beban dan sistem kontrol terpisah.

Relay elektro mekanik memiliki kondisi saklar atau kontaktor dalam 3 posisi. Ketiga posisi saklar atau kontaktor relay ini akan

berubah pada saat relay mendapat tegangan sumber pada elektromagnetnya. Ketiga posisi saklar relay tersebut adalah : Posisi *Normally Open* (NO), yaitu posisi saklar relay yang terhubung ke terminal NO (Normally Open). Kondisi ini akan terjadi pada saat relay mendapat tegangan sumber pada elektromagnetnya. Posisi *Normally Colse* (NC), yaitu posisi saklaar relay yang terhubung ke terminal NC (Normally Close). Kondisi ini terjadi pada saat relay tidak mendapat tegangan sumber pada elektromagnetnya. Posisi *Change Over* (CO), yaitu kondisi perubahan armatur sakalr relay yang berubah dari posisi NC ke NO atau sebaliknya dari NO ke NC. Kondisi ini terjadi saat sumber tegangan diberikan ke elektromagnet atau saat sumber tegangan diputus dari elektromagnet relay.²



Gambar 2.19. Driver relay

Sumber : [http://www.amazon.com/Kootek-4-Channel-Relay-Module-](http://www.amazon.com/Kootek-4-Channel-Relay-Module-Arduino/dp/B00C59RNPE)

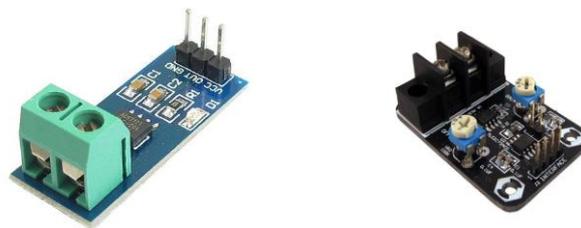
[Arduino/dp/B00C59RNPE](http://www.amazon.com/Kootek-4-Channel-Relay-Module-Arduino/dp/B00C59RNPE)

² <http://elektronika-dasar.web.id/teori-relay-elektro-mekanik/> (diakses 30 Oktober 2015)

2.1.10. Sensor Arus ACS 712

Sensor adalah peralatan yang digunakan untuk merubah suatu bentuk besaran fisik menjadi suatu bentuk besaran listrik sehingga dapat dianalisa menggunakan rangkaian listrik tertentu. Dalam suatu rangkaian elektronik terdapat tegangan, arus dan hambatan yang saling berhubungan. Ampere meter adalah alat untuk mengukur arus yang mengalir pada suatu rangkaian elektronik.³ Arus listrik yang mengalir pada suatu konduktor menimbulkan medan magnet. Oleh sebab itu arus listrik dapat diukur dengan besarnya medan magnet. Medan magnet dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain:

1. Besar arus listrik
2. Jarak medan magnet terhadap suatu titik pengukuran
3. Arah medan magnet yang terbentuk



Gambar 2.20 Sensor arus ACS 712 Sumber :

<http://i00.i.aliimg.com/wsphoto/v0/32315580378/ACS712-Current-Sensor-Module-Detector-20-Amps-font-b-Amperage-b-font-Range.jpg>

³<http://hgenius-electrical-eng.blogspot.com/2011/03/sensor-arus.html> diakses 23 mei 2014

Modul Sensor ACS 712 merupakan sebuah sensor arus AC/ DC linear yang ekonomis dan presisi dengan batasan arus yang dapat dibaca hingga 20 Ampere. ACS712 banyak digunakan pada bidang industri, telekomunikasi dan juga komersil. ACS712 sangat mudah diimplementasikan dan digunakan. ACS712 biasanya diaplikasikan untuk kontrol motor, deteksi dan manajemen beban, power supply mode switces dan sistem proteksi arus lebih.⁴

ACS712 memiliki kepresisian, offset rendah, circuit linear Hall sensor dengan sebuah konduksi tembaga yang berdekatan dengan permukaan inti IC. Penerapan aliran arus melalui jalur konduksi tembaga menghasilkan medan magnet yang akan di ukur oleh IC dan dikonversi menjadi nilai tegangan. Modul ini merupakan rangkaian lengkap yang dibutuhkan untuk dapat mengoperasikan ACS712 sebagai pembaca arus, baik AC maupun DC. Pada modul ini, tidak lagi diperlukan komponen tambahan, hanya diperlukan Supply 5V, Ground saja untuk dapat mengoperasikannya. Untuk membaca nilai arus dapat dilakukan pada pin Vout. Dengan modul ini, akan memudahkan anda dalam hal pembacaan nilai arus.

Berikut adalah beberapa spesifikasi dari ACS712 :

1. Menggunakan sensor arus listrik terkalibrasi produk allegro MicroSystem, sebagai komponen utama.

⁴<https://splashtronic.wordpress.com/tag/sensor-2/>(diakses 15 Oktober 2015)

2. Masukan (input) menggunakan dua pasang terminal power hitam yan mampu menahan arus yang besar,sehingga mudah dalam instalasi.
3. Keluaran(output) menggunakan tiga terminal power hijau.
4. Maksimal pengukuran : 5 A.
5. Sensivitas keluaran : 100 mV/A (analog).
6. Tegangan keluaran proposional terhadap arus masukan (input) AC ataupun DC.
7. Tegangan offset keluaran yang sangat stabil.
8. Hysterisis akibat medan magnet mendekati nol.
9. Rasio keluaran sesuai dengan sumber.
10. Tegangan sumber : 4.5 VDC – 5.5 VDC.

2.1.11. Kerangka Berpikir

Saat ini penggunaan energi listrik menjadi kebutuhan pokok, ditambah lagi dengan peralatan elektronik rumah tangga menggunakan daya listrik cukup besar. Penggunaan listrik dapat dilakukan dengan melalui jalur stop kontak dan melalui saklar. Sedangkan untuk membatasi penggunaan jumlah daya yang digunakan dalam suatu instalasi pada umumnya digunakan alat *Miniature Circuit Breaker* (MCB). MCB akan memutuskan arus listrik secara seketika daya yang digunakan dalam suatu instalasi melewati batas daya yang tertera pada MCB. Terjadinya pemutusan seketika tersebut akan menyebabkan

penurunan kualitas peralatan-peralatan listrik, serta dapat menimbulkan terjadinya peningkatan jumlah penggunaan daya ketika proses nyala-mati. Oleh karena itu diperlukan suatu sistem yang mampu memnatau penggunaan daya agar dapat mencegah terjadinya pemutusan aliran listrik secara seketika. Selain dapat membatasi penggunaan jumlah daya, sistem juga harus mampu bekerja kembali secara otomatis tanpa bantuan manusia (manual).

Sistem dengan menggunakan Arduino Nano sebagai control sistemnya. Dimana Arduino berfungsi setelah mendapat tegangan input 5 VDC, dan mengeluarkan tegangan output 5Vdc untuk mengontak relay yang tersambung ke kontaktor sehingga arus dari PLN masuk ke MCB. Setelah arus masuk dan melewati MCB akan diteruskan ke sensor arus ACS712 sebagai pembaca arus sebelum ke beban. Sensor arus ACS712 ini sebagai pembaca arus yang outpunya dikonversikan ke program arduino yang disetting arus maksimalnya adalah 2A. ketika arus pada beban mencapai 2A maka program arduino akan memutuskan tegangan yang ke relay sehingga arus dari PLN akan terputus. Pada program arduino ketika arus mencapai 2A dan relay sudah off dan delay 10s maka relay kembali on dan arus tersambung lagi ke kontaktor.

Berdasarkan hal tersebut, maka akan di rancang sebuah sistem untuk mengontrol penggunaan energi listrik yaitu *Pembatas Arus Otomatis Berbasis Mikrokontroler*.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Tempat dan Waktu Penelitian

Tempat penelitian dilakukan di Laboratorium Bengkel Motor Listrik Fakultas Teknik Universitas Negeri Jakarta yang beralamat di jalan Rawamangun Muka, Jakarta Timur. Penelitian ini akan dilaksanakan pada tahun akademik 2015-2016.

3.2. Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan yaitu metode eksperimen laboratorium yaitu dengan membuat pembatas arus otomatis berbasis mikrokontroler untuk menghidupkan dan mematikan (on-off) arus secara otomatis tanpa campur tangan dari operator ketika overcurrent(trip). Langkah awal dalam penelitian ini dimulai dengan membuat rancangan alat terlebih dahulu, kemudian pembuatan alat berdasarkan perancangan yang dibuat dan dilanjutkan dengan pengujian alat.

3.3. Rancangan Penelitian

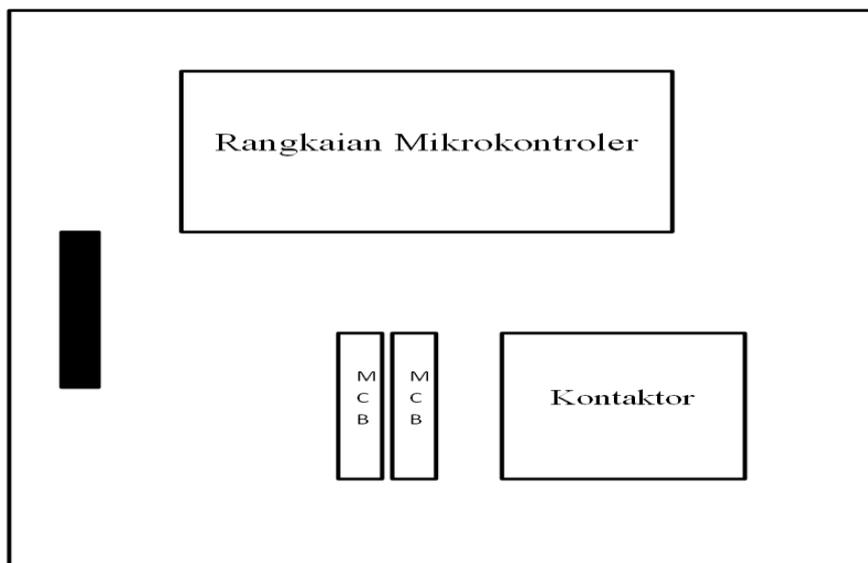
Rancangan pada panel pembatas arus otomatis berbasis mikrokontroler dibuat dengan dua operasi transfer, yaitu operasi secara manual dan operasi secara otomatis. Pada operasi secara manual berfungsi untuk emergency ketika ada kerusakan pada sensor arus, dengan memposisikan MCB sebagai pembatas arusnya. Sedangkan operasi secara otomatis berfungsi untuk menghidupkan dan mematikan (on-off) arus secara otomatis ketika terjadi overcurrent / trip. Dengan

pembatasan arus sebesar 2A. Pada rangkaian otomatis ini memposisikan relay dan kontaktor sebagai saklar otomatis.

3.3.1 Rancangan Desain Alat

Langkah awal dalam pembuatan desain pembatas arus otomatis berbasis mikrokontroler ini dibuat menggunakan beberapa komponen dan bagian dalam box panel. Fungsi dari bagian dalam box panel sebagai tempat dudukan untuk menaruh komponen – komponen yang akan digunakan, agar komponen tersebut dapat tersusun dengan rapih dan tidak terlihat berantakan.

Proses selanjutnya yaitu membuat gambar skema rancangan untuk penempatan komponen - komponen pada bagian dalam box pan



Gambar 3.1. Rancangan gambar bagian dalam panel

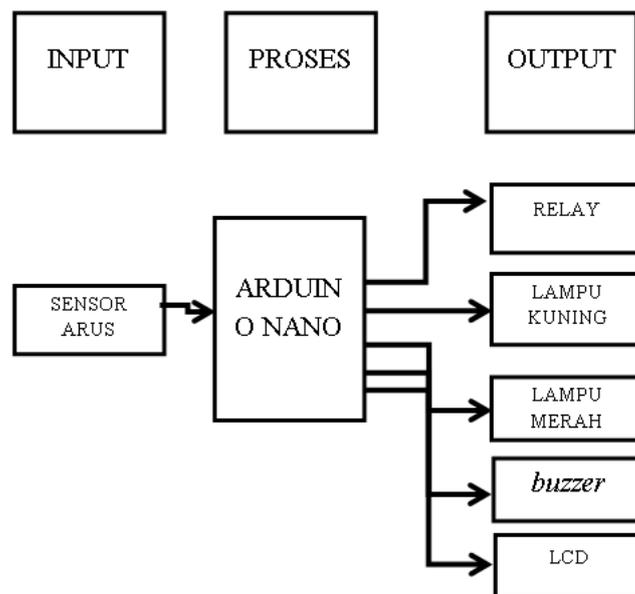
Sumber: dokumen pribadi

3.3.2. Perancangan Alat

Pada perancangan panel pembatas arus otomatis berbasis mikrokontroler terlebih dahulu dibuat gambar rancangan rangkaian alat. Pada rangkain ini kondisi yang harus diperhatikan dalam pembacaan arus adalah dipastikanya sensor arus masih dalam keadaan baik.

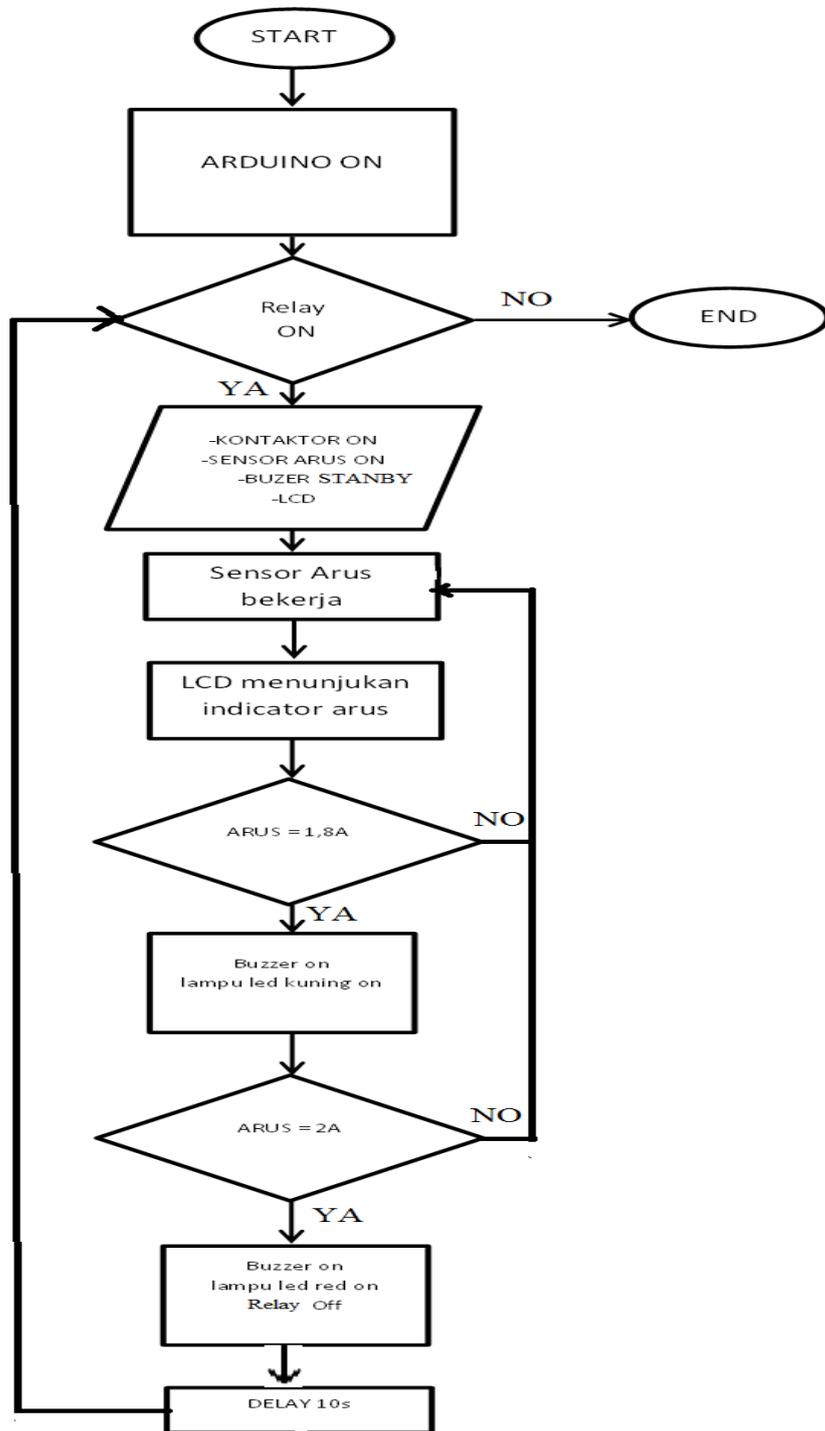
Berikut blog diagram dan flowchart langkah kerja alat pembatas arus otomatis berbasis mikrokontroler

:

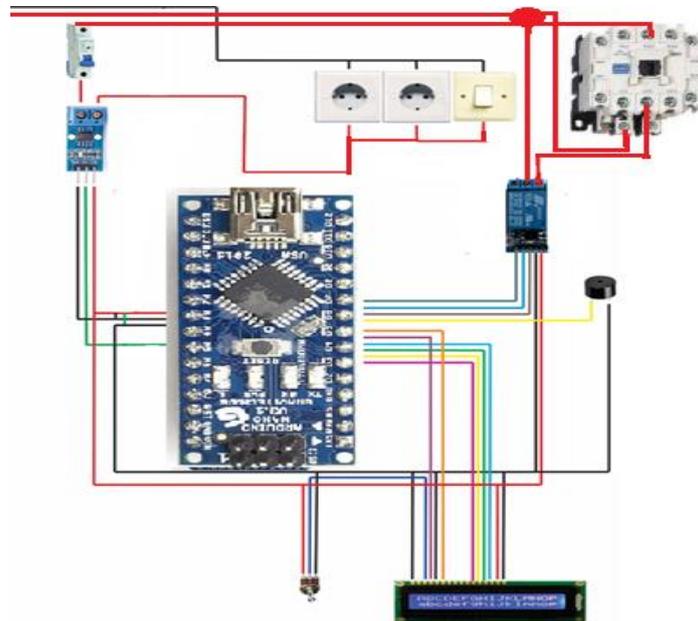


Gambar 3.2.. Blok diagram

Sumber : Dokumen pribadi



Gambar 3.3. flowchart
 Sumber: dokumen pribadi



Gambar 3.4. Rangkaian Alat
Sumber: dokumen pribadi

Pada gambar rangkaian diatas, sumber utama masuk ke kontaktor, relay dan arduino (5VDC). Sedangkan suplay ke beban pemakai disambung melalui koil kontaktor yang terhubung pada MCB serta sensor arus.

Untuk gambar rangkaian mikrokontroler dengan Arduino Nano, berikut penjelasannya:

- a. Pin A3 merupakan *input* dari sensor ACS 712.
- b. Pin A5 merupakan *output* ke *relay* untuk menyalakan / mematikan beban listrik.
- c. Pin 12 merupakan *output* ke LCD 16x2 pin D4.
- d. Pin 11 merupakan *output* ke LCD 16x2 pin D5.
- e. Pin 10 merupakan *output* ke LCD 16x2 pin D6.

- f. Pin 9 merupakan *output* ke LCD 16x2 pin D7.
- g. Pin 8 merupakan *output* ke LCD 16x2 pin E.
- h. Pin 7 merupakan *output* ke LCD 16x2 pin RS.
- i. Pin A1 merupakan *output* ke *buzzer* untuk memperingatkan penggunaan daya berlebih.

```

sketch_jan04d | Arduino 1.6.7
File Edit Sketch Tools Help
sketch_jan04d
#include <LiquidCrystal.h>
double temp_amp=0.0; //gunakan tipe data double pada penampung
float temps, adcVolt, cal_value;
unsigned long calTime=0, time_cal=10 ;
boolean on_calibrasi=false;
int alarm = A1;
int lk = 4;
int lr = 5;
int relay = A5;
LiquidCrystal lcd(12, 11, 10, 9, 8, 7);

void setup(){
  pinMode (alarm, OUTPUT);
  pinMode (lk, OUTPUT);
  pinMode (lr, OUTPUT);
  pinMode (relay, OUTPUT);
}

```

Arduino Nano, ATmega328 on COM3

Gambar 3.5. Rancangan Program Arduino

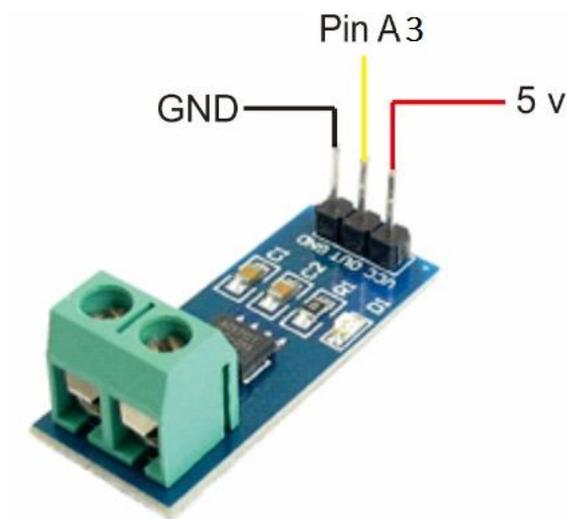
Sumber: dokumen pribadi

3.3.3. Perakitan Alat

Alat yang dirancang merupakan *prototype* detektor dan *software* antarmuka IDE yang mampu memonitor dan membatasi arus pada jaringan listrik di sebuah bangunan sederhana. Dengan demikian seorang teknisi tidak perlu selalu melihat ke lokasi jaringan listrik, karena monitoring dan membatasi dapat dilakukan secara otomatis melalui mikrokontroler.

Kondisi arus dideteksi melalui sensor sebagai *input* Arduino dan

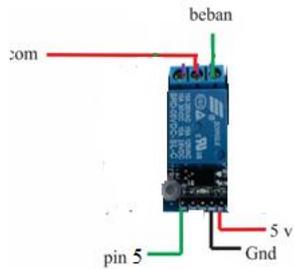
dikomunikasikan ke relay mengontak kontaktor sehingga on-off secara otomatis., dalam hal ini sensor yang digunakan adalah sensor arus, dan sebagai pemutus dan penyambung jaringan listrik menggunakan relay DC kontaktor. Sebagai emergency breaker menggunakan MCB



Gambar 3.6 Rangkaian sensor arus ACS 712

Sumber: Dokumen pribadi

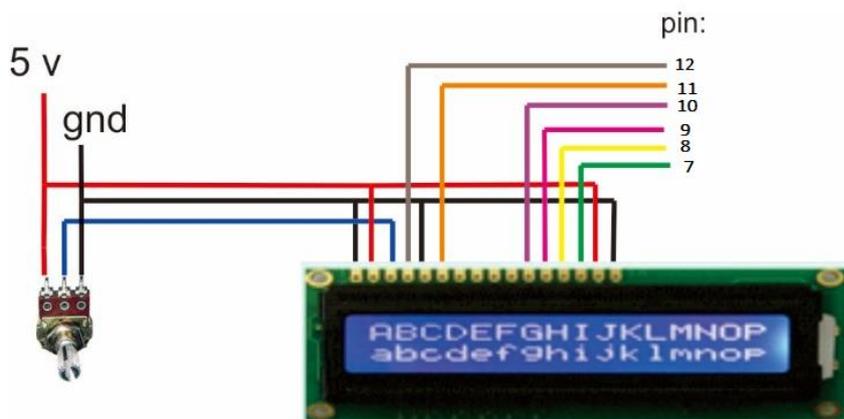
Gambar 3.6 menunjukkan rangkaian sensor arus ACS 712 yang digunakan pada prototipe untuk membaca arus yang terpakai. Salah satu kaki ACS 712 dihubungkan ke sumber tegangan 5 V yang dipasok dari pin 5 V arduino. Kemudian kaki yang lainnya dihubungkan pin A3 arduino. Kaki lainnya dihubungkan ke pin GND arduino.



Gambar 3.7 Rangkaian *driver relay*

Sumber: Dokumen pribadi

Gambar 3.7. menunjukkan rangkaian *driver relay* yang digunakan pada prototipe sebagai saklar pemutus dan penghubung *stop* kontak, saklar secara otomatis yang dikendalikan oleh arduino Nano 2560. *Channel 1* dihubungkan ke pin out A5, kaki vcc dihubungkan ke sumber tegangan 5 V, dan pin ground hubungkan ke ground arduino.



Gambar 3.8 Rangkaian LCD 16x2

Sumber: Dokumen pribadi

Gambar 3.8 menunjukkan rangkaian LCD 16x2 yang digunakan pada prototipe untuk menampilkan waktu dan besarnya intensitas cahaya. Rangkaian LCD 16x2 ini menggunakan potensiometer untuk mengatur kontras dari tulisan pada LCD tersebut. Pin VCC, A (Anoda) pada LCD dan kaki bagian kiri potensiometer dihubungkan ke sumber tegangan 5 V yang dipasang dari pin 5 V arduino. Kemudian pin GND, K (Katoda), RW pada LCD dan kaki bagian kanan potensiometer dihubungkan ke pin GND arduino. Selanjutnya pin E, RS, D4, D3, D2, D1 pada LCD secara berurutan dihubungkan ke pin 7, 8, 9, 10, 11, 12 arduino. Selain itu, pin V0 pada LCD dihubungkan ke kaki bagian tengah potensiometer



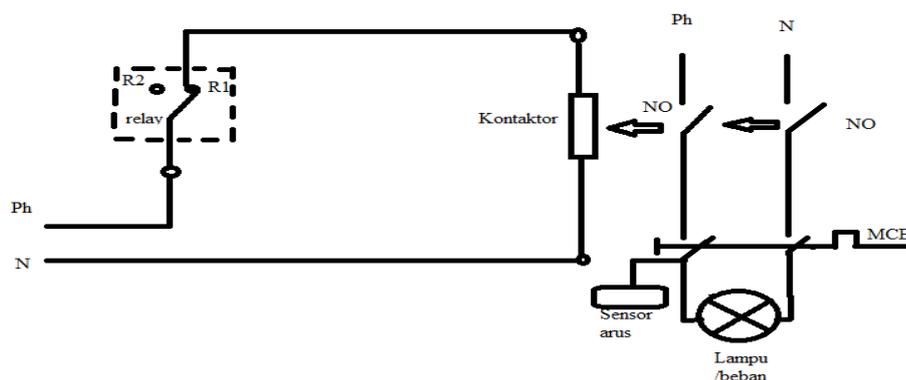
Gambar 3.9 Rangkaian *buzzer*

Sumber: Dokumen pribadi

Gambar 3.9 menunjukkan rangkaian *buzzer* yang digunakan pada prototipe untuk memperingati beban lebih. Salah satu kaki *buzzer* dihubungkan ke pin A1. Ujung lainnya dihubungkan ke pin 33 pin GND arduino.

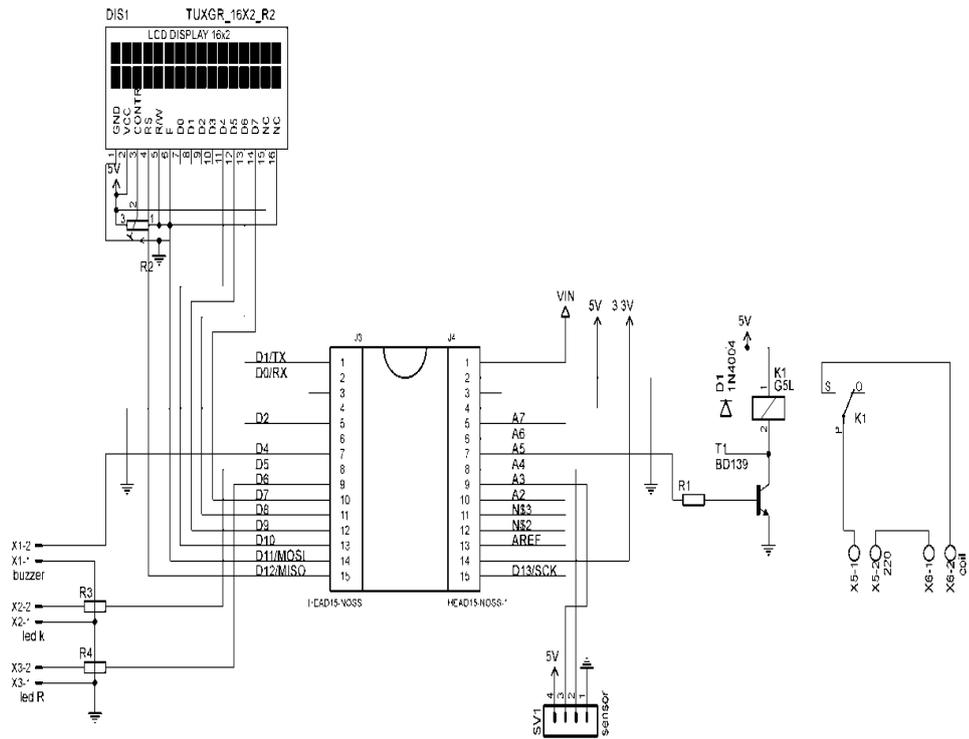
3.4 Deskripsi Cara Alat Kerja

1. Supply dari PLN masuk ke relay .
2. Suplly 5v untuk mengaktifkan Arduino Nano.
3. Ketika Arduino Nano ON maka suplly dari PLN masuk dan Kontaktor ON.
4. MCB (Mini Circuit Breaker) ON maka sesor arus membaca arus yang digunakan pada pemakaian.
5. LCD (Liquid Crystal Display) akan menampilkan seberapa besar arus yang digunakan.
6. Ketika beban mencapai 418 *watt* maka *buzzer* akan menyala dalam detak 3 hitungan.
7. Ketika beban mencapai 440 *watt* maka *buzzer* akan menyala dalam detak 1 hitungan, dan salah satu *relay* akan bekerja dan memutuskan hubungan listrik di kontaktor yang akan digunakan selanjutnya.



Gambar 3.10 Schematic Project

Sumber: Dokumen pribadi



Gambar 3.11. Rangkaian Schematic Mikrokontroler

Sumber: dokumen pribadi

3.5 Alamat *Input/Output* Arduino Nano

3.5.1 Alamat *Input* Arduino Nano

Prototipe sistem pengawasan dan pengendalian beban listrik rumah tangga berbasis arduino Nano memiliki 2 *input* dengan alamat dan keterangan seperti yang ditunjukkan oleh tabel 3.1 berikut ini :

Tabel 3.1 Alamat *Input* Arduino Nano

No.	<i>Input</i>	Alamat	Keterangan
1.	Sensor ACS 712	Pin A3	Membaca arus pemakaian arus listrik

3.5.2 Alamat *Output* Arduino Nano

Prototype sistem pengawasan dan pengendalian beban listrik rumah tangga berbasis Arduino Nano memiliki 6 *output* dengan alamat dan keterangan seperti yang ditunjukkan oleh tabel 3.3 berikut ini:

Tabel 3.2 Alamat *Output* Arduino Nano

No.	<i>Output</i>	Alamat	Keterangan
1.	Relay	A5	Sebagai saklar otomatis
2.	LCD 16x2	Pin 12,11,10,9,8,7	Menampilkan penggunaan beban
3.	<i>Buzzer</i>	Pin A1	Indikator penggunaan beban lebih

3.6 Instrumen Penelitian

Instrumen penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah lembar pengamatan untuk mencatat hasil pengujian, berbentuk analisis pengujian secara terbuka. Dalam pengujian alat, dilakukan dengan pengujian sistem otomatis.

Dalam sistem kerja otomatis sumber utama yang digunakan adalah sumber milik PLN. Sistem kerja otomatis berfungsi ketika arus

melebihi batas yang sudah ditentukan maka kontaktor akan off, ketika arus sudah normal kontaktor kembali on lagi.

Dalam sistem kerja manual sumber utama yang digunakan sumber milik PLN. Dalam sistem kerja manual menggunakan MCB sebagai emergency breaker ketika rangkaian sensor arus mengalami kerusakan.

3.7 Kriteria Pengujian Alat

Pengujian alat dilaksanakan ketika alat telah jadi dan siap digunakan. Pengujian dilakukan untuk mengetahui apakah pembatas arus otomatis berbasis mikrokontroler dapat bekerja secara optimal untuk membaca arus dan memonitoringnya, serta secara otomatis untuk memutuskan dan menghubungkan arus.

Pengujian pembatas arus otomatis berbasis mikrokontroler dilakukan pada operasi sistem otomatis. Pengujian ini dilakukan untuk memastikan alat dapat bekerja sesuai dengan yang diharapkan.

1. Pengujian Sensor arus ACS712

Tabel 3.3. Pengujian alat

No.	Kriteria Pengujian	Gambar	Hasil
1	0.5A		
2.	1A		
3.	2A		

2. Pengujian Relay

Tabel 3.4. Pengujian alat

No.	Kriteria Pengujian	Output	Hasil
1	Input 5VDC “NO”		

3. Pengujian LCD

Tabel 3.5. Pengujian alat

No.	Kriteria Pengujian	Gambar	Hasil
1	Input 5 VDC “Hellow Word”		
2.	Input 5VDC Baris 1 (“1-16”) Baris 2 (“A-P”)		
3.	Input 5VDC Baris 1 (“Normal”) Baris 2 (“Overcurrent”)		

4. Pengujian Buzzer

Tabel 3.6. Pengujian alat

No.	Kriteria Pengujian	Gambar	Hasil
1	Input 5VDC		

400 Watt								
300 Watt								
200 Watt								
100 Watt								
Rata-Rata								

*catatan : Batas Arus max adalah 2A

3.8 Teknik Analisa Data

Teknik analisis data yang digunakan dalam penelitian ini adalah teknik analisis data kualitatif dimana data-data yang diperoleh akan dijadikan pertimbangan dalam menentukan kualitas dari sistem pembacaan arus yang telah dibuat. Dengan menggunakan berbagai data sekunder maka akan dapat menggali lebih dalam melalui analisisnya sendiri.

BAB IV

HASIL PENELITIAN

4.1. Hasil Penelitian

4.1.1. Pembuatan Pembatas Arus Otomatis berbasis Mikrokontroler

Sesuai dengan perencanaan penelitian yang dijabarkan pada Bab III, penelitian pun dilakukan sesuai dengan yang diperkirakan pada butir Perencanaan Penelitian. Dalam proses penelitian, hal pertama yang harus dilakukan dalam pembuatan saklar otomatis berbasis mikrokontroler adalah rancangan pembuatan gambar rangkaian pembatas arus otomatis. Proses ini dilakukan untuk mempermudah dalam penempatan komponen - kompoenen dan perakitan alat. Dalam merancang panel saklar otomatis berbasis mikrokontroler harus mengetahui fungsi dari masing - masing komponen.



Gambar 4.1. Alat Pembatas Arus
Sumber: dokumen pribadi

Dalam pembuatan pematas arus otomatis berbasis mikrokontroler ini menggunakan komponen sebagai berikut :

1. Blok power
 - a. Kontaktor
 - b. MCB
2. Blok Kendali
 - a. Arduino Nano
 - b. Relay
 - c. Sensor Arus ACS712
 - d. Buzzer
 - e. Lampu led
 - f. LCD
 - g. Resistor
 - h. Dioda

Keterangan dan fungsi :

- a. Blok power



Gambar 4.2. Blok Power
Sumber: dokumen pribadi

1. Kontaktor berfungsi sebagai pemutus dan penyambung arus.
 2. MCB berfungsi sebagai emergency breaker ketika sensor arus tidak bekerja.
- b. Blok Kontrol



Gambar 4.3. Blok Kontrol
Sumber: dokumen pribadi

1. Sensor arus berfungsi sebagai input dari Arduino dan pembaca arus terpakai.
2. Arduino Nano berfungsi sebagai pembatas arus dan pengolah data input dari sensor arus, kemudian hasil tersebut dikonversikan menjadi perintah untuk mengontak relay, menyalakan buzzer dan Lampu Led serta menampilkan data pada LCD.
3. Buzzer berfungsi sebagai alarm ketika arus sudah mendekati batas yang ditentukan.
4. Lampu Led berfungsi sebagai indikator ketika alarm berbunyi dan overload.
5. LCD berfungsi untuk menampilkan data yang terbaca oleh sensor arus.

Proses selanjutnya setelah pemasangan komponen – komponen yaitu proses perakitan. Dalam proses perakitan, mengikuti gambar dari rencana pelaksanaan pembuatan alat.

4.1.2. Pengujian Alat

Untuk mengetahui kinerja dari alat yang telah dibuat, maka dilakukan pengujian pada alat. Seperti yang telah dibahas di-bab sebelumnya pada bagian kriteria pengujian alat, maka pengujian alat-pun dilakukan berdasarkan yang telah dibahas.

5. Pengujian Sensor arus ACS712

Tabel 4.1. Pengujian alat

No.	Kriteria Pengujian	Output	Hasil
1	0.5A	2,5 Vdc	Output Analog
2.	1A	2,5 Vdc	Output Analog
3.	2A	2,5 Vdc	Output Analog

6. Pengujian Relay

Tabel 4.2. Pengujian alat

No.	Kriteria Pengujian	Output	Hasil
1	Input 5VDC “NO”	NC	berhasil

Pada pengujian relay ini input relay diberi tegangan dari arduino 5VDC dengan keadaan awal adalah kontak NO, setelah tegangan 5Vdc sampai ke relay kontak berubah menjadi NC.

7. Pengujian LCD

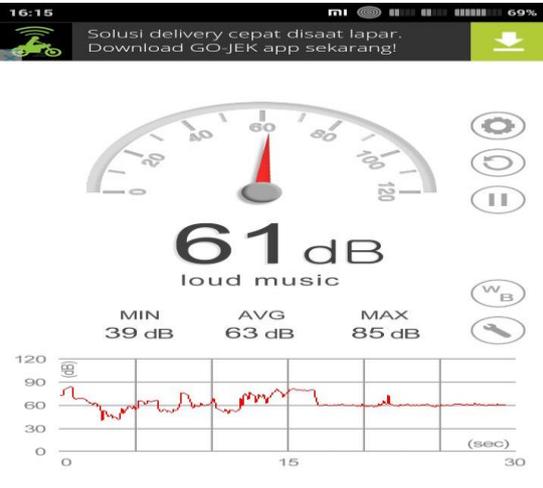
Tabel 4.3. Pengujian alat

No	Kriteria Pengujian	Gambar	Hasil
1	Input 5 VDC "Hellow Word"		Sesuai
2.	Input 5VDC Baris1 (“Abcdefghijklmnop”) Baris 2 (“1234567890”)		sesuai

3.	Input 5VDC Baris 1 (“Normal”) Baris 2 (“Overcurrent”)		Sesuai
----	--	--	--------

8. Pengujian Buzzer

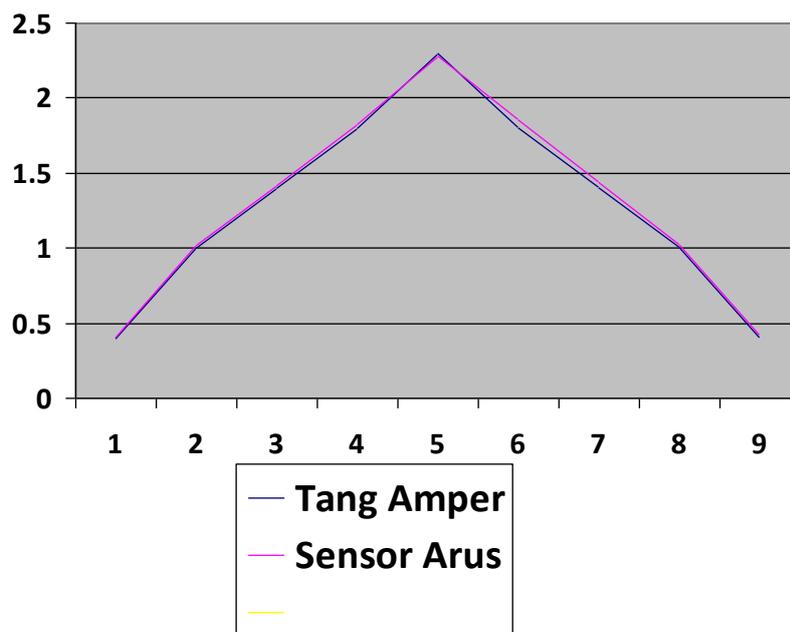
Tabel 4.4. Pengujian alat

No	Kriteria Pengujian	Gambar	Hasil
1	Input 5VDC		Dengan menggunakan sound meter hasilnya adalah 61 dB

Tabel 4.5. Hasil Pengujian

Beban	Arus ke beban	Lampu Indiator (Kuning/ Merah)	Buzzer	Arus pada LCD	Tang Amper	Kesalahan	Range	keterangan
100 Watt	on	off	off	0,41	0,4	0.01	2.5%	Sesuai
200 Watt	on	off	off	1.02	1.0	0.02	2.5%	Sesuaia
300 Watt	0n	off	off	1,42	1,4	0.02	2.5%	Sesuai
400 Watt	0n	On Led Kuning	on	1,83	1,8	0.03	2.5%	Sesuai
500 Watt	off	On Led Merah	off	2,28	2,3	0.05	2.5%	Sesuai
400 Watt	on	On Led Kuning	On	1.85	1.8	0.05	2.5%	Sesuai

300 Watt	on	off	Off	1.44	1.4	0.04	2.5%	Tidak Sesuai
200 Watt	on	off	Off	1.02	1.0	0.02	2.5%	Sesuai
100 Watt	On	off	Off	0.42	0.4	0.02	2.5%	Sesuai
Rata-Rata						0.02	2.5%	Sesuai



Gambar.4.4. Grafik Pengukuran

Sumber : Dokumen Pribadi

4.2. Pembahasan

Pembuatan pembatas arus otomatis berbasis mikrokontroler merupakan eksperimen yang dijadikan sistem pembatas arus dan sistem saklar otomatis berdasarkan arus yang terpakai.

Pada alat yang telah dibuat pembatas arus otomatis berbasis mikrokontroler bekerja berdasarkan sistem operasi otomatis.

Sistem operasi otomatis dimana sistem ini bekerja tanpa adanya campur tangan operator. Sistem operasi proses ini membutuhkan tegangan input 5Vdc untuk mengaktifkan arduino. Ketika arduino sudah aktif maka sesuai dengan program yang telah dibuat tegangan 5Vdc akan dibagi ke relay, buzzer, LCD dan lampu Led. Dalam program yang dibuat ketika arduino aktif maka akan mengontak relay sehingga dari NO akan menjadi NC, serta mengaktifkan LCD dan sensor arus. Ketika relay sudah berubah menjadi NC maka arus dari PLN akan dihubungkan ke kontaktor dan MCB, kemudian masuk ke sensor arus dan beban. Setelah itu jika arus melebihi batas arus yang sudah ditentukan. Sensor arus ACS712 akan mentransfer data ke arduino dan kemudian arduino mengontak relay yang akan memutuskan arus pada kontaktor.

Pada saat arus hampir mendekati arus 1.8A maka buzzer dan lampu led akan menyala sebagai tanda peringatan. Ketika arus sudah mencapai atau lebih dari 2A maka relay akan memutus arus dari kontaktor.

Dari pembahasan yang telah dijabarkan, alat yang telah dibuat memiliki kelebihan juga kekurangan dalam kinerjanya, yaitu :

1. Kelebihan Alat :

- a. Pembatas arus otomatis berbasis mikrokontroler dapat berfungsi sebagai pembatas arus otomatis ketika ada overcurrent.
 - b. Pembatas arus otomatis berbasis mikrokontroler dapat menonitoring pemakaian arus
2. Kekurangan Alat :
1. Belum ada sensor tegangan untuk membaca tengangan sehingga dapat mendapatkan pembacaan beban.
 2. Pembacaan arus yang belum stabil.
 3. Pembuatan Pembatas arus otomatis berbasis mikrokontroler ini masih menggunakan relay – relay mekanik dan beberapa timer sehingga kurang baik dari segi kehandalannya.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Pembatas arus otomatis berbasis mikrokontroler dapat bekerja secara otomatis untuk menghubungkan dan memutuskan arus pada instalasi rumah sederhana.
2. Pembatas arus otomatis berbasis mikrokontroler adalah sebuah sistem pembatas arus secara otomatis dengan menggunakan relay dan kontaktor.
3. Pada sistem kerja Pembatas arus otomatis berbasis mikrokontroler yaitu menggunakan Arduino Nano sebagai control sistemnya.
4. Saklar otomatis yang dibuat berdasarkan pembacaan arus yang terpakai maksimal 2A.

5.2. Saran

Berdasarkan kesimpulan di atas maka dapat dikemukakan saran sebagai berikut :

1. Dalam proses pembuatan alat ada baiknya komponen yang dibeli harus dites dan dicoba terlebih dahulu sehingga komponen yang akan digunakan benar-benar bagus dan sesuai dengan yang diharapkan.
2. Dalam mengoperasikan Pembatas arus otomatis berbasis mikrokontroler ini, hal utama yang harus di perhatikan adalah kerapian dalam membuat rangkaian mikrokontrolernya.
3. Banyak melakukan bimbingan atau konsultasi dengan pihak-pihak lain sehingga dapat memunculkan ide-ide dan pengetahuan baru baik dalam penyempurnaan alat maupun dalam penulisan dan pembuatan laporan.

DAFTAR PUSTAKA

Nindy Zoraya, "Pengertian ,Sistematika, dan contoh Rancangan penelitian"
<https://nindyzoraya.wordpress.com/2012/04/20/pengertian-sistematika-dan-contoh-rancangan-penelitian/>.

Tim Penyusun Fakultas Teknik, Universitas Negeri Jakarta. 2012. *Buku Pedoman Skripsi / Komprehensif / Karya Inovatif (SI)*. Jakarta: Fakultas Teknik, Universitas Negeri Jakarta

Kadir, A. (2012). *Panduan Praktis Mempelajari Aplikasi Mikrokontroler dan Pemrogramannya menggunakan Arduino*. Yogyakarta: Andi.

Istiyanto, J. E. (2014). Pengantar Elektronika dan Instrumen. In *Pendekatan Project Arduino dan Android*. Yogyakarta: Andi.

<http://kip.bppt.go.id/index.php/prototipe/definisi-alih-teknologi>

<https://mechatronicscrew.wordpress.com/praktikum/praktikum-mekatronika/mikrokontroler/>

<http://elektronika-dasar.web.id/teori-relay-elektro-mekanik/>

<http://hgenius-electrical-eng.blogspot.com/2011/03/sensor-arus.html>

<https://splashtronic.wordpress.com/tag/sensor-2/>

<http://egineeringbuilding.blogspot.com/2011/02/panel-ats-dan-amf.html?m=1>

<http://sugestiku.blogspot.com/2013/01/push-button-limit-switch-relay.html?m=1>

<http://sukasukapaktri.blogspot.com/2013/06/selector-switch.html?m=1>

<http://ahmadaminudin311.blogspot.com/2012/02/pengertian-kontaktor-magnetik.html>

<http://trikueni-desain-sistem.blogspot.com/2014/04/pengertian-MCB.html?m=1>