

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sejarah Mikrokontroler

Mikrokontroler adalah sebuah sistem komputer fungsional dalam sebuah *chip*. Di dalamnya terkandung sebuah inti prosesor, memori (sejumlah kecil RAM, memori program, atau keduanya), dan perlengkapan *input output*.

Dengan kata lain, mikrokontroler adalah suatu alat elektronika *digital* yang mempunyai masukan dan keluaran serta kendali dengan program yang bisa ditulis dan dihapus dengan cara khusus, cara kerja mikrokontroler sebenarnya adalah membaca dan menulis data. Mikrokontroler merupakan komputer didalam *chip* yang digunakan untuk mengontrol peralatan elektronik, yang menekankan efisiensi dan efektifitas biaya. Secara harfiah bisa disebut “pengendali kecil” dimana sebuah sistem elektronik yang sebelumnya banyak memerlukan komponen-komponen pendukung seperti IC TTL dan CMOS dapat direduksi atau diperkecil dan akhirnya terpusat serta dikendalikan oleh mikrokontroler ini.

Mikrokontroler digunakan dalam produk dan alat yang dikendalikan secara otomatis, seperti sistem kontrol mesin, *remote control*, mesin kantor, peralatan rumah tangga, alat berat, dan mainan. Dengan mengurangi ukuran, biaya, dan konsumsi tenaga dibandingkan dengan mendesain menggunakan mikroprosesor memori, dan alat *input output* yang terpisah, kehadiran mikrokontroler membuat kontrol elektrik untuk berbagai proses menjadi lebih ekonomis. Dengan penggunaan mikrokontroler ini maka :

1. Sistem elektronik akan menjadi lebih ringkas.
2. Rancang bangun sistem elektronik akan lebih cepat karena sebagian besar dari sistem adalah perangkat lunak yang mudah dimodifikasi.
3. Pencarian gangguan lebih mudah ditelusuri karena sistemnya yang kompak.

Namun demikian tidak sepenuhnya mikrokontroler bisa mereduksi komponen IC TTL dan CMOS yang seringkali masih diperlukan untuk aplikasi kecepatan tinggi atau sekedar menambah jumlah saluran masukan dan keluaran

(I/O). Dengan kata lain, mikrokontroller adalah versi kecil atau mikro dari sebuah komputer karena mikrokontroller sudah mengandung beberapa periferal yang langsung bisa dimanfaatkan, misalnya *port paralel*, *port serial*, komparator, konversi *digital* ke *analog* (DAC), konversi *analog* ke *digital* (ADC) dan sebagainya hanya menggunakan sistem minimum yang tidak rumit atau kompleks.

Agar sebuah mikrokontroller dapat berfungsi, maka mikrokontroller tersebut memerlukan komponen *eksternal* yang kemudian disebut dengan sistem minimum. Untuk membuat sistem minimum, minimal paling tidak dibutuhkan sistem *clock* dan *reset*, walaupun pada beberapa mikrokontroller sudah menyediakan sistem *clock internal*, sehingga tanpa rangkaian *eksternal* pun mikrokontroller sudah dapat beroperasi.

Untuk merancang sebuah sistem berbasis mikrokontroller, kita memerlukan perangkat keras dan perangkat lunak, yaitu :

1. Sistem minimum mikrokontroller.
2. *Software* pemrograman dan kompiler, serta *downloader*.

Yang dimaksud dengan sistem minimum adalah sebuah rangkaian mikrokontroller yang sudah dapat digunakan untuk menjalankan sebuah aplikasi. Sebuah IC mikrokontroller tidak akan berarti bila hanya berdiri sendiri. Pada dasarnya sebuah sistem minimum mikrokontroller memiliki prinsip yang sama, yang terdiri dari 4 bagian, yaitu :

1. Prosesor, yaitu mikrokontroller itu sendiri.
2. Rangkaian *reset* agar mikrokontroller dapat menjalankan program mulai dari awal.
3. Rangkaian *clock*, yang digunakan untuk memberi detak atau pulsa pada CPU.
4. Rangkaian catu daya, yang digunakan untuk memberi sumber daya.

Pada mikrokontroller jenis-jenis tertentu seperti AVR, poin kedua pada no 2 dan 3 sudah tersedia didalam mikrokontroller tersebut dengan frekuensi yang sudah diatur dari vendornya (biasanya 1MHz,2MHz,4MHz,8MHz), sehingga tidak diperlukan rangkaian tambahan, namun bila ingin merancang sistem dengan spesifikasi tertentu (misal ingin komunikasi dengan PC atau *handphone*), maka harus menggunakan rangkaian *clock* yang sesuai dengan karakteristik PC atau HP

tersebut, biasanya menggunakan kristal 11,0592 MHz, untuk menghasilkan komunikasi yang sesuai dengan *baud rate* PC atau HP tersebut.

Mikrokontroler pertama kali dikenalkan oleh *Texas Instrument* dengan seri TMS 1000 pada tahun 1974 yang merupakan mikrokontroler 4 *bit* pertama. Mikrokontroler ini mulai dibuat sejak 1971, merupakan mikro komputer dalam sebuah *chip*, lengkap dengan RAM dan ROM. Kemudian, pada tahun 1976 *Intel* mengeluarkan mikrokontroler yang menjadi populer dengan nama 8748 yang merupakan mikrokontroler 8 *bit*, yang merupakan mikrokontroler dari keluarga MCS 48. Sekarang di pasaran banyak sekali ditemui mikrokontroler mulai dari 8 *bit* sampai dengan 64 *bit*, sehingga perbedaan antara mikrokontroler dan mikroprosesor sangat tipis. Masing-masing vendor mengeluarkan mikrokontroler dengan dilengkapi fasilitas-fasilitas yang cenderung memudahkan pengguna untuk merancang sebuah sistem dengan komponen luar yang relatif lebih sedikit.

Saat ini mikrokontroler yang banyak beredar dipasaran adalah mikrokontroler 8 *bit* varian keluarga MCS51 (CISC) yang dikeluarkan oleh *Atmel* dengan seri AT89Sxx, dan mikrokontroler AVR yang merupakan mikrokontroler RISC dengan seri ATMEGA8535 (walaupun varian dari mikrokontroler AVR sangatlah banyak, dengan masing-masing memiliki fitur yang berbeda-beda). Dengan mikrokontroler tersebut pengguna (pemula) sudah bisa membuat sebuah sistem untuk keperluan sehari-hari, seperti pengendali peralatan rumah tangga jarak jauh yang menggunakan *remote control televisi*, radio frekuensi, maupun menggunakan ponsel, membuat jam *digital*, termometer *digital* dan sebagainya.

2.2 Mikrokontroler ATmega 16

Mikrokontroler adalah sebuah sistem komputer lengkap dalam satu serpih (*chip*). Mikrokontroler lebih dari sekedar sebuah mikroprosesor karena sudah terdapat atau berisikan ROM (*Read-Only Memory*), RAM (*Read-Write Memory*), beberapa *pin* masukan maupun keluaran, dan beberapa *peripheral* seperti pencacah/pewaktu, ADC (*Analog to Digital converter*), DAC (*Digital to Analog converter*) dan *serial* komunikasi.

Salah satu mikrokontroler yang banyak digunakan saat ini yaitu mikrokontroler AVR. AVR adalah mikrokontroler RISC (*Reduce Instruction Set Compute*) 8 bit berdasarkan arsitektur *Harvard*. Secara umum mikrokontroler AVR dapat dikelompokkan menjadi 3 kelompok, yaitu keluarga AT90Sxx, ATmega dan ATtiny. Pada dasarnya yang membedakan masing-masing kelas adalah memori, *peripheral*, dan fiturnya.

Seperti mikroprosesor pada umumnya, secara *internal* mikrokontroler ATmega 16 terdiri atas unit-unit fungsionalnya *Arithmetic and Logical Unit* (ALU), himpunan register kerja, register dan dekoder instruksi, dan pewaktu beserta komponen kendali lainnya. Berbeda dengan mikroprosesor, mikrokontroler menyediakan memori dalam serpih yang sama dengan prosesornya (*in chip*).

2.2.1 Arsitektur ATmega 16

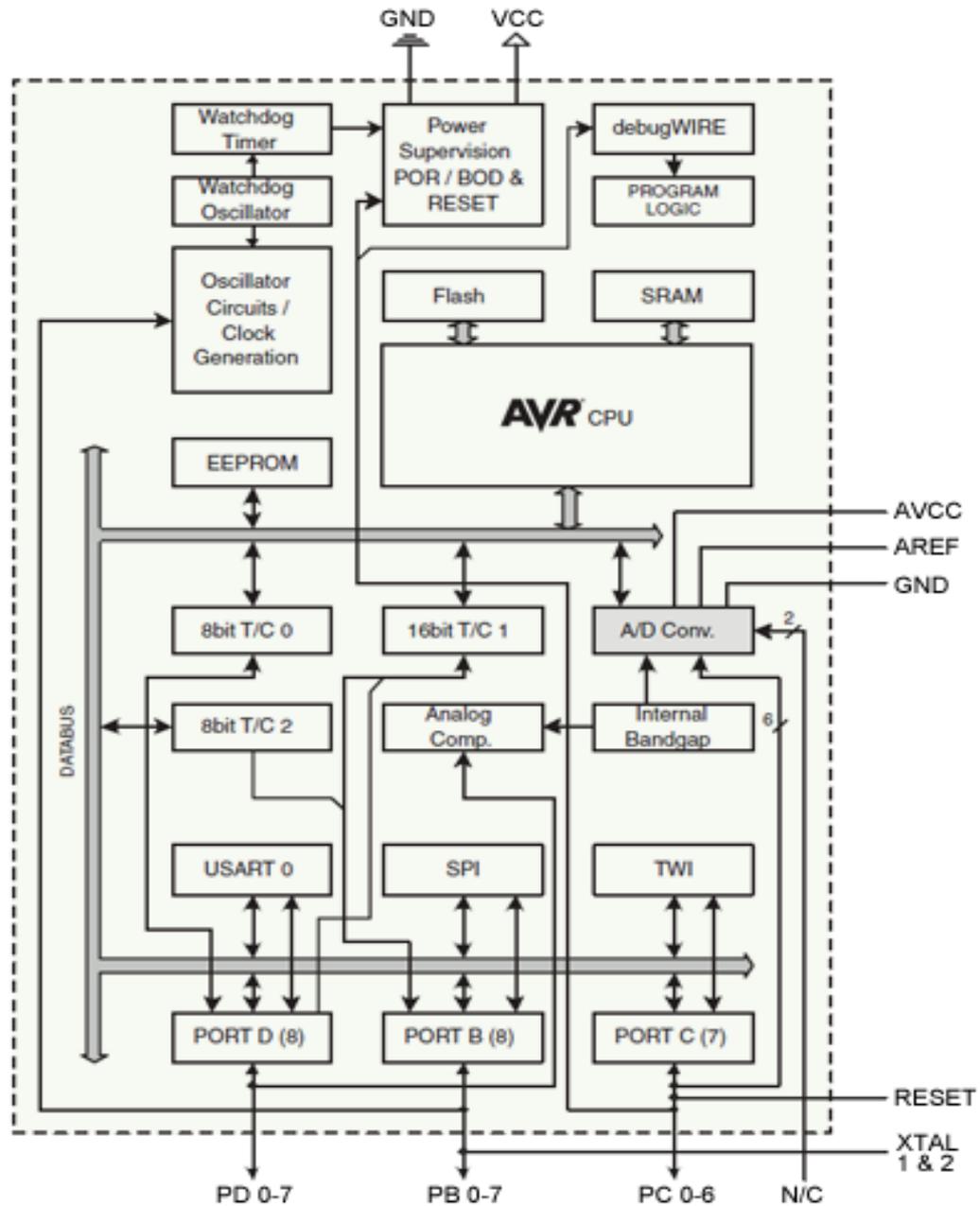
Mikrokontroler ini menggunakan arsitektur *Harvard* yang memisahkan memori program dari memori data, baik bus alamat maupun bus data, sehingga pengaksesan program dan data dapat dilakukan secara bersamaan (*concurrent*).

Secara garis besar mikrokontroler ATmega 16 terdiri dari :

1. Arsitektur RISC dengan *throughput* mencapai 16 MIPS pada frekuensi 16 Mhz.
2. Memiliki kapasitas *flash* memori 16 Kbyte, EEPROM 512 Byte, dan SRAM 1 Kbyte.
3. Saluran I/O 32 buah, yaitu *pin A*, *pin B*, *pin C*, dan *pin D*.
4. CPU yang terdiri dari 32 buah register.
5. *User* interupsi *internal* dan *eksternal*.
6. *Pin* antarmuka SPI dan Bandar USART sebagai komunikasi *serial*.
7. Fitur *Peripheral*.
8. Dua buah 8-bit *timer/counter* dengan *prescaler* terpisah dan *mode compare*.
9. Satu buah 16-bit *timer/counter* dengan *prescaler* terpisah, *mode compare* dan *mode capture*.
10. *Real time counter* dengan osilator tersendiri.

11. Empat kanal PWM dan antarmuka komparator *analog*.
12. 8 kanal, 10 bit ADC.
13. *Byte-oriented Two-wire Serial Interface*.
14. *Watchdog timer* dengan osilator *internal*.

Gambar 2.1 berikut ini adalah blok diagram dari ATMega 16 :

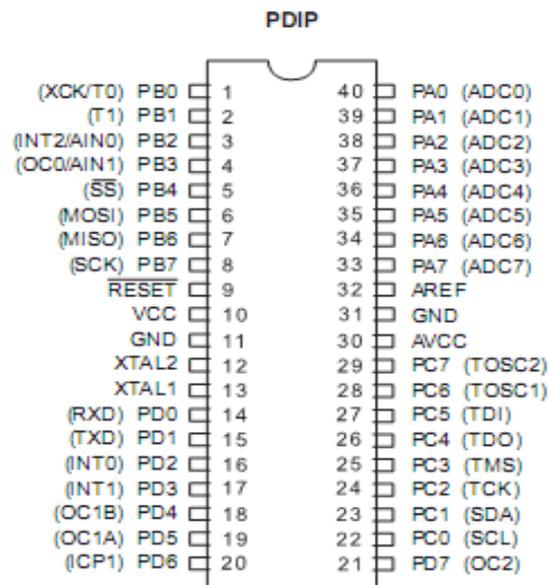


Gambar 2.1 Blok Diagram ATMega 16

(Sumber: <http://repository.usu.ac.id/bitstream/123456789/28677/4/Chapter%20II.pdf> diakses pada tanggal 11 april 2015 pukul 09:16 WIB)

2.2.2 Konfigurasi *Pin* Mikrokontroler ATmega 16

Konfigurasi *pin* mikrokontroler ATmega 16 dengan kemasan 40 *pin* dapat dilihat pada gambar 2.2. Dari gambar 2.2 dibawah dapat terlihat ATmega 16 memiliki 8 *pin* untuk masing-masing *port A* , *port B*, *port C*, dan *port D*.



Gambar 2.2 Konfigurasi *Pin* Mikrokontroler ATmega 16

(Sumber: <http://repository.usu.ac.id/bitstream/123456789/28677/4/Chapter%20II.pdf> diakses pada tanggal 11 april 2015 pukul 09:20 WIB)

2.2.3 Deskripsi *Pin* Mikrokontroler ATmega 16

1. VCC (*Power Supply*) dan GND (*Ground*).

2. *Pin A* (PA7-PA0)

Pin A berfungsi sebagai *input analog* pada konverter A/D. *Pin A* juga sebagai suatu *pin I/O 8-bit* dua arah, jika A/D konverter tidak digunakan. Pena – pena *pin* dapat menyediakan *resistor internal pull-up* (yang dipilih untuk masing masing *bit*). Ketika *pin* PA0 ke PA7 digunakan sebagai *input* dan secara *eksternal* ditarik rendah, *pin* akan memungkinkan arus sumber jika *resistor internal pull-up* diaktifkan. *Pin A* adalah *tri-stated* jika suatu kondisi *reset* menjadi aktif sekalipun waktu habis.

3. *Pin B (PB7-PB0)*

Pin B adalah suatu *pin I/O 8-bit* dua arah dengan *resistor internal pull-up* (yang dipilih untuk beberapa *bit*). *Pin B output buffer* mempunyai karakteristik gerakan simetris dengan keduanya sink tinggi dan kemampuan sumber. Sebagai *input*, pena *pin B* yang secara *eksternal* ditarik rendah akan arus sumber jika *resistor pull-up* diaktifkan. Pena *pin B* adalah *tri-stated* jika suatu kondisi *reset* menjadi aktif, sekalipun waktu habis.

4. *Pin C (PC7-PC0)*

Pin C adalah suatu *pin I/O 8-bit* dua arah dengan *resistor internal pull-up* (yang dipilih untuk beberapa *bit*). *Pin C output buffer* mempunyai karakteristik gerakan simetris dengan keduanya sink tinggi dan kemampuan sumber. Sebagai *input*, pena *pin C* yang secara *eksternal* ditarik rendah akan arus sumber jika *resistor pull-up* diaktifkan. Pena *pin C* adalah *tri-stated* jika suatu kondisi *reset* menjadi aktif, sekalipun waktu habis.

5. *Pin D (PD7-PD0)*

Pin D adalah suatu *pin I/O 8-bit* dua arah dengan *resistor internal pull-up* (yang dipilih untuk beberapa *bit*). *Pin D output buffer* mempunyai karakteristik gerakan simetris dengan keduanya sink tinggi dan kemampuan sumber. Sebagai *input*, pena *pin D* yang secara *eksternal* ditarik rendah akan arus sumber jika *resistor pull-up* diaktifkan. Pena *pin D* adalah *tri-stated* jika suatu kondisi *reset* menjadi aktif, sekalipun waktu habis.

6. *Reset (Reset input).*

7. *XTAL1 (Input Oscillator).*

8. *XTAL2 (Output Oscillator).*

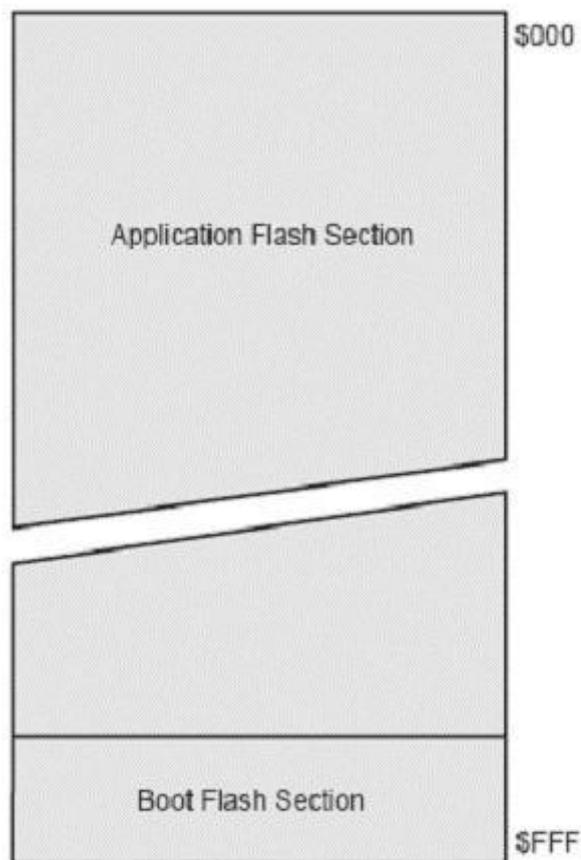
9. *AVCC* adalah *pin* penyedia tegangan untuk *port A* dan konverter A/D.

10. *AREF* adalah *pin* referensi *analog* untuk konverter A/D.

2.2.4 Peta Memori Mikrokontroller ATmega 16

2.2.4.1 Memori Program

Arsitektur ATmega 16 mempunyai dua memori utama, yaitu memori data dan memori program. Selain itu, ATmega 16 memiliki memori EEPROM untuk menyimpan data. ATmega 16 memiliki 16 Kbyte *On-chip In-System Reprogrammable Flash Memory* untuk menyimpan program. Instruksi ATmega 16 semuanya memiliki format 16 atau 32 bit, maka memori *flash* diatur dalam 8 K x 16 bit. Memori *flash* dibagi kedalam dua bagian, yaitu bagian program *boot* dan aplikasi seperti terlihat pada Gambar 2.3. *Bootloader* adalah program kecil yang bekerja pada saat sistem dimulai yang dapat memasukkan seluruh program aplikasi ke dalam memori prosesor.



Gambar 2.3 Peta Memori Program Mikrokontroller ATmega 16

(Sumber: <http://repository.usu.ac.id/bitstream/123456789/28677/4/Chapter%20II.pdf> diakses pada tanggal 11 april 2015 pukul 09:16 WIB)

2.2.4.2 Memori Data

Memori data AVR ATmega 16 terbagi menjadi 3 bagian, yaitu 32 register umum, 64 buah register I/O dan 1 Kbyte SRAM *internal*. *General purpose register* menempati alamat data terbawah, yaitu \$00 sampai \$1F. Sedangkan memori I/O menempati 64 alamat berikutnya mulai dari \$20 hingga \$5F. Memori I/O merupakan register yang khusus digunakan untuk mengatur fungsi terhadap berbagai fitur mikrokontroler seperti kontrol register, *timer/counter*, fungsi-fungsi I/O, dan sebagainya. 1024 alamat berikutnya mulai dari \$60 hingga \$45F digunakan untuk SRAM *internal*. Gambar 2.4 dibawah ini adalah peta memori data dari ATmega 16 :

Register File		Data Address Space	
R0		\$0000	
R1		\$0001	
R2		\$0002	
...		...	
R29		\$000D	
R30		\$000E	
R31		\$000F	

I/O Registers		Internal SRAM	
\$00		\$0020	
\$00		\$0021	
\$01		\$0022	
...		...	
\$3D		\$005D	
\$3E		\$005E	
\$3F		\$005F	
		\$0060	

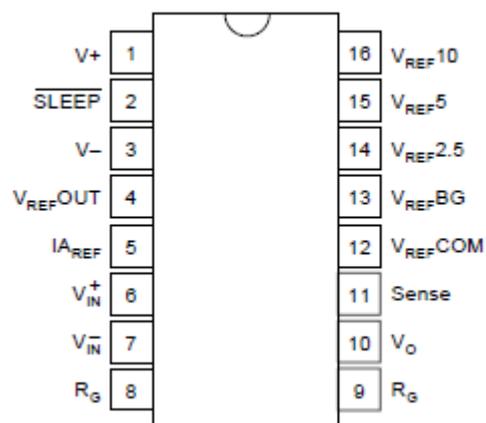
\$0061
...
\$045E
\$045F

Gambar 2.4 Peta Memori Data Mikrokontroler ATmega 16

(Sumber: <http://repository.usu.ac.id/bitstream/123456789/28677/4/Chapter%20II.pdf> diakses pada tanggal 11 april 2015 pukul 09:16 WIB)

2.3 IC INA 125P (Penguat *Load Cell*)

IC INA 125P merupakan sebuah penguat yang digunakan untuk mengolah keluaran yang dikeluarkan oleh *load cell*. IC ini digunakan agar keluaran dari *load cell* bisa terbaca oleh mikrokontroller. Keluaran dari IC tersebut berupa tegangan yang apabila *load cell* ditekan maka resistansi keluarannya akan berubah. Tegangan yang digunakan IC ini adalah 2.7 V s/d 36 V. Gambar 2.5 dibawah ini merupakan konfigurasi *pin* IC INA 125P.



Gambar 2.5 Konfigurasi *Pin* IC INA 125P

(Sumber: <http://repository.widyatama.ac.id/xmlui/bitstream/handle/123456789/696/Bab%202.pdf?sequence=9> diakses pada tanggal 11 april 2015 pukul 09:30WIB)

Dibawah ini beberapa *pin* yang digunakan agar IC INA 125P bisa berjalan dan bisa terbaca oleh mikrokontroller :

1. *Pin* 1 dan 2 merupakan V+ dan *SLEEP*. *Pin* tersebut merupakan *pin* yang menerima tegangan. Tegangan yang dapat diterima oleh *pin* tersebut sebesar 2.7 V s/d 36 V.
2. *Pin* 3, 5, 12. *Pin* tersebut merupakan *ground*.
3. *Pin* 6, 7. Merupakan pin V+ dan V-. *Pin* tersebut merupakan *pin input* yang disambungkan dengan *load cell*.
4. *Pin* 8, 9. Merupakan *pin* R_G. *Pin* ini disambungkan dengan menggunakan R_G sebesar 6 Ohm. Semakin besar nilai R_G yang digunakan maka semakin kecil keluaran yang diterima oleh mikrokontroller.

5. *Pin* 10, 11. Merupakan *pin* V_o dan *sense*. *Pin* tersebut merupakan keluaran yang nantinya disambungkan dengan *analog* mikrokontroler.

2.4 Pengertian Sensor

D Sharon, dkk (1982), mengatakan sensor adalah suatu peralatan yang berfungsi untuk mendeteksi gejala-gejala atau sinyal-sinyal yang berasal dari perubahan suatu energi seperti energi listrik, energi fisika, energi kimia, energi biologi, energi mekanik, dan sebagainya.

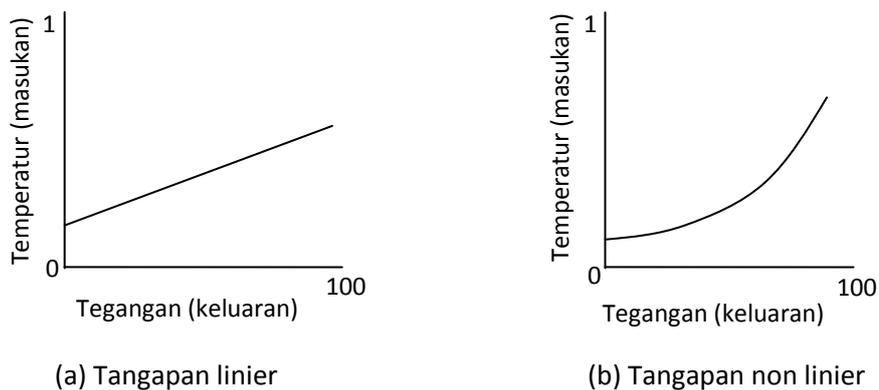
Contoh; Mata sebagai sensor penglihatan, telinga sebagai sensor pendengaran, kulit sebagai sensor peraba, LDR (*light dependent resistance*) sebagai sensor cahaya, dan lainnya.

2.5 Peryaratan Umum Sensor

Dalam memilih peralatan sensor yang tepat dan sesuai dengan sistem yang akan disensor maka perlu diperhatikan persyaratan umum sensor berikut ini : (D Sharon, dkk, 1982).

2.5.1 Linearitas

Ada banyak sensor yang menghasilkan sinyal keluaran yang berubah secara kontinyu sebagai tanggapan terhadap masukan yang berubah secara kontinyu. Sebagai contoh, sebuah sensor panas dapat menghasilkan tegangan sesuai dengan panas yang dirasakannya. Dalam kasus seperti ini, biasanya dapat diketahui secara tepat bagaimana perubahan keluaran dibandingkan dengan masukannya berupa sebuah grafik. Gambar 2.6 berikut ini memperlihatkan hubungan dari dua buah sensor panas yang berbeda. Garis lurus pada gambar 2.6(a) memperlihatkan tanggapan linier, sedangkan pada gambar 2.6(b) adalah tanggapan non-linier.



Gambar 2.6 Keluaran Dari Transduser Panas (D Sharon dkk, 1982)

(Sumber: <http://robby.c.staff.gunadarma.ac.id/Downloads/files/10052/sensortranduser.doc> diakses pada tanggal 26 april 2015 pukul 13:42 WIB)

2.5.2 Sensitivitas

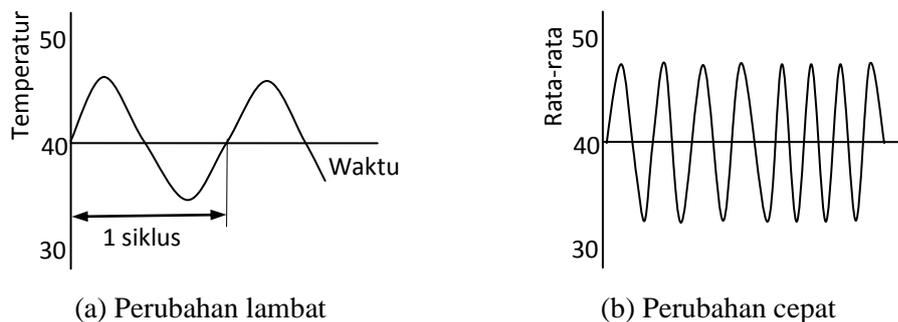
Sensitivitas akan menunjukkan seberapa jauh kepekaan sensor terhadap kuantitas yang diukur. Sensitivitas sering juga dinyatakan dengan bilangan yang menunjukkan “perubahan keluaran dibandingkan unit perubahan masukan”. Beberapa sensor panas dapat memiliki kepekaan yang dinyatakan dengan “satu volt per derajat”, yang berarti perubahan satu derajat pada masukan akan menghasilkan perubahan satu volt pada keluarannya. Sensor panas lainnya dapat saja memiliki kepekaan “dua volt per derajat”, yang berarti memiliki kepekaan dua kali dari sensor yang pertama. Linieritas sensor juga mempengaruhi sensitivitas dari sensor. Apabila tanggapannya linier, maka sensitivitasnya juga akan sama untuk jangkauan pengukuran keseluruhan.

2.5.3 Tanggapan Waktu

Tanggapan waktu pada sensor menunjukkan seberapa cepat tanggapannya terhadap perubahan masukan. Sebagai contoh, instrumen dengan tanggapan frekuensi yang jelek adalah sebuah termometer merkuri. Masukannya adalah temperatur dan keluarannya adalah posisi merkuri. Misalkan perubahan

temperatur terjadi sedikit demi sedikit dan kontinyu terhadap waktu, seperti tampak pada gambar 2.7(a).

Frekuensi adalah jumlah siklus dalam satu detik dan diberikan dalam satuan *Hertz* (Hz). (1 *Hertz* berarti 1 siklus per detik, 1 kilohertz berarti 1000 siklus per detik). Pada frekuensi rendah, yaitu pada saat temperatur berubah secara lambat, termometer akan mengikuti perubahan tersebut dengan “setia”. Tetapi apabila perubahan temperatur sangat cepat lihat gambar 2.7(b) maka tidak diharapkan akan melihat perubahan besar pada termometer merkuri, karena ia bersifat lamban dan hanya akan menunjukkan temperatur rata-rata.



Gambar 2.7 Temperatur Berubah Secara Kontinyu (D. Sharon, dkk, 1982)

(Sumber: <http://robby.c.staff.gunadarma.ac.id/Downloads/files/10052/sensortranduser.doc> diakses pada tanggal 26 april 2015 pukul 13:50 WIB)

Ada bermacam cara untuk menyatakan tanggapan frekuensi sebuah sensor. Misalnya “satu milivolt pada 500 *Hertz*”. Tanggapan frekuensi dapat pula dinyatakan dengan “*decibel* (db)”, yaitu untuk membandingkan daya keluaran pada frekuensi tertentu dengan daya keluaran pada frekuensi referensi.

2.6 Klasifikasi Sensor

Secara umum berdasarkan fungsi dan penggunaannya sensor dapat dikelompokkan menjadi 3 bagian yaitu :

1. Sensor *thermal* (panas).
2. Sensor mekanis.
3. Sensor optik (cahaya).

2.6.1 Sensor *Thermal* (Panas)

Sensor *thermal* adalah sensor yang digunakan untuk mendeteksi gejala perubahan panas/temperatur/suhu pada suatu dimensi benda atau dimensi ruang tertentu.

Contoh: *bimetal, termistor, termokopel, RTD, photo transistor, photo dioda, photo multiplier, photovoltaik, infrared pyrometer, hygrometer*, dan sebagainya.

2.6.2 Sensor Mekanis

Sensor mekanis adalah sensor yang mendeteksi perubahan gerak mekanis, seperti perpindahan atau pergeseran atau posisi, gerak lurus dan melingkar, tekanan, aliran, level, dan sebagainya.

Contoh: *strain gage, linear variable deferential transformer (LVDT), proximity, potensiometer, load cell, bourdon tube*, dan sebagainya.

2.6.3 Sensor Optik

Sensor optik atau cahaya adalah sensor yang mendeteksi perubahan cahaya dari sumber cahaya, pantulan cahaya ataupun bias cahaya yang mengenai benda atau ruangan.

Contoh: *photo cell, photo transistor, photo diode, photo voltaic, photo multiplier, pyrometer optic*, dan sebagainya.

2.7 Sensor Berat atau *Load Cell*

Load cell adalah sebuah alat uji perangkat listrik yang dapat mengubah suatu energi menjadi energi lainnya yang biasa digunakan untuk mengubah suatu gaya menjadi sinyal listrik.

Perubahan dari satu sistem ke sistem lainnya ini tidak langsung terjadi dalam dua tahap saja tetapi harus melalui tahap-tahap pengaturan mekanikal, kekuatan dan energi dapat merasakan perubahan kondisi dari baik menjadi kurang baik.

Gambar 2.8 berikut ini adalah bentuk dari *load cell* :



Gambar 2.8 Load Cell

(sumber: <http://www.rajaloadcell.com/article/apa-itu-load-cell--8> diakses pada tanggal 26 april 2015 pukul 14:05 WIB)

Pada *strain gauge (load cell)* atau biasa disebut dengan deformasi *strain gauge*. *Strain gauge* mengukur perubahan yang berpengaruh pada *strain* sebagai sinyal listrik, karena perubahan efektif terjadi pada beban hambatan kawat listrik.

Sebuah *sel/slot* beban umumnya terdiri dari empat aspek pengukur regangan dalam sistem konfigurasi pada *wheatstone bridge*. *Sel/slot* beban dari satu *strain gauge* atau dua pengukur regangan.

Output sinyal listrik biasanya disediakan serta di urutan beberapa *milivolt* dan membutuhkan amplifikasi oleh penguat instrumentasi sebelum dapat digunakan.

Output dari pemantauan perubahan kondisi dapat ditingkatkan untuk menghitung gaya yang diterapkan untuk perbaikan dan pemantauan kondisinya. Berbagai jenis *sel/slot* beban yang ada termasuk *sel/slot* beban hidrolis, *strain gauge* merupakan bagian terpenting dari sebuah *load cell*, dengan fungsi untuk mendeteksi besarnya perubahan dimensi jarak yang disebabkan oleh suatu elemen gaya. *Strain gauge* secara umum digunakan dalam pengukuran presisi gaya, berat, tekanan, torsi, perpindahan, dan kuantitas mekanis lainnya.

Setelahnya dikonversi menjadi energi tegangan kedalam anggota mekanis, *strain gauge* menghasilkan perubahan pada nilai tahanan yang proporsional dengan perubahan jangka panjang atau perubahan melalui lamanya proses.

Strain gauge memiliki dua tipe dasar yaitu :

1. Terikat (*bonded*).

Bonded strain gauge seluruh bagiannya terpasang pada elemen gaya (*force member*) dengan menggunakan semacam bahan perekat. Selagi elemen gaya tersebut meregang, *strain gauge* juga dapat memanjang.

2. Tidak terikat (*unbonded*).

Unbonded strain gage memiliki salah satu sudut akhir yang dipasang pada elemen gaya dan sudut akhir satunya lagi dipasang pada pengumpul gaya (*force collector*).

Untuk menguji kelayakan sistem *strain gauge* untuk aplikasi tertentu dimana konstanta kalibrasi *strain gauge* harus stabil, artinya tidak berubah terhadap waktu, temperatur, dan faktor lingkungan lain.

Ketelitian pengukuran regangan $\pm 1\mu\text{s}$ dan pada daerah regangan $\pm 10\%$, ukuran standarisasi *strain gauge*, yaitu panjang l_0 dan tebal w_0 harus kecil

Teori Kelistrikan *Load Cell*

Gantikan *ammeter* dengan *voltmeter* yang akan mewakili untuk ditampilkan pada indikator berat. Juga akan mengarah dan terhubung ke indikator menggunakan signal +sig dan -sig. Baterai atau *power supply* 10 volt, merupakan *power supply* yang terdapat pada indikator yang akan menyediakan tegangan yang tepat untuk merangsang kekuatan *load cell*. *Load cell* yang dibuat memiliki nilai-nilai resistansi yang mewakili empat pengukur regangan, karena di dalam *load cell*, resistansi *strain gauge* semua adalah sama. Menggunakan hukum *ohm* kita konfigurasi tegangan penurunan pada titik-titik 1 dan 2. Setiap cabang berisi $350\ \Omega + 350\ \Omega = 700\ \Omega$ resistansi. Aliran arus di cabang tersebut dan tegangan cabang dibagi dengan perlawanan cabang.

Ketentuan / Aturan Dasar *Load Cell*

Dalam penentuan suatu *load cell* sebaiknya diketahui dahulu tipe, kapasitas serta *support* atau dudukan *load cell*. Berikut ini dapat dijadikan acuan dasar dan tambahan dalam memposisikan suatu *load cell*.

1. Sambungan/pengawatan

Pada umumnya, kabel pada *load cell* berjumlah empat atau enam kabel. Untuk enam kabel *load cell*, disamping mempunyai – dan + *Signal* maupun – dan + *excitation* juga memiliki jalur - dan + *sense*. Jalur *sense* ini tersambung pada jalur *sense* indikator yang berfungsi memonitor tegangan aktual pada *load cell*, dan mengirim balik ke indikator untuk dianalisa apakah perlu menambah atau menguatkan *signal* yang dikirim balik sebagai kompensasi daya pada *load cell*.

Untuk membantu agar pemasangannya tepat, kabel *load cell* memiliki kode warna tertentu. *Datasheet* kalibrasi setiap *load cell* akan menyertakan juga kode warna untuk penyambungan *load cell*.

2. Data Kalibrasi

Setiap *load cell* dilengkapi dengan data kalibrasi atau sertifikat kalibrasi sebagai informasi tentang *load cell* yang bersangkutan. Setiap *datasheet* harus cocok dengan nomor seri, nomor model dan kapasitas. Informasi yang lain berupa karakteristik dalam mV/V, tegangan *excitasi*, *non-linearity*, *hysteresis*, *zero balance*, *input resistance*, *output resistance*, efek temperature pada *output* dan *zero balance*, *insulation resistance*, dan *cable length*. Kode warna untuk penyambungan juga disertakan.

3. *Output*

Hasil pengukuran *load cell* selain ditentukan oleh besarnya beban, juga ditentukan oleh besarnya tegangan eksitasi, dan karakteristik (mV/V) *load cell* itu sendiri. Salah satu karakteristik *load cell* yaitu 3mV/V, yang berarti setiap satu volt tegangan *excitasi*, pada saat *load cell* dibebani maksimal akan mengeluarkan *signal* sebesar 3mV. Jika beban 100 Kg diberikan pada *load cell* kapasitas 100 Kg dengan tegangan *excitasi* 10 V, maka *signal* yang terkirim dari *load cell* tersebut adalah sebesar 30 mV. Demikian juga apabila dibebani 50 Kg dengan tegangan

excitasi tetap 10 V, karena 50 Kg adalah setengah dari 100 Kg maka keluaran *load cell* menjadi 15 mV.

Istilah Dalam Load Cell

Load cell merupakan peralatan elektro-mekanik yang bisa disebut transduser, dengan kemampuannya merubah gaya mekanik menjadi *signal* elektrik. *Load cell* memiliki bermacam-macam karakteristik yang bisa diukur, tergantung pada jenis logam yang dipakai, bentuk *load Cell*, dan ketahanan dari lingkungan sekitar. Untuk memilih *load cell* yang sesuai dengan kebutuhan, berikut beberapa terminologi atau daftar istilah tentang *load cell*.

1. *Calibration* : Membandingkan *output/signal load cell* dengan beban standar.
2. *Combined Error* : Penyimpangan maksimum artinya diukur pada saat tanpa beban sampai ketika diberikan beban maksimal dan sebaliknya saat beban maksimal sampai pada keadaan tanpa beban. Pengukuran dinyatakan dalam persen terhadap kapasitas maksimal. Biasa disebut juga *Nonlinearity* dan *hysteresis*.
3. *Creep* : Perubahan *signal* keluaran *load cell* selama pembebanan tidak berubah, dan tidak ada perubahan lingkungan sekitar.
4. *Creep Recovery* : Perubahan pengukuran kondisi tanpa beban, setelah beberapa waktu diberikan beban dan kemudian beban dihilangkan.
5. *Drift* : Perubahan nilai pengukuran saat diberikan beban konstan.
6. *Eccentric Load* : Pembebanan pada area timbangan tapi tidak tepat di titik antar *load cell*.
7. *Error* : Perbedaan pengukuran dengan beban yang sesungguhnya.
8. *Excitation* : Tegangan *input* yang diberikan agar *load cell* bekerja. Pada umumnya *load cell* membutuhkan tegangan *excitation* 10 VDC, tetapi ada juga yang memerlukan 15, 20 dan 25 VDC dan ada yang bisa bekerja pada arus AC dan DC.
9. *Hysteresis* : Penyimpangan maksimum hasil pengukuran dengan beban yang sama. Satu pengukuran dari nol sampai maksimum, pengukuran yang lain dari maksimum sampai nol. Pengukuran Histerisis dinyatakan dalam persen

terhadap kapasitas maksimum (%FS). Biasanya Histeresis selalu bernilai 0.02%FS, 0.03%FS dan 0.05%FS.

10. *Input Bridge Resistance* : Resistansi *Input* daripada *load cell*. Diukur dengan *Ohmmeter* antara dua titik *input* atau *excitasi*. Biasanya selalu lebih besar dari resistansi *output/signal* karena adanya resistor kompensasi pada jalur *excitasi*.
11. *Insulation Resistance* : Pengukuran resistansi antara sirkuit *load cell* dengan strukturnya. Pengukuran dilakukan dengan tegangan DC.
12. *Non-Linearity* : Penyimpangan maksimum pada grafik hasil kalibrasi terhadap garis lurus (ideal) antara tanpa beban dan beban penuh. Dinyatakan dengan persentase terhadap pengukuran pada kapasitas maksimum, hanya diukur dari nol sampai maksimum. Umumnya *Non-linearity* sebesar 0.02%FS dan 0.03%FS.
13. *Output : Signal* hasil pengukuran *load cell* yang secara langsung proporsional terhadap tegangan eksitasi dan beban yang diterima. *Signal* ini harus sesuai terminology/ketentuan umum misalnya dalam *milivolt per volt(mV/V)* atau *volt ampere (V/A)*.
14. *Output Bridge Resistance* : Resistansi *output load cell*, diukur pada titik *output* atau *signal*, umumnya sebesar 350 Ω , 480 Ω , 700 Ω , 750 Ω , dan 1000 Ω .
15. *Rated Output* : Interval pengukuran dari nol sampai kapasitas maksimum.
16. *Repeatability* : Selisih pengukuran maksimum saat *load cell* dibebani dengan beban yang sama secara berulang-ulang dengan kondisi lingkungan tetap.
17. *Resolution* : Perubahan pengukuran terkecil yang terdeteksi karena perubahan secara mekanik akibat pembebanan.
18. *Safe Overload Rating* : Pembebanan maksimum dalam persen terhadap kapasitas maksimal yang bisa diterapkan tanpa merubah performa dan karakteristik yang telah ditetapkan sebelumnya. Biasanya sebesar 150%FS.
19. *Sensitivity* : Perbandingan perubahan pengukuran terhadap perubahan mekanik karena pembebanan.
20. *Shock Load* : Pembebanan yang diterima secara tiba-tiba yang bisa merusak *load cell*.

21. *Side Load* : Pembebanan dari sisi samping yang seharusnya dari atau di bawah *load cell*.
22. *Temperature Effect On Rated Output* : Perubahan *output* maksimum karena perubahan temperatur sekitar. Umumnya dinyatakan sebagai persentase *output* maksimum karena perubahan suhu setiap 100°F.
23. *Temperature Effect On Zero Balance* : Perubahan nilai nol karena perubahan suhu sekitar setiap 100°F. Dinyatakan sebagai persentase *Zero balance* terhadap *output* maksimum.
24. *Compensated Temperature Range* : Temperatur maksimum yang diperbolehkan dimana *load cell* masih bisa mengkompensasi terhadap *zero* dan *output* maksimal dalam batas tertentu.
25. *Tolerance* : Kesalahan maksimum yang masih diperbolehkan pada pengukuran *load cell*.
26. *Ultimate Overload Rating* : Pembebanan maksimum yang diperbolehkan, dalam persen terhadap kapasitas maksimal tanpa menyebabkan kerusakan struktur *load cell*.
27. *Zero Balance* : *Signal output load cell* pada exitasi maksimal dengan kondisi tanpa beban, dinyatakan dalam persentase terhadap *output* maksimum.

Load Cell Troubleshooting

Kerusakan *load cell* terjadi dalam berbagai kondisi dan berbagai penyebab, seperti mekanikal, *electrical*, atau lingkungan sekitar. Pembahasan kita kali ini tentang penyebab dan pengecekan fisik *load cell*. Kebanyakan *load cell* rusak karena kesalahan pemakaian dan hal yang sejenisnya.

1. Permasalahan Mekanik

Kerusakan *load cell* bisa secara fisik atau mekanik. Jika pemilihan *load cell* pada timbangan terlalu kecil, beban yang berlebihan membuat *load cell* melewati batas elastisnya dan tidak kembali ke kondisi awalnya, sehingga *strain gauge* seolah terkunci pada kondisi *tension* atau *compression*. Perlu diperhatikan, total berat struktur timbangan (*platform, hopper, vessel*) dan material yang akan ditimbang. Demikian juga jumlah support mempunyai peran penting dalam

distribusi beban. Umumnya, total berat struktur timbangan terbagi merata melalui tiap supportnya.

Beban kejut juga merupakan penyebab kerusakan *load cell*. Beban kejut ialah sewaktu beban dengan tiba-tiba menimpa timbangan, sehingga menyebabkan *load cell* terdistorsi secara permanen. Amatilah saat memuati timbangan. Jika sembarangan sehingga terjadi beban kejut, maka dibutuhkan *training* operasi timbangan yang benar, atau kapasitas timbangan perlu diperbesar. Tetapi perlu diperhatikan, pemilihan kapasitas *load cell* yang terlalu besar juga berpengaruh pada kepekaannya, dan bisa jadi dibawah nilai minimum pembacaan indikator. Selain itu, pembebanan sisi/samping juga berpengaruh pada keakuratan timbangan disamping bisa merusak timbangan itu sendiri.

2. Kondisi Lingkungan

Pada umumnya *load cell* memiliki kemampuan kompensasi untuk bekerja pada temperatur tertentu, biasanya 0° sampai 150°F. Walaupun *load cell* masih bisa bekerja diluar batasan ini, tetapi sertifikat kalibrasi yang dimiliki *load cell* menjadi tidak valid.

Musuh utama *load cell* adalah kelembaban. Bisa mengakibatkan *load cell* mati, terlihat *overload* bahkan *drifting* terus-menerus sehingga timbangan *error*. Kelembaban masuk ke *load cell* bisa melalui tekanan ekstrim atau kabel yang terkelupas. Jika *load cell* berisolasi kurang bagus dipakai pada lingkungan basah, air bisa masuk kedalam *load cell*.

Load cell bisa mengalami korosi/karat jika terkena bahan kimia. Korosi bisa merusak *strain gauge* jika material pelindungnya kurang baik. *Load cell stain less steel* bisa menghindari korosi, tapi tidak menjamin kelembaban tidak masuk kedalam. Tetapi beberapa bahan kimia semacam klorin tetap bisa membuat *stainless steel* korosi.

3. Pengecekan Fisik

Langkah awal dalam *trouble shooting load cell* adalah pemeriksaan *body load cell* terhadap kemungkinan distorsi, retak atau bergelombang. Hasil pengelasan harus bebas dari pecah, atau bercelah. Amati kabel *load cell* pada kemungkinan

lecet, terkelupas atau terjepit. Kelembaban amat rawan pada kabel yang terkelupas dan bisa membuat pembacaan *load cell* tidak stabil.

4. *Zero Balance*

Seperti kita ketahui, *zero balance* adalah kondisi *output load cell* pada eksitasi maximum *load cell* tanpa beban, yang dinyatakan dalam persentase terhadap *output* maksimum. Perubahan *zero balance* terjadi jika *load cell* pernah mengalami *overload*.

Pada *load cell* tanpa beban dan terhubung ke indikator, gunakan *milivoltmeter* untuk mengukur tegangan *output load cell*. Dengan 10 V eksitasi, *load cell* berkarakteristik 3 mV/V akan mengeluarkan *signal output* sebesar 30 mV pada kapasitas maksimum. Tanpa dibebani, dengan toleransi 1% *load cell* akan mengeluarkan tegangan 0.3 mV atau 300 μ V ($0.01 \times 3 \text{ mV} = 0.3 \text{ mV}$). *Load cell* menjadi aktif jika *zero* toleran sudah melewati batas 1%.

5. *Resistance to Ground*

Tahanan bodi atau kebocoran listrik selalu disebabkan *load cell* atau kabelnya terkontaminasi air. Ciri-ciri termudah yaitu pembacaan yang tidak stabil. Pembacaan resistansi antara semua ujung kabel yang disatukan dengan body/badan *load cell* minimum 1000 *megaohm* atau lebih dan hanya bisa diukur menggunakan *megaohmmeter* atau *megger*. Agar *load cell* tidak rusak saat diukur, tegangan dari *megger* tidak boleh lebih dari 50 V. Jika pengetesan ini tidak berhasil, lepaskan kabel *ground* dari *kabel load cell* yang disatukan. Jika hal ini menunjukkan hasil bagus, maka ada permasalahan pada isolasi terhadap *body load cell*.

Konfigurasi jembatan *wheatstone* pada *load cell* mampu merasakan kebocoran antara ujung *signal* ke *ground*. Kebocoran sebesar satu *megaohm* saja bisa mengakibatkan gangguan pada nilai *zero*. Kebocoran tahanan bodi ini tidak mempengaruhi kalibrasi indikator, hanya saja pembacaan indikator menjadi tidak stabil karena kebocoran tahanan bodi selalu berubah-ubah.

Hal yang Harus Diperhatikan Dari Penggunaan *Load Cell*

Jangan pernah memotong kabel *load cell* yang sudah ada. *Datasheet load cell* diambil dengan panjang kabel tertentu. Jika panjang kabel berkurang dikhawatirkan akan mempengaruhi keaslian *datasheet*.

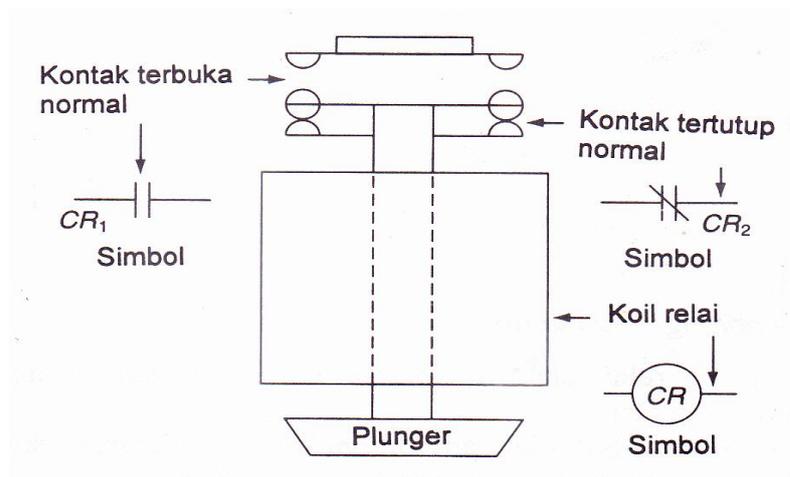
2.8 Relay

Relay adalah suatu rangkaian *switch* magnetik yang bekerja bila mendapat catu dan suatu rangkaian *trigger*. *Relay* memiliki tegangan dan arus nominal yang harus dipenuhi *output* rangkaian pen-*driver* dan pengemudinya. Arus yang digunakan pada rangkaian adalah arus DC.

Konstruksi dalam suatu *relay* terdiri dari lilitan kawat (*coil*) yang dililitkan pada inti besi lunak. Jika lilitan kawat mendapatkan aliran arus, inti besi lunak kontak menghasilkan medan magnet dan menarik *switch* kontak. *Switch* kontak mengalami gaya listrik magnet sehingga berpindah posisi ke kutub lain atau terlepas dari kutub asalnya. Keadaan ini akan bertahan selama arus mengalir pada kumparan *relay*, dan *relay* akan kembali ke posisi semula yaitu *normally ON* dan *normally OFF*, bila tidak ada lagi arus yang mengalir padanya, posisi normal *relay* tergantung pada jenis *relay* yang digunakan. Dan pemakaian jenis *relay* tergantung pada keadaan yang diinginkan dalam suatu rangkaian.

Menurut cara kerja *relay* dapat dibedakan menjadi :

1. *Normally Open (NO)*, bila diberi tegangan yang mencukupi pada kumparannya maka kontak penghubung menjadi tertutup atau terhubung.
2. *Normally Close (NC)*, bila diberi tegangan yang mencukupi pada kumparannya maka kontak penghubung menjadi terbuka.
3. *Change Over (CO)*, *relay* ini mempunyai saklar tunggal yang normalnya tertutup yang lama, bila kumparan 1 dialiri arus maka saklar akan terhubung ke terminal A, sebaliknya bila kumparan 2 dialiri arus maka saklar akan terhubung ke terminal B. Gambar 2.9 berikut ini merupakan gambar suatu kontak *relay* :



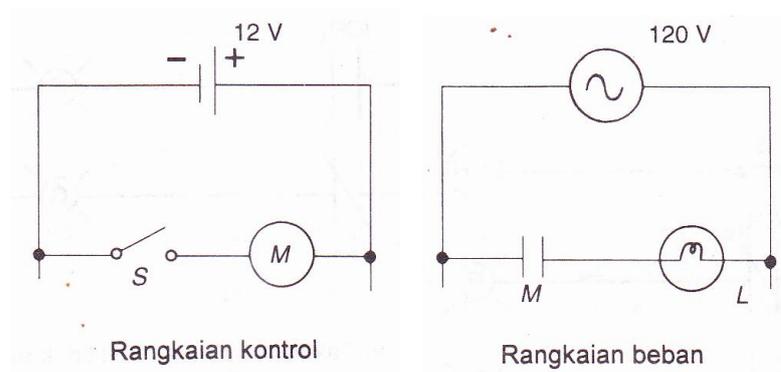
Gambar 2.9 Kontak Relay Elektromagnetis (*Electromechanical relay* = EMR)

(Sumber: PETRUZELLA, FRANK D. 2001. “Elektronik Industri”.Edisi Kedua. Penerbit Andi Yogyakarta.)

Kontak *normally open* akan membuka ketika tidak ada arus mengalir pada kumparan, tetapi tertutup secepatnya setelah kumparan menghantarkan arus atau diberi tenaga. Kontak *normally close* akan tertutup apabila kumparan tidak diberi daya dan membuka ketika kumparan diberi daya. Masing-masing kontak biasanya digambarkan sebagai kontak yang tampak dengan kumparan tidak diberi daya. Sebagian besar *relay* kontrol mesin mempunyai beberapa ketentuan untuk perubahan kontak *normally open* menjadi *normally closed* atau sebaliknya. Itu berkisar dari kontak sederhana “*flip-over*” untuk melepaskan kontak dan menempatkan kembali dengan perubahan lokasi pegas.

Banyak EMR (*electromechanical relay*) yang mempunyai beberapa perangkat kontak yang dioperasikan dengan kumparan tunggal. Misalnya *relay* yang digunakan untuk mengontrol beberapa operasi penghubungan dengan arus tunggal terpisah. Pada umumnya *relay* kontrol digunakan sebagai alat pembantu untuk kontrol penghubungan rangkaian dan beban. Misalnya, motor kecil, solenoida, dan lampu pilot. EMR dapat digunakan untuk mengontrol rangkaian beban tegangan tinggi dengan rangkaian kontrol tegangan rendah. Ini memungkinkan sebab kumparan dan kontak dari *relay* secara listrik terisolasi satu sama lain. Dari segi keamanan, rangkaian tersebut mempunyai perlindungan ekstra bagi operator. Misalnya, anggap bahwa anda ingin menggunakan *relay*

untuk mengontrol rangkaian lampu 120 V dengan rangkaian kontrol 12 V. Lampu akan dirangkai seri dengan kontak *relay* pada sumber 120 V (gambar 2.10). Saklar akan dirangkai seri terhadap kumparan *relay* pada sumber 12 V. Pengoperasian saklar adalah dengan memberi energi atau menghilangkan energi kumparan. Hal ini pada gilirannya akan menutup atau membuka kontak pada saklar *ON* atau *OFF* lampu. Gambar 2.10 berikut merupakan gambar penggunaan *relay* :



Gambar 2.10 Penggunaan *Relay* Untuk Mengontrol Rangkaian Beban Tegangan Tinggi Dengan Rangkaian Kontrol Tegangan Rendah

(Sumber: PETRUZELLA, FRANK D. 2001. "Elektronik Industri". Edisi Kedua. Penerbit Andi Yogyakarta.)

2.9 LCD (*Liquid Crystal Display*)

LCD (*Liquid crystal display*) adalah salah satu komponen elektronika yang berfungsi sebagai tampilan suatu data, baik karakter, huruf ataupun grafik. Jenis LCD yang dipakai pada alat ini adalah LCD M1632. LCD terdiri dari dua bagian, yang pertama merupakan panel LCD sebagai media penampil informasi dalam bentuk huruf atau angka dua baris, masing – masing baris bisa menampung 16 huruf atau angka.

Bagian kedua merupakan sebuah sistem yang dibentuk dengan mikrokontroller yang ditempel dibalik pada panel LCD, berfungsi mengatur tampilan LCD.

Gambar 2.11 berikut ini adalah bentuk dari LCD :



Gambar 2.11 LCD Karakter 16x2

(sumber:<http://repository.usu.ac.id/bitstream/123456789/24851/3/Chapter%2011.pdf> diakses pada tanggal 11 april 2015 pukul 10:06 WIB)

Dengan demikian pemakaian LCD M1632 menjadi sederhana, sistem lain cukup mengirimkan kode – kode ASCII dari informasi yang ditampilkan.

Spesifikasi LCD M1632 :

1. Tampilan 16 karakter 2 baris dengan matrik 5 x 7 + kursor.
2. ROM pembangkit karakter 192 jenis.
3. RAM pembangkit karakter 8 jenis (diprogram pemakai).
4. RAM data tampilan 80 x 8 bit (8 karakter).
5. *Duty ratio* 1/16.
6. RAM data tampilan dan RAM pembangkit karakter dapat dibaca dari unit mikroprosesor.
7. Beberapa fungsi perintah antara lain adalah penghapusan tampilan (*display clear*), posisi kursor awal (*cursor home*), tampilan karakter kedip (*display character blink*), penggeseran kursor (*crusor shift*) dan penggeseran tampilan (*display shift*).
8. Rangkaian pembangkit detak.
9. Rangkaian otomatis *reset* saat daya dinyalakan.
10. Catu daya tunggal +5 volt.

Gambar 2.12 berikut ini adalah konstruksi *pin* LCD 16x2 :



Gambar 2.12 Konstruksi *Pin* LCD 16x2

(Sumber : www.instructables.com (2015) diakses pada tanggal 11 april 2015 pukul 10:06 WIB)

Dalam modul LCD terdapat mikrokontroler yang berfungsi sebagai pengendali tampilan karakter LCD. Mikrokontroler pada suatu LCD dilengkapi dengan memori dan *register*. Memori yang digunakan mikrokontroler *internal* LCD adalah :

1. DDRAM (*Display Data Random Access Memory*) merupakan memori tempat karakter yang akan ditampilkan berada.
2. CGRAM (*Character Generator Random Access Memory*) merupakan memori untuk menggambarkan pola sebuah karakter dimana bentuk dari karakter dapat diubah-ubah sesuai dengan keinginan.
3. CGROM (*Character Generator Read Only Memory*) merupakan memori untuk menggambarkan pola sebuah karakter dimana pola tersebut merupakan karakter dasar yang sudah ditentukan secara permanen oleh pabrikan pembuat LCD

tersebut sehingga pengguna tinggal mengambilnya sesuai alamat memorinya dan tidak dapat merubah karakter dasar yang ada dalam CGROM.

Register *control* yang terdapat dalam suatu LCD diantaranya adalah :

1. Register perintah yaitu register yang berisi perintah-perintah dari mikrokontroller ke panel LCD pada saat proses penulisan data atau tempat status dari panel LCD dapat dibaca pada saat pembacaan data.
2. Register data yaitu register untuk menuliskan atau membaca data dari atau ke DDRAM. Penulisan data pada register akan menempatkan data tersebut ke DDRAM sesuai dengan alamat yang telah diatur sebelumnya.

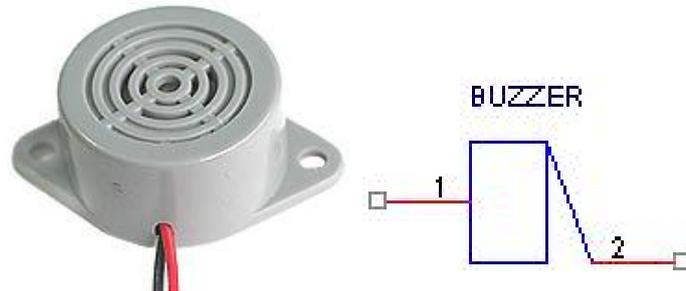
Pin, kaki atau jalur *input* dan kontrol dalam suatu LCD diantaranya adalah :

1. *Pin* data adalah jalur untuk memberikan data karakter yang ingin ditampilkan menggunakan LCD dapat dihubungkan dengan bus data dari rangkaian lain seperti mikrokontroller dengan lebar data 8 *bit*.
2. *Pin* RS (*Register Select*) berfungsi sebagai *indikator* atau yang menentukan jenis data yang masuk, apakah data atau perintah. Logika *low* menunjukkan yang masuk adalah perintah, sedangkan logika *high* menunjukkan data.
3. *Pin* R/W (*Read Write*) berfungsi sebagai instruksi pada modul jika *low* tulis data, sedangkan *high* baca data.
4. *Pin* E (*Enable*) digunakan untuk memegang data baik masuk atau keluar. *Pin* (+) LCD berfungsi mengatur kecerahan tampilan (kontras) dimana *pin* ini dihubungkan dengan *trimpot* 5 K *ohm*, jika tidak digunakan dihubungkan ke *ground*, sedangkan tegangan catu daya ke LCD sebesar 5 V.

2.10 Buzzer

Buzzer adalah sebuah komponen elektronika yang berfungsi untuk mengubah getaran listrik menjadi getaran suara. *Buzzer* terdiri dari kumparan yang terpasang pada diafragma dan kemudian kumparan tersebut dialiri arus sehingga menjadi elektromagnet, kumparan tadi akan tertarik ke dalam atau keluar, tergantung dari arah arus dan polaritas magnetnya, karena kumparan dipasang pada diafragma maka setiap gerakan kumparan akan menggerakkan diafragma secara bolak-balik sehingga membuat udara bergetar yang akan menghasilkan suara.

Buzzer biasa digunakan sebagai indikator bahwa proses telah selesai atau terjadi suatu kesalahan pada sebuah alat (*alarm*). Gambar 2.13 berikut ini adalah bentuk fisik dan suatu *buzzer* (a) dan simbol *buzzer* (b):

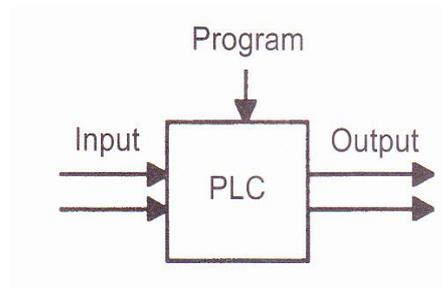


Gambar 2.13 (a) *Buzzer* dan (b) Simbol *Buzzer*

(Sumber : elib.unikom.ac.id/.../jbptunikompp-gdl-bernardham-15860-3-babii diakses pada tanggal 21 april 2015 pukul 11:02 WIB)

2.11 PLC (*Programmable Logic Controller*)

Programmable logic controller singkatnya PLC merupakan suatu bentuk khusus pengontrol berbasis mikroprosesor yang memanfaatkan memori yang dapat diprogram untuk menyimpan instruksi-instruksi dan untuk mengimplementasikan fungsi-fungsi seperti logika, *sequencing*, pewaktuan (*timing*), pencacahan (*counting*) dan aritmatika guna mengontrol mesin-mesin dan dirancang untuk dioperasikan oleh para insinyur yang hanya memiliki sedikit pengetahuan mengenai komputer dan bahasa pemrograman. Gambar 2.14 berikut ini merupakan perangkat utama sebuah PLC :



Gambar 2.14 Perangkat Utama PLC

(Sumber: Bolton, William. 2004. "*Programmable Logic Controller (PLC) Sebuah Pengantar*". Edisi Ketiga. Penerbit Erlangga)

Piranti ini dirancang sedemikian rupa agar tidak hanya para *programer* komputer saja yang dapat membuat atau mengubah program-programnya. Oleh karena itu, para perancang PLC telah menempatkan sebuah program awal di dalam piranti ini yang memungkinkan program-program kontrol dimasukkan dengan menggunakan suatu bentuk bahasa pemrograman yang sederhana dan intuitif. Istilah logika (*logic*) dipergunakan karena pemrograman yang harus dilakukan sebagian besar berkaitan dengan pengimplementasian operasi-operasi logika dan penyambungan (*switching*), misalnya jika A atau B terjadi maka sambungkan (atau hidupkan) C, jika A dan B terjadi maka sambungkan D. Perangkat-perangkat *input* yaitu sensor-sensor seperti saklar, dan perangkat-perangkat *output* di dalam sistem dikontrol, misalnya motor, katup, dan sebagainya. Kemudian disambungkan ke PLC, lalu operator memasukkan serangkaian instruksi yaitu sebuah program ke dalam memori PLC. Perangkat pengontrol tersebut kemudian memantau *input-input* dan *output-output* sesuai dengan instruksi-instruksi di dalam program dan melaksanakan aturan-aturan kontrol yang telah diprogramkan.

PLC memiliki keunggulan yang signifikan, karena sebuah perangkat pengontrol yang sama dapat dipergunakan di dalam beraneka ragam sistem kontrol. Untuk memodifikasi sebuah sistem kontrol dan aturan-aturan pengontrolan yang dijalankannya, yang harus dilakukan oleh seorang operator hanyalah melakukan seperangkat instruksi yang berbeda dari yang digunakan sebelumnya. Penggantian rangkaian kontrol tidak perlu dilakukan. Hasilnya adalah sebuah perangkat yang fleksibel dan hemat biaya yang dapat dipergunakan dalam sistem-sistem kontrol yang sifat dan kompleksitasnya sangat beragam.

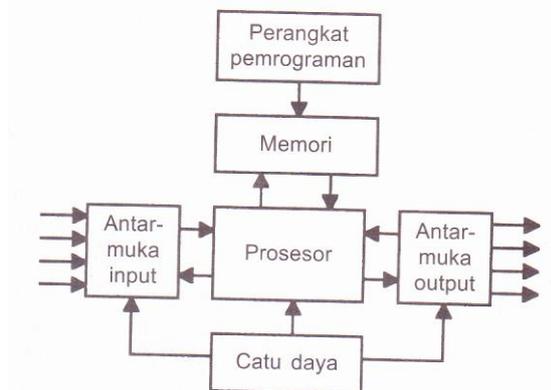
PLC serupa dengan komputer namun bedanya komputer dioptimalkan untuk tugas-tugas penghitung dan penyajian data, sedangkan PLC dioptimalkan untuk tugas-tugas pengontrolan dan pengoperasian di dalam lingkungan industri. Dengan demikian PLC memiliki karakteristik:

1. Kokoh dan dirancang untuk tahan terhadap getaran, suhu, kelembaban dan kebisingan.
2. Antarmuka untuk *input* dan *output* telah tersedia secara *built-in* di dalamnya.

3. Mudah diprogram dan menggunakan sebuah bahasa pemrograman yang mudah dipahami, yang sebagian besar berkaitan dengan operasi-operasi logika dan penyambungan.

Perangkat PLC pertama dikembangkan pada tahun 1969. Dewasa ini PLC secara luas digunakan dan telah dikembangkan dari unit-unit kecil yang berdiri sendiri (*self-contained*) yang hanya mampu menangani sekitar 20 *input/output* menjadi sistem-sistem modular yang dapat menangani *input/output* dalam jumlah besar, menangani *input/output analog* maupun *digital*, dan melaksanakan mode-mode kontrol proporsional-integral-derivatif.

Gambar 2.15 berikut ini merupakan gambar dari blok diagram PLC :



Gambar 2.15 Blok Diagram PLC

(Sumber: Bolton, William. 2004. "Programmable Logic Controller (PLC) Sebuah Pengantar". Edisi Ketiga. Penerbit Erlangga)