

SISTEM PROTEKSI PEMBOROSAN AIR PDAM di PERUMAHAN

**SKRIPSI
KONSENTRASI TEKNIK SISTEM KONTROL**

**Diajukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik**



Disusun oleh:

**DWI SRI RAHAYU
NIM. 0510633022-63**

**DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
MALANG
2009**

LEMBAR PERSETUJUAN

SISTEM PROTEKSI PEMBOROSAN AIR PDAM di PERUMAHAN

SKRIPSI KONSENTRASI TEKNIK SISTEM KONTROL

Diajukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



Disusun oleh:

DWI SRI RAHAYU
NIM. 0510633022-63

Telah diperiksa dan disetujui oleh:

Ir.Purwanto, MT.
NIP. 19540424 198601 1 001

M. Aziz Muslim, ST., MT., Ph.D
NIP. 19741203 200012 1 001

LEMBAR PENGESAHAN

**SISTEM PROTEKSI PEMBOROSAN AIR PDAM di
PERUMAHAN**

SKRIPSI

KONSENTRASI TEKNIK SISTEM KONTROL

Diajukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik

Disusun oleh:

DWI SRI RAHAYU
NIM. 0510633022-63

Skripsi ini telah di uji dan dinyatakan lulus pada
Tanggal 21 Oktober 2009

MAJELIS PENGUJI

Goegoes Dwi Nusantoro, ST., MT
NIP. 19711013 200604 1 001

Ir. Bambang Siswojo, MT
NIP. 19621211 198802 1 001

Ir. Retnowati, MT
NIP. 19511224 198203 2 001

Mengetahui
Ketua Jurusan Teknik Elektro

Rudy Yuwono, ST., MSc
NIP. 19710615 199802 1 003



PENGANTAR

Assalamualaikum wr.wb. Alhamdulillah, puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik. Skripsi berjudul **“Sistem Proteksi Pemborosan Air PDAM di Perumahan”** ini disusun sebagai syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik di Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.

Pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada :

1. Ibu dan Bapak tercinta, kakak dan adikku, serta saudara-saudaraku yang telah banyak memberikan kasih sayang, dukungan dan doa.
2. Bapak Rudy Yuwono, ST., M.Sc selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.
3. Bapak M.Aziz Muslim, ST.,MT.,Ph.D selaku Sekretaris Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Brawijaya dan juga sebagai dosen pembimbing skripsi yang telah banyak memberikan pengarahan dan bimbingan dalam penyelesaian skripsi ini serta atas segala bentuk bantuan dan saran yang membangun.
4. Bapak Ir.Purwanto, MT. selaku KKDK Sistem Kontrol dan juga sebagai dosen pembimbing skripsi yang telah banyak memberikan saran, motivasi, serta pengarahan dalam penyusunan skripsi ini.
5. Bapak, Ibu dosen serta segenap staf dan karyawan Jurusan Teknik Elektro baik secara langsung maupun tidak langsung yang telah banyak membantu dalam menyelesaikan skripsi ini.
6. Yusuf Permana yang telah banyak mengorbankan waktu, tenaga, pikiran, dan juga telah banyak memberikan dukungan dan doa.
7. Mas Vikry terima kasih atas segala bantuan dan pelajaran yang begitu berharga.
8. Rekan-rekan mahasiswa Teknik Elektro Brawijaya, khususnya teman-teman paket D'05 & keluarga besar Streamline serta sahabat-sahabatku terimakasih untuk semuanya.
9. Siska (Mak), Raisa, Mbak Tika, Dhek Mumun, nani yang selama ini menjadi teman baikku, dan juga adik-adikku penghuni kos Jl.MT.Haryono 112 CH sekarang terima kasih sudah menemani hari-hariku dan juga atas canda tawa yang kalian berikan.

10. Semua pihak yang telah memberikan bantuan serta dukungan baik secara langsung maupun tidak langsung atas penyusunan skripsi ini.

Dalam penyusunan skripsi ini, penulis menyadari bahwa skripsi ini belumlah sempurna, karena keterbatasan ilmu dan kendala-kendala lain yang terjadi selama pengerjaan skripsi ini. Semoga tulisan ini dapat bermanfaat dan dapat digunakan untuk pengembangan lebih lanjut. Wassalamualaikum wr.wb.

Malang, 27 Oktober 2009

Penulis



DAFTAR ISI

PENGANTAR	i
DAFTAR ISI.....	iii
DAFTAR TABEL.....	vi
DAFTAR GAMBAR.....	vii
DAFTAR LAMPIRAN.....	ix
RINGKASAN	x
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan Penulisan	2
1.5 Sistematika Pembahasan.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1 Sensor & Aktuator.....	4
2.1.1 Pengertian Sensor	4
2.1.1.1 Reed Sensor.....	4
2.1.1.2 LDR	5
2.1.2 Aktuator	6
2.1.2.1 Solenoids	6
2.1.2.2 Solenoid Valve.....	7
2.2 Pengkondisi Sinyal	8
2.2.1 Transistor	8
2.2.2 Penguat Kerja (<i>Operasional Amplifier</i>).....	9
2.2.2.1 Komparator	10
2.3 Kontroler.....	10
2.3.1 Mikrokontroler ATmega 8535	10
2.3.1.1 Arsitektur Atmega8535.....	12
2.3.1.2 Konfigurasi PIN ATmega8535	13
2.4 Driver Motor DC.....	16
2.5 Buzzer	17
2.6 Relay.....	18



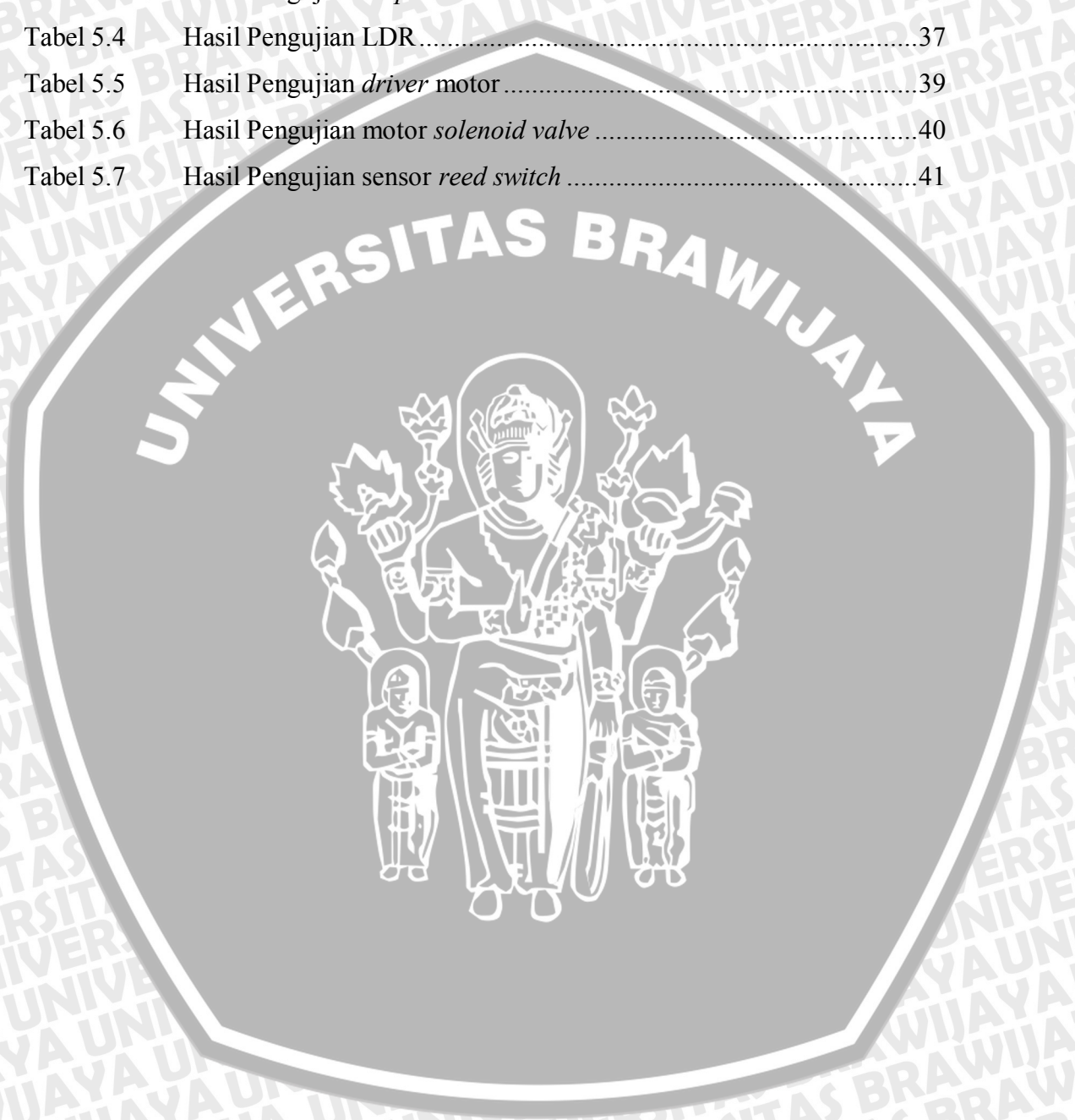
BAB III METODE PENELITIAN	19
3.1 Studi Literatur	19
3.2 Penentuan Spesifikasi Alat.....	19
3.3 Peralisasian Alat	20
3.3.1 Perancangan Perangkat Keras dan Realisasi Tiap Blok	20
3.3.2 Perancangan dan Penyusunan Perangkat Lunak	20
3.4 Pengujian Alat	20
3.4.1 Pengujian Perangkat Keras	20
3.4.2 Pengujian Keseluruhan Sistem.....	20
3.5 Pengambilan Kesimpulan	20
BAB IV PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT.....	21
4.1 Cara Kerja Alat.....	21
4.2 Perancangan Mekanik Alat.....	24
4.3 Perancangan Perangkat Keras	26
4.3.1 Sensor <i>Water Pressure Switch</i>	26
4.3.2 LDR	26
4.3.3 Rangkaian Pengkondisi Sinyal pada Sensor <i>Water Pressure Switch</i>	27
4.3.4 Rangkaian Pengkondisi Sinyal pada LDR.....	28
4.3.5 Rangkaian Mikrokontroler ATmega 8535.....	29
4.3.6 Rangkaian <i>Driver Motor Solenoid Valve & Motor Solenoid Valve</i>	30
4.4 Perancangan Perangkat Lunak	31
BAB V PENGUJIAN ALAT.....	32
5.1 Pengujian Perangkat Keras	32
5.1.1 Pengujian Minimum Sistem Mikrokontroler	32
5.1.2 Pengujian Sensor Tekanan <i>Water Pressure Switch</i>	33
5.1.3 Pengujian LDR.....	36
5.1.4 Pengujian <i>Driver Motor Solenoid Valve, Motor Solenoid Valve dan sensor reed sweet</i>	37
5.2 Pengujian Sistem Secara Keseluruhan.....	42
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN.....	47
6.1 Kesimpulan	47
6.2 Saran	47





DAFTAR TABEL

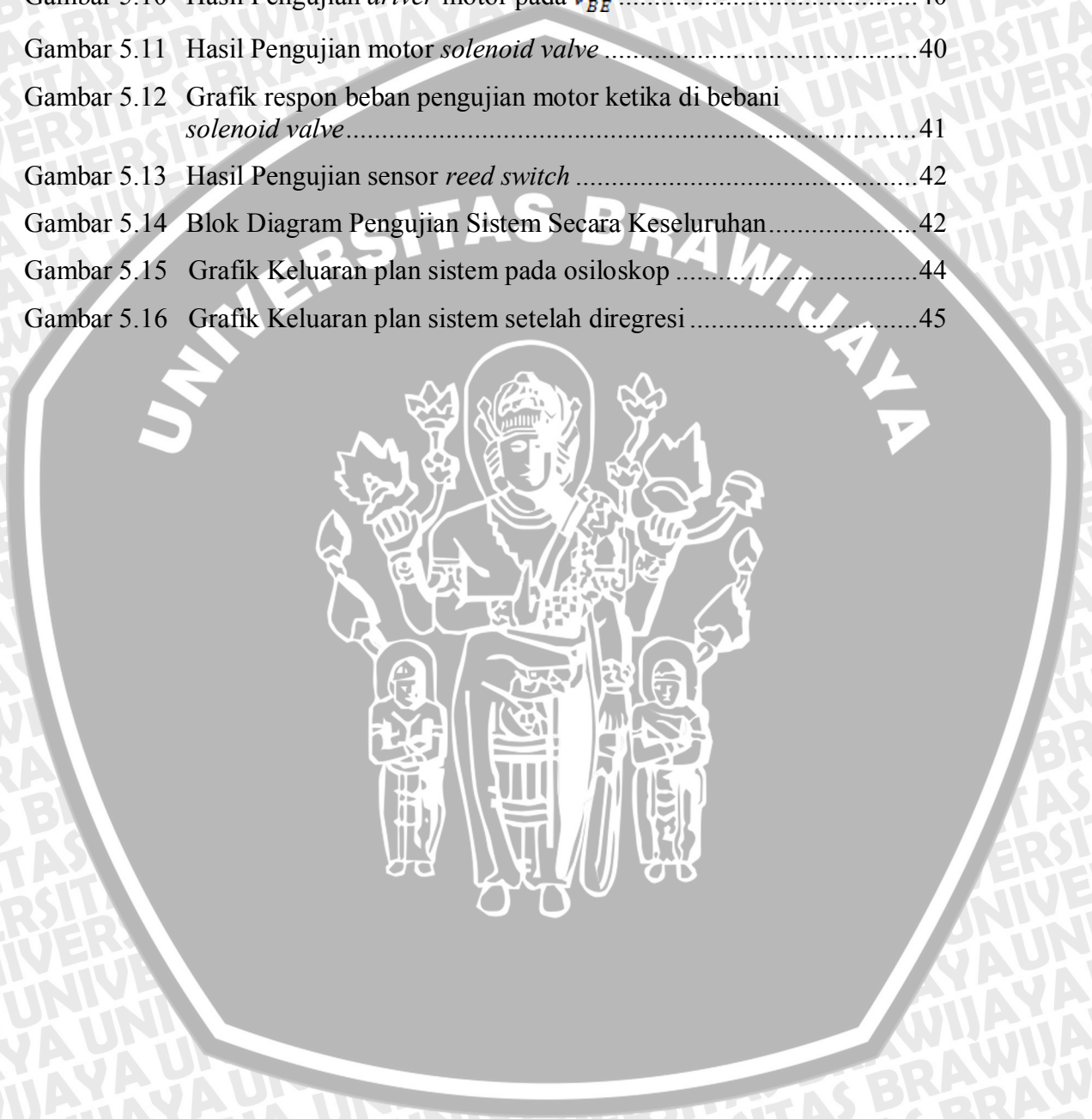
Tabel 5.1	Hasil Pengujian Sistem Mikrokontroler	33
Tabel 5.2	Hasil Pengujian sensor <i>water pressure switch</i>	35
Tabel 5.3	Hasil Pengujian <i>output driver sensor</i>	35
Tabel 5.4	Hasil Pengujian LDR.....	37
Tabel 5.5	Hasil Pengujian <i>driver motor</i>	39
Tabel 5.6	Hasil Pengujian motor <i>solenoid valve</i>	40
Tabel 5.7	Hasil Pengujian sensor <i>reed switch</i>	41



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	LDR	5
Gambar 2.2	Simbol LDR	6
Gambar 2.3	Skema rangkaian keran solenoid.....	8
Gambar 2.4	Simbol Transistor NPN dan PNP.....	9
Gambar 2.5	Rangkaian Komparator.....	10
Gambar 2.6	Blok Diagram ATmega 8535.....	12
Gambar 2.7	Konfigurasi Pin ATmega 8535	13
Gambar 2.8	Memori program AVR ATmega 8535	15
Gambar 2.9	Konfigurasi memori data AVR ATmega 8535.....	16
Gambar 2.10	Hubungan Darlington	17
Gambar 2.11	Skema Relay elektromekanik.....	18
Gambar 4.1	Blok Diagram Alat.....	21
Gambar 4.2	Rancangan Mekanik Alat Tampak Atas	24
Gambar 4.3	Rancangan Mekanik Alat Tampak Depan.....	24
Gambar 4.4	Rancangan Mekanik Alat Tampak Belakang.....	25
Gambar 4.5	Rancangan Mekanik Alat Tampak Kiri.....	25
Gambar 4.6	Sensor <i>Water Pressure Switch</i>	26
Gambar 4.7	LDR	26
Gambar 4.8	Simbol LDR.....	27
Gambar 4.9	Rangkaian Pengkondisi Sinyal pada Sensor <i>Water Pressure Switch</i> (1).....	27
Gambar 4.10	Rangkaian Pengkondisi Sinyal pada Sensor <i>Water Pressure Switch</i> (2).....	28
Gambar 4.11	Rangkaian Pengkondisi Sinyal pada LDR.....	28
Gambar 4.12	Minimum Sistem Mikrokontroler Atmega 8535.....	29
Gambar 4.13	Rangkaian <i>Driver Motor Solenoid Valve & Solenoid Valve</i>	30
Gambar 4.14	Diagram alir program	31
Gambar 5.1	Blok Diagram Pengujian Mikrokontroler	32
Gambar 5.2	Pengujian Sensor <i>water pressure switch</i> (1).....	34
Gambar 5.3	Pengujian Sensor <i>water pressure switch</i> (2).....	34
Gambar 5.4	Hasil Pengujian sensor saat tidak ada tekanan.....	35
Gambar 5.5	Hasil Pengujian output <i>driver</i> sensor saat ada tekanan	36

Gambar 5.6	Pengujian LDR.....	37
Gambar 5.7	Pengujian <i>driver</i> motor, motor <i>solenoid valve</i> dan sensor <i>reed switch</i>	38
Gambar 5.8	Hasil Pengujian <i>driver</i> motor pada saat relay <i>OFF</i>	39
Gambar 5.9	Hasil Pengujian <i>driver</i> motor pada saat relay <i>ON</i>	39
Gambar 5.10	Hasil Pengujian <i>driver</i> motor pada V_{BE}	40
Gambar 5.11	Hasil Pengujian motor <i>solenoid valve</i>	40
Gambar 5.12	Grafik respon beban pengujian motor ketika di bebani <i>solenoid valve</i>	41
Gambar 5.13	Hasil Pengujian sensor <i>reed switch</i>	42
Gambar 5.14	Blok Diagram Pengujian Sistem Secara Keseluruhan.....	42
Gambar 5.15	Grafik Keluaran plan sistem pada osiloskop	44
Gambar 5.16	Grafik Keluaran plan sistem setelah diregresi.....	45



DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN I	Foto Alat.....	49
LAMPIRAN II	Listing Program.....	52
LAMPIRAN III	Datasheet Komponen.....	58



RINGKASAN

DWI SRI RAHAYU, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang, Juli 2009. *Sistem Proteksi Pemborosan Air PDAM di Perumahan*. Dosen Pembimbing : Ir.Purwanto., MT dan M. Aziz Muslim, ST.,MT.,Ph.D

Berbagai masalah muncul seiring dengan perkembangan zaman, tidak terkecuali dalam kehidupan di perumahan. Salah satu masalah yang timbul adalah pemborosan air dari PDAM karena meteran air yang terus berputar meskipun hanya beberapa air yang menetes dari saluran PDAM. Air yang tetap menetes itu diakibatkan karena pemakaian keran pengaman pada saluran PDAM yang mudah rusak ataupun karena kelalaian penghuni rumah yang lupa mematikan keran kurang rapat, sehingga air tetap mengalir meskipun cuma sedikit.

Penelitian ini bertujuan untuk merancang sebuah alat yaitu Sistem Proteksi Pemborosan Air PDAM di Perumahan untuk mengatasi masalah pemborosan biaya akibat meteran air yang tetap berputar meskipun hanya beberapa air yang menetes dari saluran PDAM.

Sebagai pusat pengaturan dari perangkat ini digunakan mikrokontroler ATMEGA 8535. Sensor tekanan air untuk mengetahui tekanan air pada saluran air (pipa) PDAM. Pengkondisi sinyal untuk menguatkan sinyal keluaran dari sensor. *Driver* motor untuk menggerakkan *solenoid valve*.

Dari hasil pengujian didapatkan bahwa alat ini sudah bisa berjalan dengan baik. sehingga alat ini bisa digunakan sebagai proteksi pemborosan air PDAM di perumahan.



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kemajuan teknologi pada zaman sekarang sangat pesat sehingga segala peralatan dirancang bekerja secara otomatis. Perkembangan teknologi yang semakin cepat mengakibatkan manusia selalu berusaha melangkah lebih maju lagi agar dapat mengikuti perkembangan yg tidak berhenti ini khususnya sistem kontrol. Hingga kini semakin banyak sistem yang dapat dikontrol secara otomatis yang pada akhirnya membawa pengaruh pada kehidupan manusia. Pekerjaan yang dulunya harus dilakukan oleh manusia itu sendiri (manual) sekarang dapat dikerjakan secara otomatis tanpa banyak campur tangan manusia.

Berbagai masalah muncul seiring dengan perkembangan zaman, tidak terkecuali dalam kehidupan di perumahan. Salah satu masalah yang timbul adalah pemborosan air dari PDAM karena meteran air yang terus berputar meskipun hanya beberapa air yang menetes dari saluran PDAM. Air yang tetap menetes itu diakibatkan karena pemakaian keran pengaman pada saluran PDAM yang mudah rusak ataupun karena kelalaian penghuni rumah yang lupa mematikan keran kurang rapat, sehingga air tetap mengalir meskipun cuma sedikit. Keran yang pada umumnya dipakai yaitu keran yang digerakkan secara manual oleh manusia dengan cara memutar atau menggerakkan keran ke atas atau ke bawah. Peralatan ini sangat mudah mengalami kerusakan dikarenakan kurang bijak dalam mengoperasikannya. Sehingga kerusakan dan kelalaian dalam penggunaan keran tersebut akan berdampak kepada pemborosan air yang menyebabkan meteran air tetap berputar sehingga wajib membayar air yang tidak dikehendaki itu.

Berdasarkan latar belakang seperti diatas maka dalam skripsi ini akan dirancang sebuah alat yaitu Sistem Proteksi Pemborosan Air PDAM di Perumahan. Alat ini dirancang untuk mengatasi masalah pemborosan biaya akibat meteran air yang tetap berputar meskipun hanya beberapa air yang menetes dari saluran PDAM. Adapun sistem tersebut secara singkat dapat digambarkan sebagai berikut. Sebagai pusat pengaturan dari perangkat ini digunakan mikrokontroler ATMEGA 8535 karena dengan menggunakan mikrokontroler dapat melakukan pengaturan waktu

sesuai yang diinginkan dan melakukan pengaturan alarm. Sensor tekanan air untuk mengetahui tekanan air pada saluran air (pipa) PDAM. Pengkondisi sinyal untuk menguatkan sinyal keluaran dari sensor. *Driver* motor untuk menggerakkan *solenoid valve*.

1.2 Rumusan Masalah

Dari latar belakang masalah di atas dapat dirumuskan permasalahan sebagai berikut:

1. Bagaimana merancang dan membuat Sistem Proteksi Pemborosan Air PDAM di Perumahan.
2. Bagaimana merancang pengontrolan sistem menggunakan mikrokontroler.

1.3 Batasan Masalah

Dalam perencanaan skripsi ini perlu adanya pembatasan masalah yang berkaitan dengan perancangan sistem yaitu :

1. Sensor tekanan air yang dipakai adalah Sensor *Water Pressure Switch*.
2. Pada pipa apabila tekanan air 1 bar, maka kondisi ini dianggap kondisi awal. Apabila tekanan air dalam pipa adalah $< 0,2$ bar, maka keadaan ini dianggap bocor. Apabila tekanan air dalam pipa(x) adalah $0,2 \leq x < 1$ bar maka keadaan ini dianggap tidak bocor karena air yang keluar dari keran cukup banyak dan hal ini dianggap penggunaan yang diinginkan oleh pemakai.
3. *Solenoid valve* berada pada kondisi tertutup pada waktu pukul 21.00 WIB.
4. Mikrokontroler yang digunakan adalah ATmega8535 dari Atmel.

1.4 Tujuan

Tujuan penyusunan skripsi ini adalah merancang dan membuat sebuah alat yaitu Sistem Proteksi Pemborosan Air PDAM di Perumahan untuk mengatasi masalah pemborosan biaya akibat meteran air yang tetap berputar di luar keinginan konsumen dalam jangka waktu tertentu dari saluran PDAM.

1.5 Sistematika Pembahasan

Skripsi ini terdiri dari enam bab dengan sistematika pembahasan sebagai berikut:

BAB I Pendahuluan

Membahas latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan dan sistematika pembahasan.

BAB II Tinjauan Pustaka

Membahas teori-teori yang mendukung dalam perencanaan dan pembuatan alat, yang meliputi: dasar teori sensor tekanan, LDR, Pengkondisi Sinyal, Mikrokontroler ATmega8535, *Solenoid valve*.

BAB III Metodologi Penulisan

Membahas metode penelitian dan perencanaan alat.

BAB IV Perencanaan dan Pembuatan Alat

Membahas perancangan alat yang meliputi spesifikasi, perencanaan blok diagram, prinsip kerja dan pembuatan alat.

BAB V Pengujian Alat

Membahas hasil pengujian sistem terhadap alat yang telah direalisasikan.

Bab VI Kesimpulan dan Saran

Membahas kesimpulan perancangan ini dan saran-saran yang diperlukan untuk melakukan pengembangan aplikasi selanjutnya.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Untuk memudahkan dalam memahami cara kerja rangkaian maupun dasar-dasar perencanaan dari alat ini, maka perlu adanya penjelasan dan uraian teori penunjang yang digunakan dalam penulisan skripsi ini. Teori penunjang yang akan dijelaskan dalam bab ini adalah:

- Sensor (Sensor Tekanan, *Reed Sensor* & LDR) & Aktuator (*Solenoid Valve*)
- Pengkondisi Sinyal pada Sensor *Water Pressure Switch* dan pada LDR
- Mikrokontroler Atmega 8535
- Driver Motor DC
- Relay

2.1 Sensor & Aktuator

2.1.1 Sensor

Sensor adalah jenis transduser yang digunakan untuk mengubah besaran mekanis, magnetis, panas, sinar, dan kimia menjadi tegangan dan arus listrik. Sensor merupakan salah satu komponen yang sangat penting dalam mendukung terjadinya kontrol proses yang mana berfungsi sebagai berikut:

- a. Menyediakan *input* dari proses dan dari lingkungan eksternal.
- b. Mengubah informasi fisik misalnya suhu, tekanan, laju aliran dan posisi menjadi sinyal listrik.
- c. Terkait dengan variabel fisik pada cara yang diketahui sehingga sinyal listriknya dapat digunakan untuk memonitor dan mengontrol proses.

Sensor sering digunakan untuk pendeteksian pada saat melakukan pengukuran atau pengendalian. Beberapa jenis sensor yang banyak digunakan dalam rangkaian elektronik antara lain sensor cahaya, sensor suhu, dan sensor tekanan.

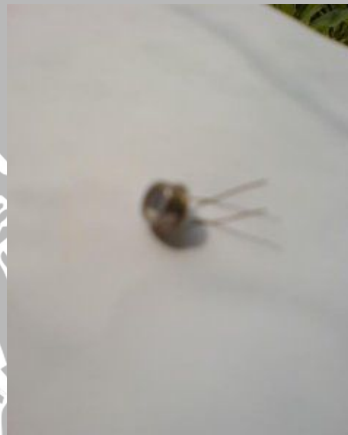
2.1.1.1 *Reed Sensor*

Reed sensor digunakan untuk mendeteksi adanya medan magnet, *reed switch* adalah suatu komponen elektronika yang sangat sederhana dengan menggunakan dua buah kawat untuk saling menghubungkan. Keuntungan dengan

menggunakan *reed switch* adalah ujung kontaktor telah terlindungi dengan aman dari lingkungan luar. *Reed switch* digunakan untuk mendeteksi medan magnet, *reed switch* mempunyai *default normaly open*, tetapi saat didekatkan pada magnet, maka akan *close*. *Reed switch* biasanya menggunakan magnet untuk membuka atau menutup sirkuit. *Reed switch* dalam aplikasinya juga digunakan pada relay untuk membuat *reed relay*, *reed switch* dililit dengan koil sehingga mendapatkan medan magnet. Ketika koil mendapatkan suatu energi, maka akan menyebabkan sirkuit tertutup.

2.1.1.2 LDR

Bentuk LDR dapat dilihat dalam Gambar 2.1.

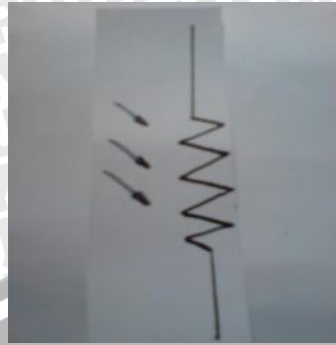


Gambar 2.1 LDR.

Sumber : <http://elektronik4.blogspot.com>.

LDR atau *Light Dependent Resistor* adalah jenis resistor yang memiliki nilai resistansi yang tidak tetap. Artinya nilai tahanan/resistansi komponen ini dapat berubah-ubah. Perubahan nilai resistansinya tergantung dari kuat lemahnya cahaya yang dia terima, makanya dinamakan *Light Dependent Resistor* atau resistor yang bergantung pada cahaya.

Simbol LDR adalah seperti dalam Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Simbol LDR.

Sumber : <http://elektronik4.blogspot.com>.

Dalam keadaan gelap resistansi LDR sekitar $10M\Omega$ dan dalam keadaan terang sebesar $1K\Omega$ atau kurang. LDR terbuat dari bahan semikonduktor seperti kadmium sulfida. Dengan bahan ini energi dari cahaya yang jatuh menyebabkan lebih banyak muatan yang dilepas atau arus listrik meningkat. Artinya resistansi bahan telah mengalami penurunan.

Dengan sifat LDR yang demikian maka LDR biasa digunakan sebagai sensor cahaya. Contoh penggunaannya adalah pada lampu taman dan lampu di jalan yang bisa menyala di malam hari dan padam di siang hari secara otomatis. (<http://elektronik4.blogspot.com>)

2.1.2 Aktuator

Aktuator adalah bagian keluaran untuk mengubah energi suplai menjadi energi kerja yang dimanfaatkan. Sinyal keluaran dikontrol oleh sistem kontrol dan aktuator bertanggung jawab pada sinyal kontrol melalui elemen kontrol terakhir

2.1.2.1 Solenoids

Solenoid adalah peralatan yang dipakai untuk mengkonversi signal elektrik atau arus listrik menjadi gerak linear mekanik. Solenoid dibuat dari kumparan, dan inti besi yang dapat digerakkan. Kekuatan menarik dan mendorong ditentukan oleh jumlah lilitan pada kumparan. Sentakan dari solenoid adalah sangat penting. Sentakan kecil akan dihasilkan tingkat operasi yang tinggi, dan daya yang dibutuhkan juga lebih sedikit.

2.1.2.2 Solenoid Valves

Solenoid valve ini merupakan kombinasi dari dua unit fungsional dasar, yaitu:

1. Solenoid dengan inti dan komponennya.
2. Badan *valve* yang dimana terdapat piringan / colokan yang diposisikan untuk menghentikan / mengalirkan aliran.

Aliran dapat mengalir tergantung dari gerakan dari inti dan tergantung dari apakah solenoid dialiri arus atau tidak. Jika dialiri arus, maka kumparan akan mendorong inti untuk membuka saluran (*valve*), dan pada saat tidak dialiri arus, saluran akan dalam keadaan tertutup. *Solenoid valve* digunakan untuk mengendalikan hidrolik, pneumatik, dan aliran air. *Solenoid valve* ini cocok untuk digunakan untuk aliran dalam satu arah saja, dengan tekanan yang diberikan pada bagian atas dari piringan saluran.

Directional valve mengalirkan, menghentikan dan mengatur arah dari aliran. Saluran ini mengalirkan aliran dengan membuka dan menutup jalur aliran dalam posisi saluran yang telah didefinisikan.

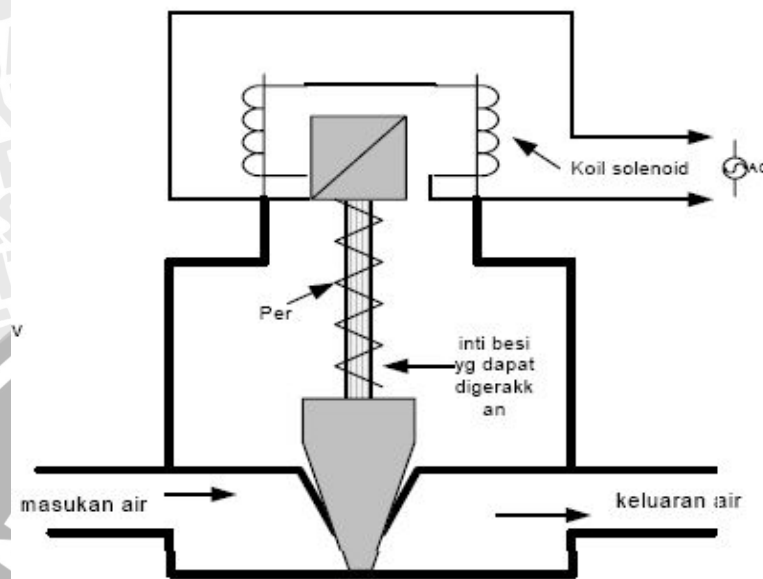
Solenoid valve adalah kombinasi dari dua dasar unit fungsional :

1. Solenoid (elektromagnet) dengan inti.
2. Badan keran yang berisi lubang mulut pada tempat piringan atau stop-kontak ditempatkan untuk menghalangi atau mengizinkan aliran.

Aliran melalui lubang mulut keran akan terbuka atau tertutup tergantung pada apakah solenoid diberi energi atau dihilangkan energinya. Apabila kumparan diberi energi, inti besi akan ditarik ke dalam kumparan solenoid untuk membukakan keran. Pegas atau per yang terdapat pada pangkal inti besi akan mengembalikan keran pada posisi semula, yaitu tertutup apabila arus berhenti. Keran solenoid dapat mengontrol *hidrolis* (cairan minyak), *pneumatic* (udara) atau aliran air.

Aplikasi standar dari keran solenoid biasanya menghendaki bahwa keran dipasang langsung pada saluran pipa atau pada pertengahan pipa yang menghubungkan air masuk dengan air keluar. Badan keran biasanya kuningan yang ditempa. Dianjurkan menggunakan saringan untuk mencegah pasir halus atau kotoran dari rumah pada lubang mulut yang menyebabkan kebocoran. Keran harus dipasang dengan arah aliran sesuai dengan anak panah yang tercetak pada sisi bodi keran, atau tanda "IN" dan "OUT" pada hubungan pipa. Keran solenoid cocok untuk menangani aliran pada satu arah saja. Dengan tekanan yang diberikan pada

bagian atas dari piringan keran. Gambar 2.3 menunjukkan skema rangkaian keran solenoid.



Gambar 2.3 Skema rangkaian keran solenoid.

Sumber: Mohd. Syaryadhi, Agus Adria, dan Syukurullah. Jurnal Rekayasa Elektrika Volume 6.No.1 Tahun 2007. Laboratorium Elektronika Teknik Elektro Universitas Syiah Kuala

2.2 Pengkondisi Sinyal

Rangkaian pengkondisi sinyal dibentuk berdasarkan hubungan yang linier antara tegangan keluaran dan tegangan masukan rangkaian. Hubungan ini dapat dinyatakan dalam bentuk persamaan garis lurus, yaitu:

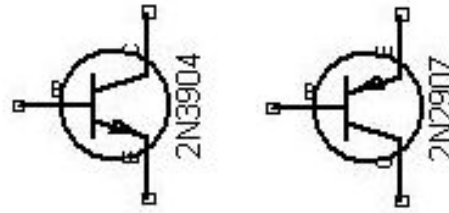
$$V_{out} = mV_{in} + V_o \dots \dots \dots (2.1)$$

Dengan : m adalah kemiringan garis yang menyatakan penguatan

V_o adalah tegangan *offset* keluaran

2.2.1 Transistor

Transistor bipolar biasanya digunakan sebagai saklar elektronik dan penguat pada rangkaian elektronika digital. Transistor memiliki 3 terminal. Transistor biasanya dibuat dari bahan silikon atau germanium. Tiga kaki yang berlainan membentuk transistor bipolar adalah emitor, basis dan kolektor. Mereka dapat dikombinasikan menjadi jenis N-P-N atau P-N-P yang menjadi satu sebagai tiga kaki transistor. Gambar 2.4 memperlihatkan bentuk dan simbol untuk jenis NPN. (Pada transistor PNP, panah emitor berlawanan arah).



Gambar 2.4 Simbol Transistor NPN dan PNP.

Sumber : <http://www.toko-elektronika.com/tutorial/linefollowertanpamikro.html>.

Pada rangkaian elektronik, sinyal *input* adalah 1 atau 0 ini selalu dipakai pada basis transistor, yang mana kolektor dan emitor sebagai penghubung untuk pemutus (*short*) atau sebagai pembuka rangkaian. Aturan atau prosedur transistor sebagai berikut:

- Pada transistor NPN, memberikan tegangan positif dari basis ke emitor, menyebabkan hubungan kolektor ke emitor terhubung singkat, yang menyebabkan transistor aktif (*on*). Memberikan tegangan negatif atau 0 V dari basis ke emitor menyebabkan hubungan kolektor dan emitor terbuka, yang disebut transistor mati (*off*).
- Pada PNP transistor PNP, memberikan tegangan negatif dari basis ke emitor akan menyalakan transistor (*on*). Dan memberikan tegangan positif atau 0 V dari basis ke emitor akan membuat transistor mati (*off*).

(<http://www.toko-elektronika.com/tutorial/linefollowertanpamikro.html>)

2.2.2 Penguat Kerja (Operasional Amplifier)

Op-amp adalah rangkaian elektronik serbaguna yang dirancang dan dikemas khusus, sehingga dengan menambahkan komponen luar sedikit saja, sudah dapat dipakai untuk berbagai keperluan.

Karakteristik terpenting dari sebuah op-amp yang ideal adalah:

- Penguatan loop terbuka amat tinggi
- Impedansi masukan yang sangat tinggi sehingga arus masukan dapat diabaikan
- Impedansi keluaran sangat rendah sehingga keluaran penguat tidak terpengaruh oleh pembeban.

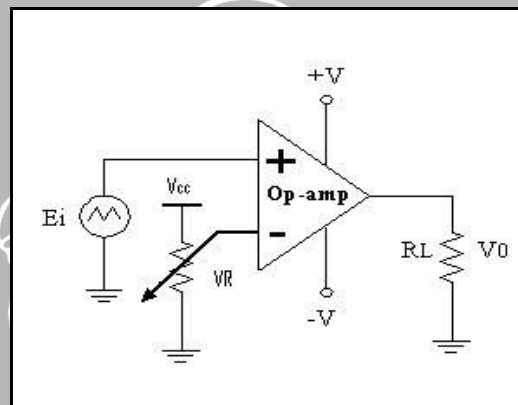
Pada op-amp terdapat satu terminal keluaran, dan dua terminal masukan. Terminal masukan yang diberi tanda (-) dinamakan terminal masukan pembalik

(*inverting*), sedangkan terminal masukan yang diberi (+) dinamakan terminal masukan bukan pembalik (*noninverting*). (<http://elka.brawijaya.ac.id>)

2.2.2.1 Komparator

Sebuah pembanding membandingkan tegangan isyarat pada satu masukan dengan suatu tegangan acuan pada masukan lainnya. Op-amp serba guna telah digunakan sebagai tambahan untuk IC yang telah dirancang untuk pembanding.

Tegangan keluaran op-amp serbaguna tidak berubah dengan sangat cepat. Lagi pula, keluarannya berubah-ubah diantara batas-batas yang ditetapkan oleh tegangan-tegangan jenuh, $+V_{sat}$ dan $-V_{sat}$ yang biasanya kira-kira $\pm 12V$. Karena itu keluaran tersebut tidak dapat menggerakkan piranti, misalnya semacam IC logik digital TTL, yang memerlukan taraf tegangan antara 0 dan $+5V$. Rangkaian komparator ditunjukkan dalam Gambar 2.5.



Gambar 2.5 Rangkaian Komparator.

Sumber: Coughlin, 1992: 19.

2.3 Kontroler

2.3.1 Mikrokontroler ATmega 8535

ATmega 8535 merupakan salah satu mikrokontroler buatan ATMEL keluarga ATmega yang mempunyai 8 kbyte *Flash PEROM (Flash Programmable and Erasable Read Only Memory)*, 512 byte SRAM, 32 pin I/O (4 buah *port I/O* bit) yang mana tiap pin tersebut dapat diprogram secara paralel dan tersendiri, mempunyai dua buah *timer/counter* 8 bit dan satu buah *timer/counter* 16 bit, mempunyai 8 bit 10 *channel* ADC, mempunyai *watchdog timer*.

Pada dasarnya mikrokontroler terdiri atas mikroprosesor, *timer*, dan *counter*, perangkat I/O dan internal memori. Mikrokontroler termasuk perangkat yang sudah

didesain dalam bentuk *chip* tunggal. Mikrokontroler dikemas dalam satu *chip* (*single chip*). Mikrokontroler didesain dengan instruksi-instruksi lebih luas dan 8 bit instruksi yang digunakan membaca data instruksi dari internal memori ke ALU.

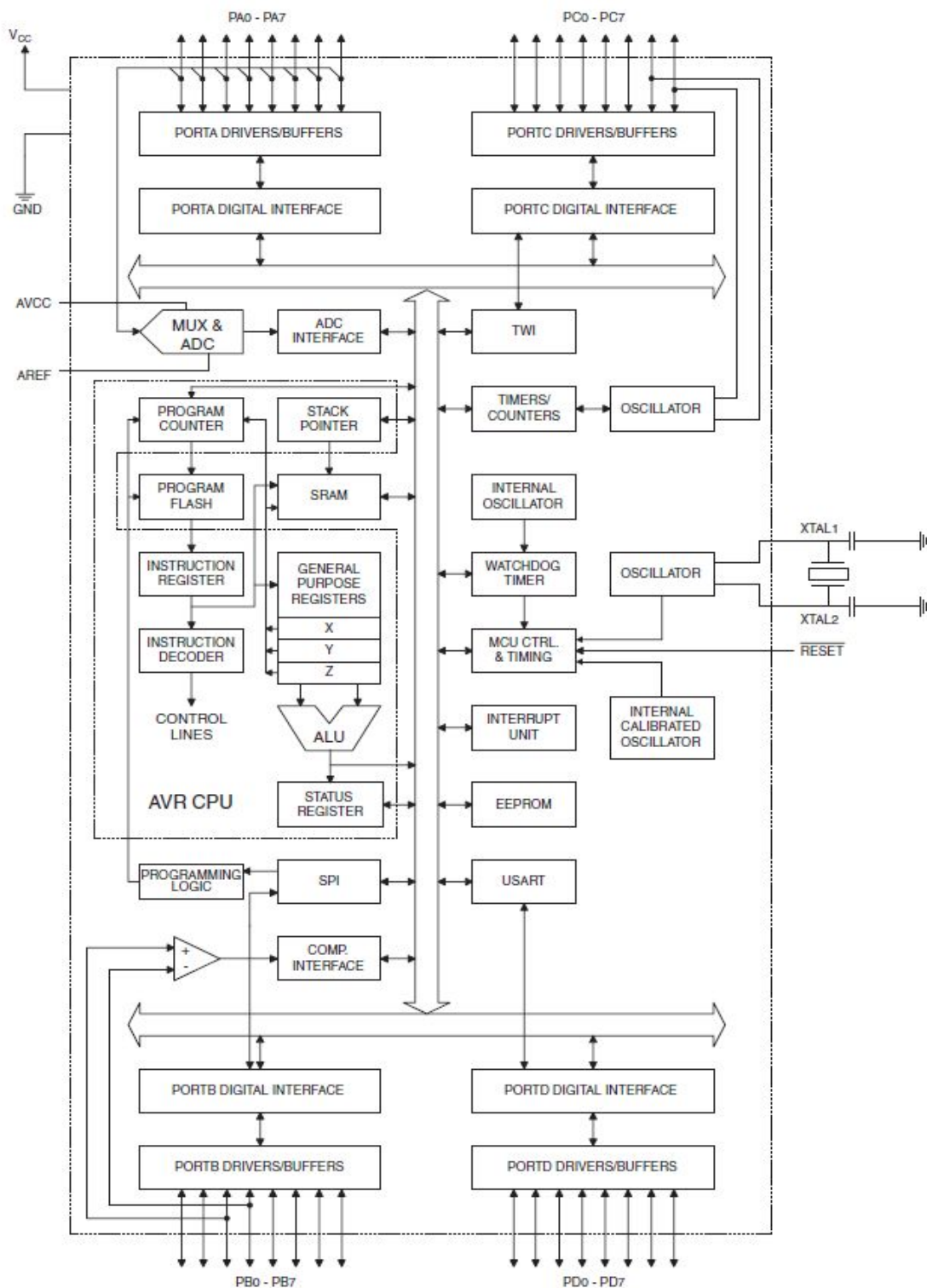
Sebagai suatu sistem kontrol mikrokontroler ATmega 8535 bila dibandingkan dengan mikroprosesor memiliki kemampuan dan segi ekonomis yang bisa diandalkan karena dalam mikrokontroler sudah terdapat RAM dan ROM sedangkan mikroprosesor didalamnya tidak terdapat keduanya. Secara umum konfigurasi yang dimiliki mikrokontroler ATmega 8535 adalah sebagai berikut :

- Sebuah CPU 8 bit dengan menggunakan teknologi dari ATMEL.
- Memiliki memori baca-tulis sebesar 512 byte SRAM.
- Jalur dua arah (*bidirectional*) yang digunakan sebagai saluran masukan atau keluaran yang dikontrol oleh register DDR.
- Sebuah komunikasi serial USART yang dapat diprogram.
- Sebuah *master/slave* serial SPI yang dapat diprogram.
- Sebuah *Two Wire Serial Interface*.
- Dua buah *timer/counter* 8 bit dan sebuah *timer/counter* 16 bit.
- *Watchdog Timer* yang dapat diprogram.
- *Analog comparator* di dalam *chip*.
- Osilator internal dan rangkaian pewaktu.
- Flash PEROM yang besarnya 8 kbyte untuk memori program
- Kemampuan melaksanakan operasi perkalian, pembagian, dan operasi *Boolean*.
- Mampu beroperasi sampai 16 MHz.

Mikrokontroler ATmega 8535 mempunyai kompatibilitas instruksi dan konfigurasi pin dengan mikrokontroler ATmega.

2.3.1.1 Arsitektur ATmega8535

Blok diagram ATmega 8535 ditunjukkan dalam Gambar 2.6.



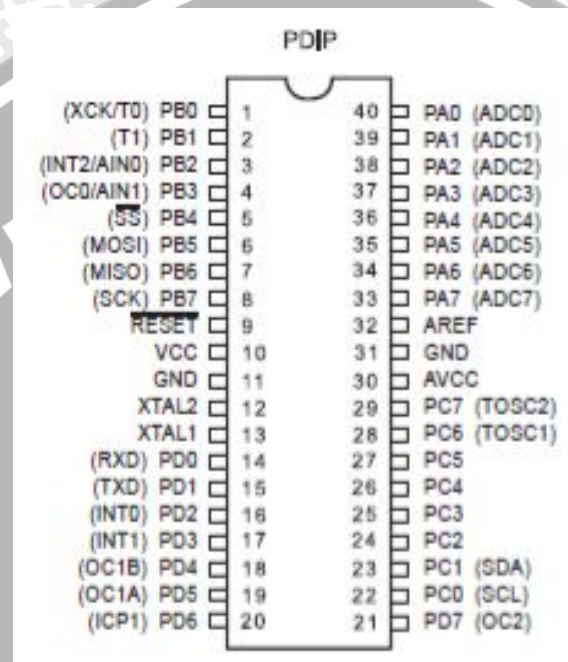
Gambar 2.6 Blok Diagram ATmega 8535.

Sumber: Datasheet ATmega 8535.

Masing-masing kaki dalam mikrokontroler ATmega 8535 mempunyai fungsi tersendiri. Dengan mengetahui fungsi masing-masing kaki mikrokontroler ATmega 8535, perancangan aplikasi mikrokontroler ATmega 8535 akan lebih mudah.

2.3.1.2 Konfigurasi PIN ATmega8535

ATmega 8535 mempunyai 40 pin, susunan masing-masing pin dapat dilihat dalam Gambar 2.7.



Gambar 2.7 Konfigurasi Pin ATmega 8535.

Sumber: *Datasheet* ATmega 8535.

Fungsi kaki-kaki ATmega 8535 adalah :

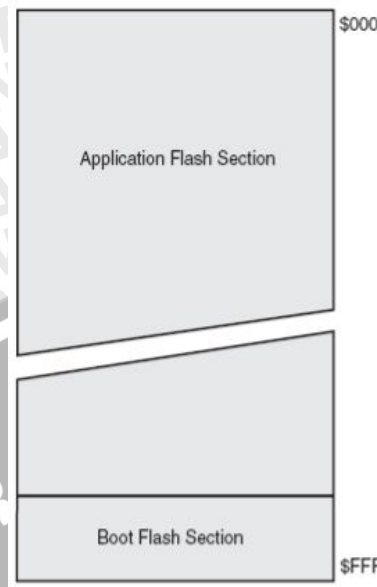
- *Port A* (Pin A0..7), merupakan saluran masukan/keluaran dua arah dan juga mempunyai fungsi khusus. Fungsi khusus *Port A* adalah sebagai ADC (*input ADC channel 0..7*).
- *Port B* (Pin B0..7), merupakan saluran masukan/keluaran dua arah dan juga mempunyai fungsi khusus. Fungsi khusus *Port B* di antaranya adalah : *Port B0* (T0 (*timer/counter0 eksternal counter input*) & XCK (*USART eksternal clock input/output*)), *Port B1* (T1 (*timer/counter eksternal counter input*)), *Port B2* (AIN0 (*Analog comparator positive input*) & INT2 (*Eksternal interrupt 2 input*)), *Port B3* (AIN1 (*Analog comparator negative input*) & OC0 (*Timer/counter0 output compare match output*)), *Port B4* (SS (*SPI slave select input*)), *Port B5* (MOSI (*SPI bus master*)).

output/slave input)), *Port B6 (MISO (SPI bus master input/slave output))*, *Port B7 (SCK (SPI bus serial clock))*.

- *Port C (Pin C0..7)*, merupakan saluran masukan/keluaran dua arah dan juga mempunyai fungsi khusus. Fungsi khusus dari *Port C* diantaranya adalah : *Port C0 (SCL (Two-Wire serial bus clock line))*, *Port C1 (SDA (Two-Wire serial bus data input/output line))*, *Port C6 (TOSC1 (Timer Oscilator pin1))*, *Port C7 (TOSC2 (Timer oscillator pin2))*.
- *Port D (Pin D0..7)*, merupakan saluran masukan/keluaran dua arah dan juga mempunyai fungsi khusus. Fungsi khusus dari *Port D* diantaranya adalah : *Port D0 (RXD (USART input pin))*, *Port D1 (TXD (USART output pin))*, *Port D2 (INT0 (Eksternal interupt 0 input))*, *Port D3 (INT1 (Eksternal interupt 1 input))*, *Port D4 (OC1B (Timer/counter 1 output compare B match output))*, *Port D5 (OC1A (Timer/counter 1 output compare A match output))*, *Port D6 (ICP (Timer/counter input capture pin))*, *Port D7 (OC2 (timer/counter 2 compare match output))*.
- Pin 9 RESET, merupakan saluran dua masukan untuk mereset mikrokontroler dengan cara memberi masukan logika rendah.
- Pin 10 VCC, merupakan saluran masukan untuk catu daya positif sebesar 5 volt DC.
- Pin 11 GND, merupakan *Ground* dari seluruh rangkaian.
- Pin 12 dan 13(XTAL2 dan XTAL1), merupakan saluran untuk mengatur pewaktuan sistem. Untuk pewaktuan dapat dapat menggunakan pewaktuan internal maupun eksternal.
- Pin 32 AREF, merupakan Pin analog referensi untuk masukan ADC.
- Pin 33 GND, merupakan *ground* dari ADC.
- Pin 34 AVCC, merupakan *supply* untuk port A dan juga merupakan *supply* untuk ADC.

Memori program yang terletak dalam *Flash PEROM* tersusun dalam word atau 2 byte karena setiap instruksi memiliki lebar 16 bit atau 32 bit. AVR ATmega 8535 memiliki 4KbyteX16 bit *Flash PEROM* dengan alamat mulai dari \$000 sampai dengan \$FFF. AVR tersebut memiliki 12 bit *Program Counter (PC)* sehingga mengalami isi *flash*. Selain itu, AVR ATmega 8535 juga memiliki memori data berupa EEPROM 8 bit sebanyak 512 byte. Alamat EEPROM dimulai dari \$000 sampai \$1FF. (<http://www.forumsains.com>)

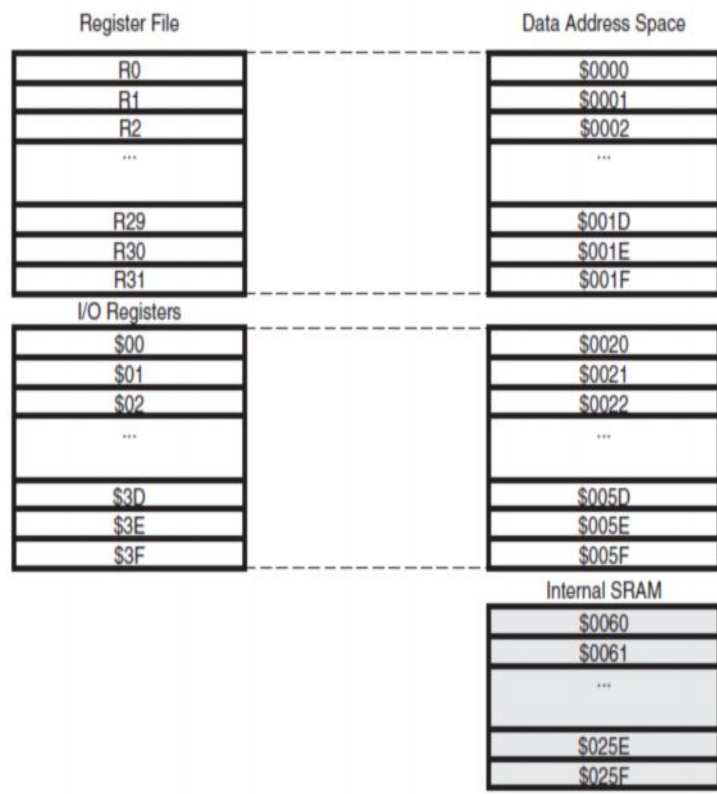
Memori program AVR ATmega 8535 ditunjukkan dalam Gambar 2.8.



Gambar 2.8. Memori program AVR ATmega 8535.

Sumber: *Datasheet* ATmega 8535.

Mikrokontroler AVR ATmega 8535 memiliki ruang pengalaman memori data dan memori program yang terpisah. Memori data terbagi menjadi 3 bagian, yaitu 32 buah register umum, 64 buah register I/O, dan 512 byte SRAM *Internal*. Register keperluan umum menempati *space* data pada alamat terbawah, yaitu \$00 sampai \$1F. Sementara itu, register khusus untuk menangani I/O dan kontrol terhadap mikrokontroler menempati 64 alamat berikutnya, yaitu mulai dari \$20 sampai \$5F. Register tersebut merupakan register yang khusus digunakan untuk mengatur fungsi terhadap berbagai peripheral mikrokontroler, seperti *kontrol register*, *timer/counter*, fungsi-fungsi I/O, dan sebagainya. Alamat memori berikutnya digunakan untuk SRAM 512 byte, yaitu pada lokasi \$60 sampai dengan \$25F. Konfigurasi memori data ditunjukkan dalam Gambar 2.9.



Gambar 2.9 Konfigurasi memori data AVR ATmega 8535.

Sumber: *Datasheet ATmega 8535*.

2.4 Driver Motor DC

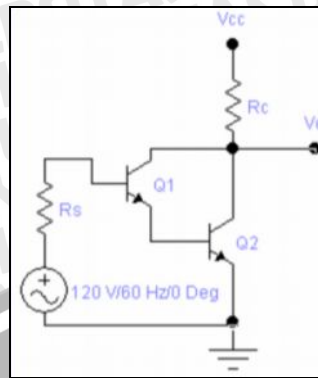
Driver atau rangkaian elektronik untuk penggerak motor DC menggunakan prinsip rangkaian Darlington. Darlington adalah rangkaian elektronika yang terdiri dari sepasang transistor bipolar (dwi kutub) yang tersambung secara tandem (seri). Sambungan seri seperti ini dipakai untuk mendapatkan penguatan (*gain*) yang tinggi, karena hasil penguatan pada transistor yang pertama akan dikuatkan lebih lanjut oleh transistor kedua. Keuntungan dari rangkaian Darlington adalah penggunaan ruang yang lebih kecil dari pada rangkaian dua buah transistor biasa dengan bentuk konfigurasi yang sama. Penguatan arus listrik atau gain dari rangkaian transistor Darlington ini sering dituliskan dengan notasi β atau *hfe*.

Secara ideal besarnya penguatan adalah :

$$hfe_D = \beta_1 \beta_2 \dots \dots \dots (2.2)$$



Hubungan Darlington dapat dilihat dalam Gambar 2.10.



Gambar 2.10 Hubungan Darlington

Sumber: Modul Praktikum FI – 2104 Elektronika Dasar, 2005, *Transistor Sebagai Saklar Penguat Gandengan DC Darlington dan Penguat Diferensial*. Laboratorium Elektronika dan Instrumentasi Fisika ITB. Bandung

$$K_v = \frac{v_o}{v_i} = \frac{R_o i_o}{R_i i_i} = K_i \frac{R_o}{R_i} \quad (2.3)$$

Dengan penguatan arus

$$K_i = \beta_1 \beta_2 \quad (2.4)$$

$$R_o = R_c // \frac{1}{h_{oe2}} \cong R_c \quad (2.5)$$

$$R_i = h_{ie1} + (1 + \beta_1) h_{ie2} \quad (2.6)$$

Oleh karena h_{ie} berada pada emitor Q1, maka jika dilihat dari basis Q1 tampak mempunyai nilai $(1 + \beta_1)$ kalinya. Sehingga:

$$K_{vi} = \frac{v_o}{v_i} = \frac{\beta_1 \beta_2 R_c}{h_{ie1} + (1 + \beta_1) h_{ie2}} \quad (2.7)$$

2.5 Buzzer

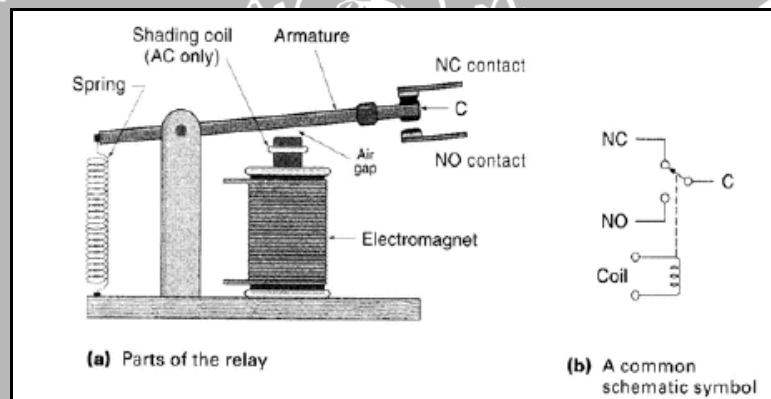
Buzzer adalah komponen elektronika yang dapat mengubah energi listrik menjadi suara pada frekuensi tertentu sehingga mampu didengar oleh manusia. Dalam aplikasinya *buzzer* digunakan sebagai indikator peringatan. Pemasangan rangkaian *buzzer* harus memperhatikan kaki anoda dan kaki katoda *buzzer*, karena jika pemasangannya terbalik maka *buzzer* tidak akan berbunyi. Kebanyakan *buzzer* bekerja pada tegangan DC ± 5 volt. Pada dasarnya *buzzer* adalah sebuah *loudspeaker*

mini. Karena bentuknya kecil, *buzzer* sering digunakan sebagai indikator peringatan dalam bentuk suara.

2.6 Relay

Relay adalah saklar elektronik yang dikendalikan oleh rangkaian listrik lainnya. Pada bentuk aslinya, relay ini beroperasi dengan menggunakan sebuah elektromagnet untuk membuka atau menutup sebuah saklar atau lebih.

Relay ini dapat aktif dan mati berdasarkan arus listrik yang dia terima. Pada relai terdapat dua jenis saklar, yaitu saklar NC (*normally close*) dan saklar NO (*normally open*). Pada saklar NC (*normally close*), saat tidak mendapat arus listrik saklar ini sudah tertutup (aktif), sedangkan saat menerima arus listrik saklar ini akan terbuka (tidak aktif). Begitu pula sebaliknya untuk saklar NO. Gambar 2.11 memperlihatkan cara kerja relay sederhana.



Gambar 2.11 Skema relay elektromekanik

Sumber : Kilian, Christopher T, *Modern Control Technology*, (West Publishing Co : 1996)

BAB III

METODE PENELITIAN

Untuk menyelesaikan rumusan masalah dan merealisasikan tujuan penelitian yang terdapat di bab pendahuluan maka diperlukan metode untuk menyelesaikan masalah tersebut. Metode yang digunakan dapat diuraikan sebagai berikut :

- Studi Literatur
- Penentuan spesifikasi alat
- Perealisasian alat
- Pengujian alat
- Pengambilan kesimpulan

3.1 Studi Literatur

Literatur yang dibutuhkan adalah dasar teori yang berhubungan dengan alat yang akan dirancang, yaitu sebagai berikut:

- a. Sensor Tekanan air
- b. Pengkondisi Sinyal
- c. Sistem mikrokontroler AT8535
- d. Driver relay
- e. *Solenoid valve*

3.2 Penentuan Spesifikasi Alat

Sebelum melakukan perencanaan dan perrealisasian alat, maka ditentukan spesifikasi alat yang akan dibuat. Adapun spesifikasi alat yang akan direalisasikan sebagai berikut:

- Sensor *Water Pressure Switch* sebagai pendeteksi tekanan air pada saluran air PDAM sehingga diketahui adanya air yang mengalir pada keran.
- Pengkondisi Sinyal digunakan untuk menguatkan sinyal keluaran dari sensor tekanan.
- Mikrokontroler AVR Tipe ATmega 8535 berfungsi sebagai pengontrol utama sistem.

3.3 Perealisasian Alat

3.3.1 Perancangan Perangkat Keras dan Realisasi Tiap Blok

- Pembuatan blok diagram lengkap sistem
- Penentuan dan perhitungan komponen yang akan digunakan
- Merakit perangkat keras masing-masing blok

3.3.2 Perancangan dan Penyusunan Perangkat Lunak

Setelah kita mengetahui seperti apa perangkat keras yang kita rancang, maka kita membutuhkan perangkat lunak untuk mengendalikan dan mengatur kerja dari alat ini. Parameter yang diperoleh dari hasil perhitungan kemudian diterapkan kedalam mikrokontroler ATmega 8535 dengan menggunakan bahasa C.

3.4 Pengujian Alat

Untuk memastikan bahwa sistem ini berjalan sesuai yang direncanakan maka diperlukan dilakukan pengujian alat meliputi perangkat keras (*hardware*) yang dilakukan baik per blok rangkaian maupun keseluruhan sistem.

3.4.1 Pengujian Perangkat Keras

Pengujian perangkat keras dilakukan dengan tujuan untuk menyesuaikan nilai tegangan dan arus yang diijinkan bekerja dalam komponen berdasarkan data sekunder komponen yang diambil dari buku data komponen elektronika maupun dari datasheet.

3.4.2 Pengujian Keseluruhan Sistem

Pengujian sistem secara keseluruhan dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui kerja alat setelah perangkat keras dan perangkat lunak diintegrasikan bersama.

3.5 Pengambilan Kesimpulan

Pengambilan kesimpulan dilakukan setelah didapatkan hasil dari pengujian. Jika hasil yang diperoleh telah sesuai dengan spesifikasi yang direncanakan maka alat tersebut telah memenuhi harapan dan memerlukan pengembangan untuk penyempurnaannya.

BAB IV PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT

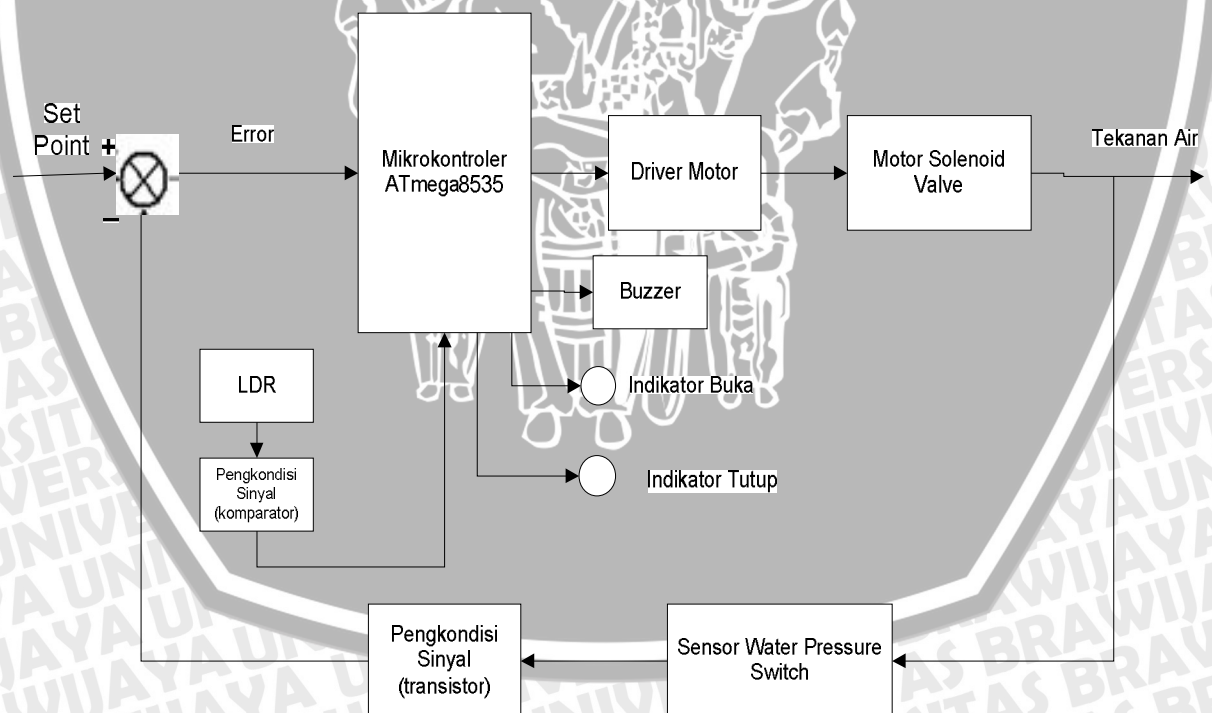
Perancangan alat ini dilakukan secara bertahap yakni blok demi blok sehingga akan memudahkan dalam penganalisaan disetiap bloknya maupun secara keseluruhan.

Perancangan ini terdiri dari:

- Cara kerja alat
- Perancangan perangkat keras (perancangan mekanik alat, sensor tekanan air *water pressure switch*, pengkondisi sinyal pada sensor *water pressure switch*, pengkondisi sinyal pada LDR, rangkaian mikrokontroler Atmega 8535, *driver motor solenoid valve*, motor *solenoid valve*).
- Perancangan perangkat lunak (perancangan algoritma perangkat lunak).

4.1 Cara Kerja Alat

Blok diagram alat ditunjukkan dalam Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Blok Diagram Alat.

Sumber: Perancangan.

Secara garis besar prinsip kerja alat adalah sebagai berikut :

- Sensor *Water Pressure Switch* mendeteksi tekanan air dalam pipa. Sensor *water pressure switch* dapat di atur secara manual, sehingga tekanan air yang akan dideteksi oleh sensor dapat diatur manual berdasarkan tekanan air rata-rata di perumahan yaitu 1 bar (bisa juga tidak sama di setiap perumahan).
- Pengkondisi sinyal (transistor) mengkondisikan & menguatkan keluaran dari sensor agar sesuai dengan masukan yang dibutuhkan mikrokontroler.
- Mikrokontroler akan mengoperasikan sistem berdasarkan masukan dari pengkondisi sinyal, kemudian akan diproses dan diolah untuk menghasilkan data yang diinginkan. Selanjutnya mikrokontroler akan memerintahkan *driver* motor *solenoid valve* untuk menggerakkan motor *solenoid valve* terbuka atau tertutup sesuai dengan kondisi yang diinginkan antara lain :

1. Pada kondisi awal :

- Keran air dalam keadaan tertutup, tekanan air di dalam pipa 1 bar.
- Alarm mati.
- Lampu indikator berwarna hijau menyala.
- *Solenoid valve* terbuka.

2. Kondisi saat ada air yang bocor dari keran air :

- Keran air dalam keadaan tertutup atau keran tertutup kurang rapat, sehingga masih ada yang bocor sedikit, tekanan air dalam pipa adalah $< 0,2$ bar.
- Alarm berbunyi.
- Lampu indikator berwarna merah menyala.
- Keadaan ini *solenoid valve* akan tertutup.

3. Kondisi saat tidak bocor (normal) :

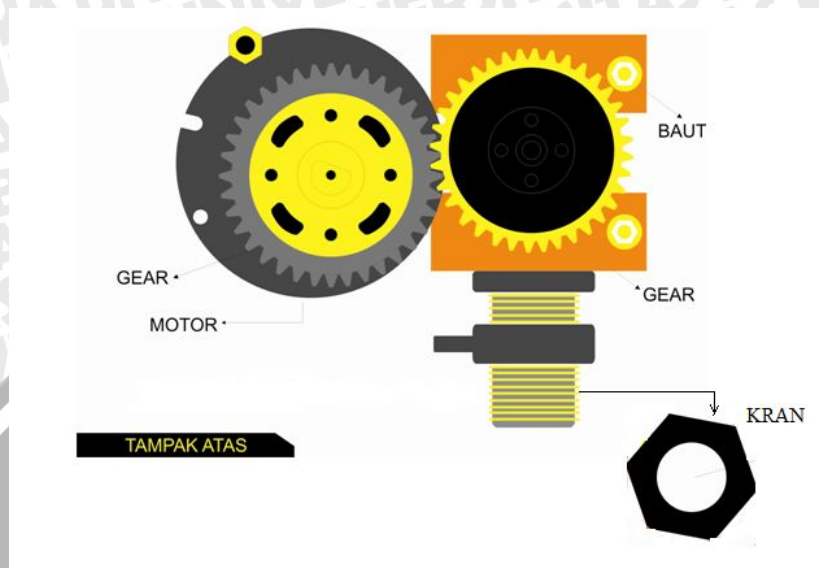
- Keran air dalam keadaan terbuka, air berkurang cukup banyak dan hal ini dianggap penggunaan yang diinginkan oleh pemakai, tekanan air di dalam pipa(x) adalah $0,2 \leq x < 1$ bar..
- Alarm mati.
- Lampu indikator berwarna hijau menyala.
- Keadaan ini *solenoid valve* terbuka.

- Motor *solenoid valve* bergerak berdasarkan perintah dari mikrokontroler dan pergerakan dari motor *solenoid valve* dibatasi oleh sensor *reed switch* yang mendeteksi adanya medan magnet (menyesuaikan terbuka atau tertutupnya *solenoid valve*). Motor *solenoid valve* membutuhkan waktu $\pm 1,25$ sekon untuk menggerakkan *solenoid valve* terbuka atau tertutup.
- Sensor LDR digunakan untuk mendeteksi waktu, karena pada sistem ini diinginkan jika pada malam hari diatas jam 21.00 *solenoid valve* dalam keadaan tertutup.
- Pengkondisi sinyal (komparator) dibutuhkan untuk menghasilkan tegangan yang diinginkan yang dapat diatur dengan resistor variabel. Hal ini dikarenakan sensitivitas cahaya yang masuk pada LDR sangat berpengaruh pada resistansi, jadi dalam rangkaian apabila terjadi perubahan resistansi maka terjadi juga perubahan tegangan.



4.2 Perancangan Mekanik Alat

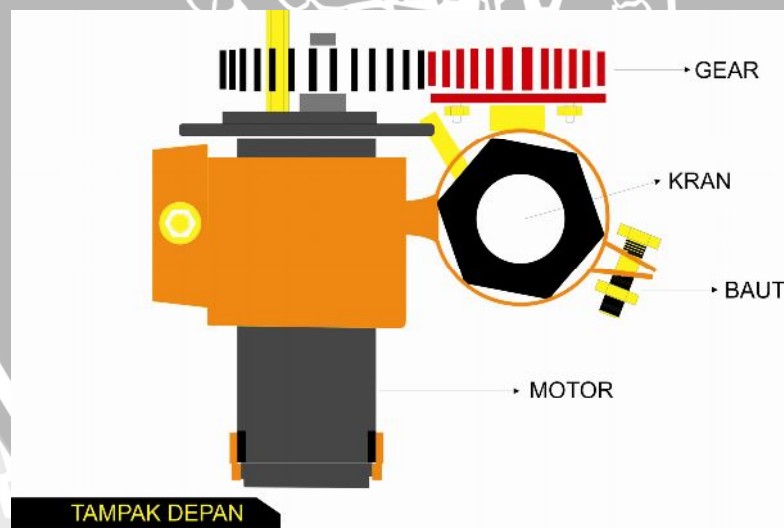
Perancangan mekanik alat tampak atas ditunjukkan dalam Gambar 4.2.



Gambar 4.2 Perancangan Mekanik Alat Tampak Atas.

Sumber: Perancangan.

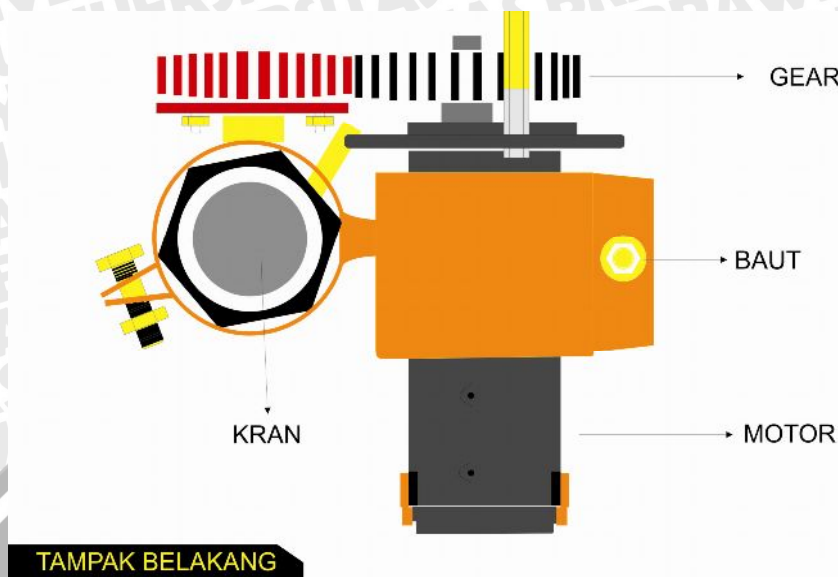
Perancangan mekanik alat tampak depan ditunjukkan dalam Gambar 4.3.



Gambar 4.3 Perancangan Mekanik Alat Tampak Depan.

Sumber: Perancangan.

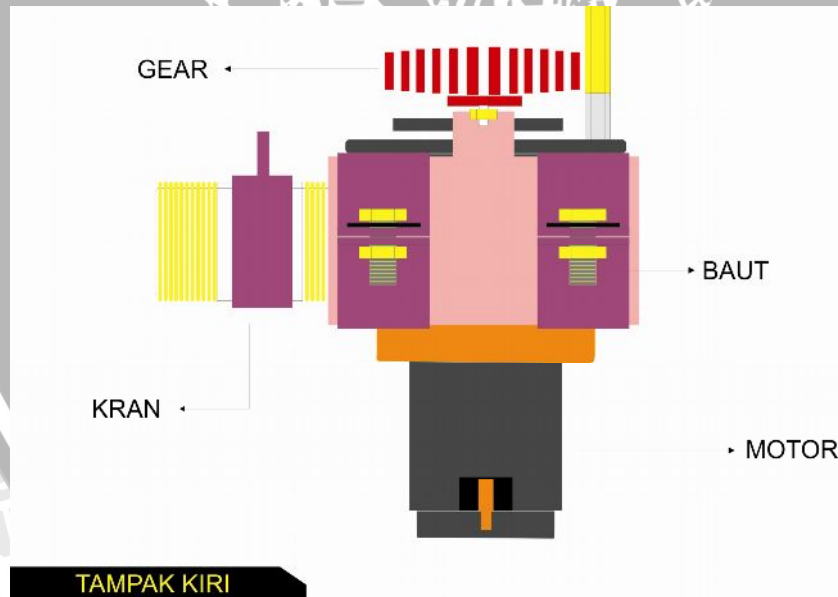
Perancangan mekanik alat tampak belakang ditunjukkan dalam Gambar 4.4.



Gambar 4.4 Perancangan Mekanik Alat Tampak Belakang.

Sumber: Perancangan.

Perancangan mekanik alat tampak kiri ditunjukkan dalam Gambar 4.5.



Gambar 4.5 Perancangan Mekanik Alat Tampak Kiri.

Sumber: Perancangan.

4.3 Perancangan Perangkat Keras

4.3.1 Sensor *Water Pressure Switch*

Sensor tekanan digunakan untuk mendeteksi tekanan air yang ada di dalam pipa. Sensor *water pressure switch* dapat di atur secara manual, sehingga tekanan air yang akan dideteksi oleh sensor dapat diatur manual berdasarkan tekanan air rata-rata di perumahan yaitu 1 bar (bisa juga tidak sama di setiap perumahan). Sensor *Water Pressure Switch* dapat dilihat dalam Gambar 4.6.

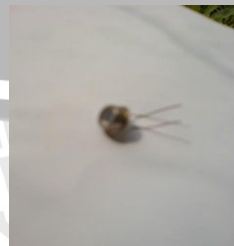


Gambar 4.6 Sensor *Water Pressure Switch*.

Sumber: Foto.

4.3.2 LDR

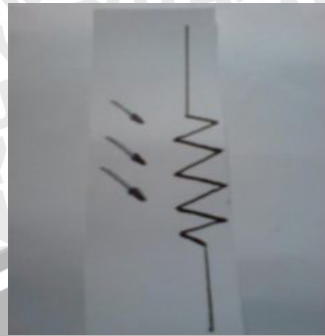
LDR digunakan untuk mendeteksi waktu, karena pada sistem ini diinginkan jika pada malam hari diatas jam 21.00 *solenoid valve* dalam keadaan tertutup. LDR atau *Light Dependent Resistor* adalah jenis resistor yang memiliki nilai resistansi yang tidak tetap. Artinya nilai tahanan/resistansi komponen ini dapat berubah-ubah. Perubahan nilai resistansinya tergantung dari kuat lemahnya cahaya yang dia terima, makanya dinamakan *Light Dependent Resistor* atau resistor yang bergantung pada cahaya. Bentuk LDR dapat dilihat dalam Gambar 4.7.



Gambar 4.7 LDR.

Sumber : <http://elektronik4.blogspot.com>.

Simbol LDR adalah seperti dalam Gambar 4.8.



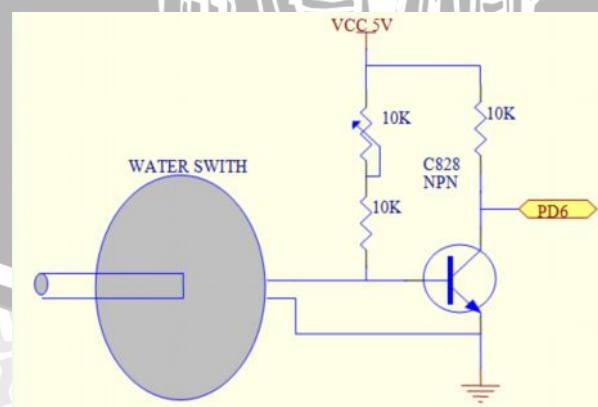
Gambar 4.8 Simbol LDR.

Sumber : <http://elektronik4.blogspot.com>.

LDR terbuat dari bahan semikonduktor seperti kadmium sulfida. Dengan bahan ini energi dari cahaya yang jatuh menyebabkan lebih banyak muatan yang dilepas atau arus listrik meningkat. Artinya resistansi bahan telah mengalami penurunan.

4.3.3 Rangkaian Pengkondisi Sinyal pada Sensor *Water Pressure Switch*

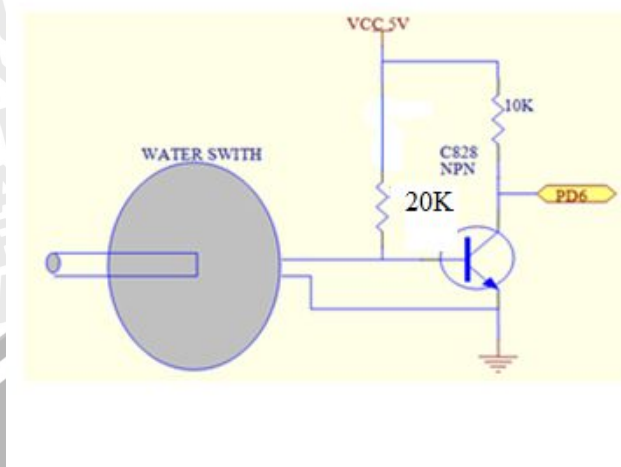
Pengkondisi sinyal digunakan untuk mengkondisikan & menguatkan keluaran dari sensor agar sesuai dengan masukan yang dibutuhkan mikrokontroler. Rangkaian pengkondisi sinyal pada sensor *water pressure switch* (1) ditunjukkan dalam Gambar 4.9.



Gambar 4.9 Rangkaian Pengkondisi Sinyal pada Sensor *Water Pressure Switch* (1).

Sumber: Perancangan.

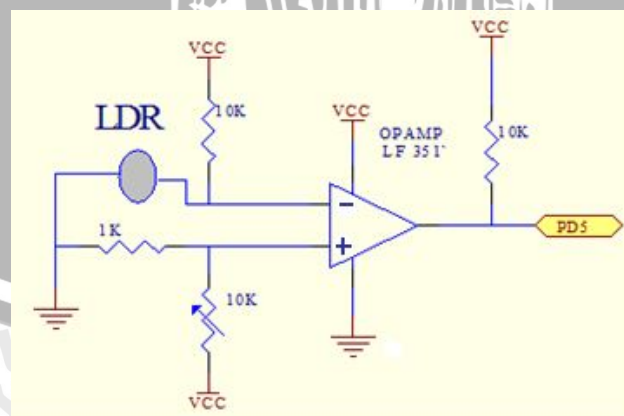
Rangkaian pengkondisi sinyal pada sensor *water pressure switch* (2) ditunjukkan dalam Gambar 4.10.



Gambar 4.10 Rangkaian Pengkondisi Sinyal pada Sensor *Water Pressure Switch* (2).
Sumber: Perancangan.

4.3.4 Rangkaian Pengkondisi Sinyal pada LDR

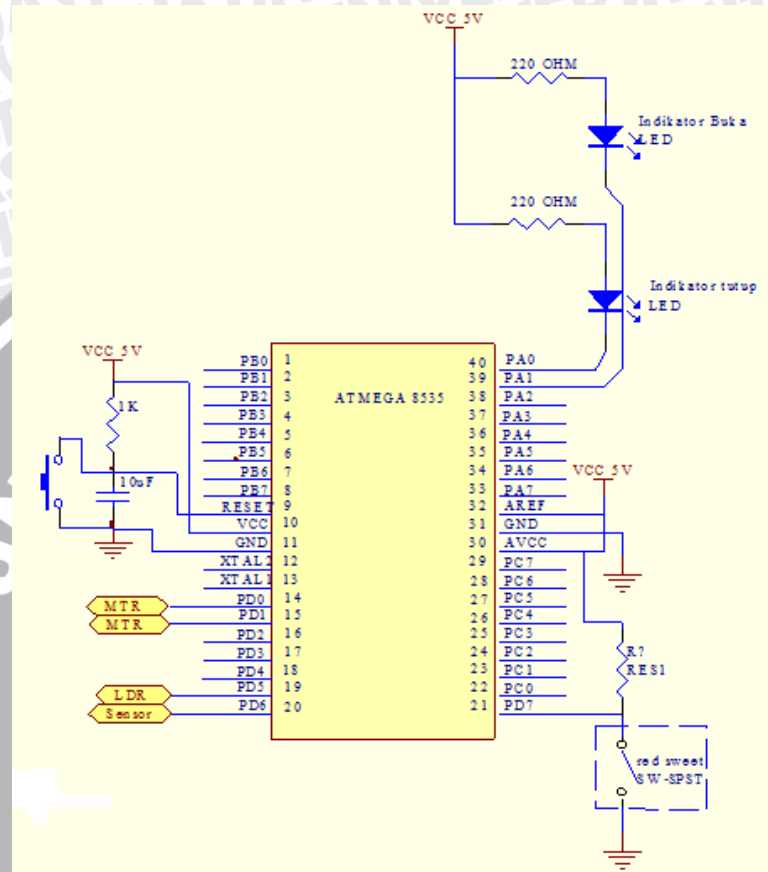
Pengkondisi sinyal (komparator) dibutuhkan untuk menghasilkan tegangan yang diinginkan yang dapat diatur dengan resistor variabel. Hal ini dikarenakan sensitivitas cahaya yang masuk pada LDR sangat berpengaruh pada resistansi, jadi dalam rangkaian apabila terjadi perubahan resistansi maka terjadi juga perubahan tegangan. Rangkaian pengkondisi sinyal pada LDR ditunjukkan dalam Gambar 4.11.



Gambar 4.11 Rangkaian Pengkondisi Sinyal pada LDR.
Sumber: Perancangan.

4.3.5 Rangkaian Mikrokontroler ATmega 8535

Pada alat ini digunakan mikrokontroler sebagai pusat dari pengolah data. Minimum sistem dari mikrokontroler AT8535 ditunjukkan dalam Gambar 4.12.



Gambar 4.12 Minimum Sistem Mikrokontroler Atmega 8535.

Sumber: Perancangan.

Mikrokontroler AT8535 mempunyai 4 *port*, 32 jalur yang dapat diprogram menjadi masukan atau keluaran, pada perancangan ini pin-pin yang digunakan adalah:

Pin A.0 & Pin A.1 = digunakan untuk indikator tutup & buka (LED)

Pin D.7 = digunakan untuk sensor *reed switch*

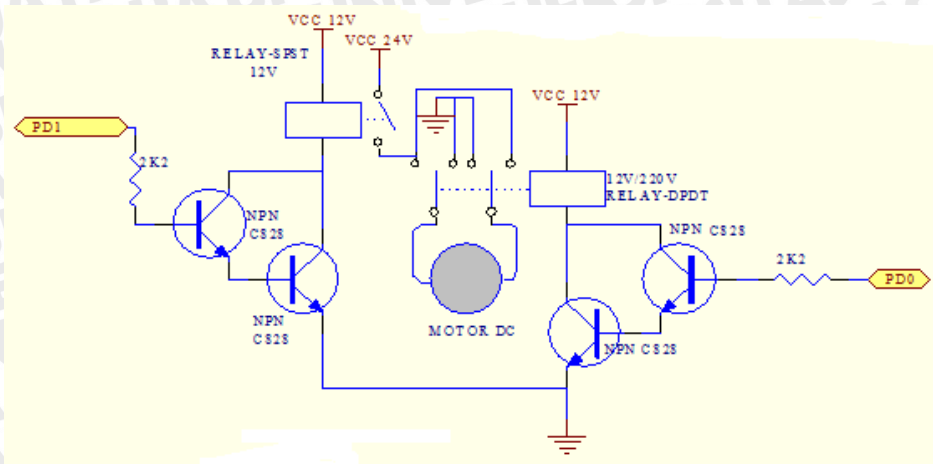
Pin D.0 & Pin D.1 = digunakan untuk motor *solenoid valve*

Pin D.5 = digunakan untuk LDR

Pin D.6 = digunakan untuk Sensor *Water Pressure Switch*

4.3.6 Rangkaian *Driver Motor Solenoid Valve & Motor Solenoid Valve*

Rangkaian *driver motor solenoid valve & motor solenoid valve* ditunjukkan dalam Gambar 4.13.



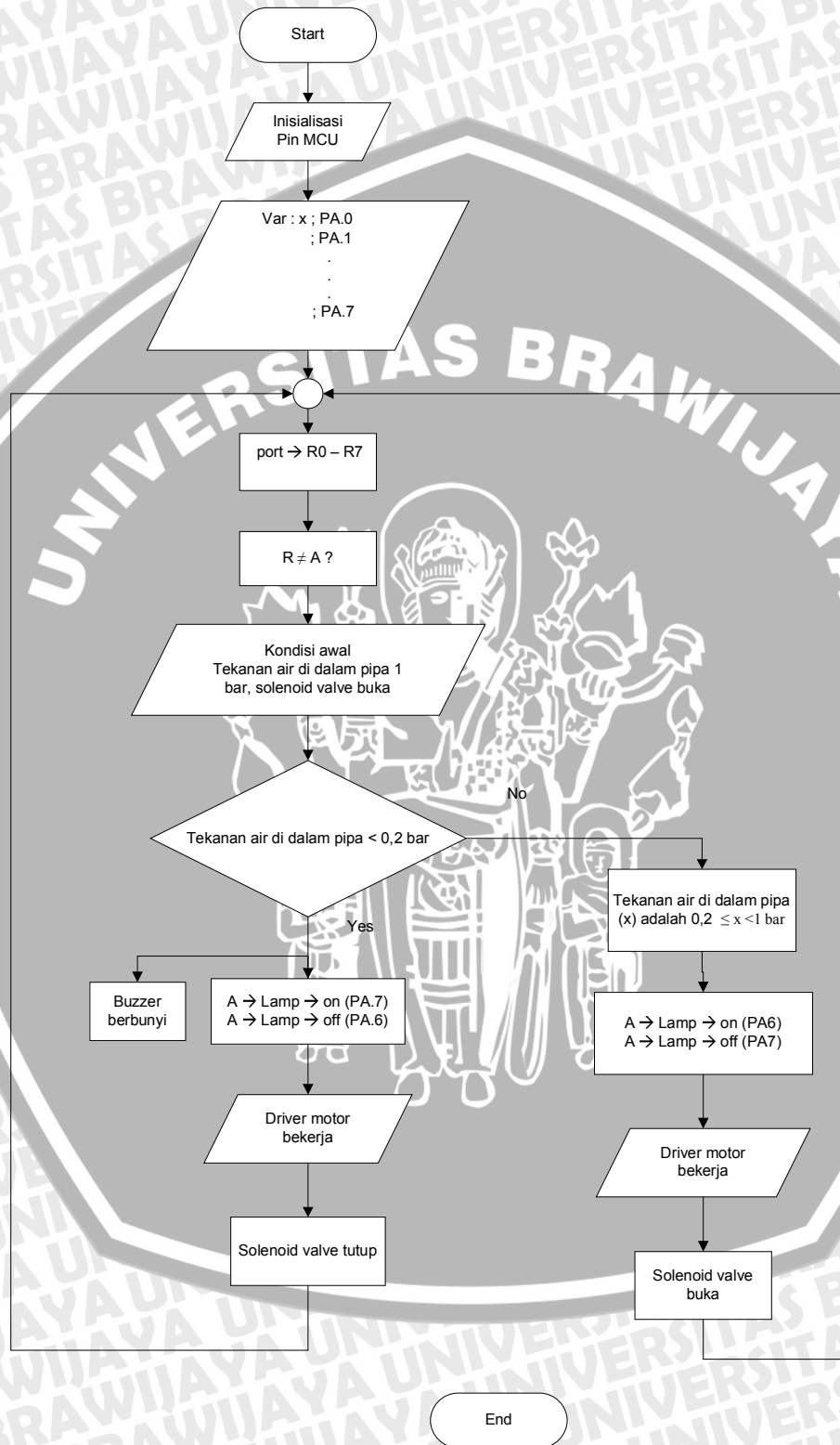
Gambar 4.13 Rangkaian *Driver Motor Solenoid Valve & Motor Solenoid Valve*.

Sumber: Perancangan.



4.4 Perancangan Perangkat Lunak

Diagram alir program ditunjukkan dalam Gambar 4.14.



Gambar 4.14 Diagram alir program.

Sumber: Perancangan.



BAB V

PENGUJIAN ALAT

Pengujian alat ini bertujuan untuk menentukan apakah alat yang telah dibuat berfungsi dengan baik dan sesuai dengan perencanaan. Pengujian ini meliputi pengujian setiap blok maupun pengujian secara keseluruhan. Pengujian setiap blok ini dilakukan untuk mempermudah analisis apabila alat tidak bekerja sesuai dengan perencanaan.

5.1 Pengujian Perangkat Keras

5.1.1 Pengujian Minimum Sistem Mikrokontroler

a. Tujuan

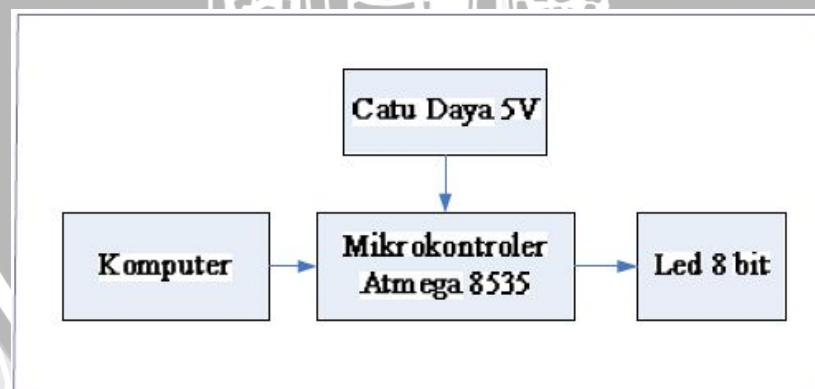
Mengetahui kondisi awal dari sistem mikrokontroler agar sesuai dengan yang diharapkan.

b. Peralatan

- Komputer dengan kabel penghubungnya
- Minimum sistem mikrokontroler ATmega 8535
- Lampu led mewakili keluaran 8 bit
- Catu daya 5 Volt

c. Langkah Pengujian

- Merangkai peralatan seperti Gambar 5.1. Keluaran terhubung dengan led yang mewakili keluaran 8 bit.



Gambar 5.1 Blok Diagram Pengujian Mikrokontroler.

Sumber: Pengujian.

- Mengisi mikrokontroler dengan program sederhana yaitu dengan mengeluarkan 0FH dan F0H pada *Port A*, kemudian *download* pada mikrokontroler AT8535.
- Mengaktifkan catu daya.

- Mencatat data keluaran yang di wakili oleh lampu led 8 bit ke dalam bentuk biner.

d. Hasil Pengujian dan Analisis

Hasil pengujian sistem mikrokontroler ditunjukkan dalam Tabel 5.1.

Tabel 5.1. Hasil Pengujian Sistem Mikrokontroler

Kondisi	Keluaran pada led display							
	Bit 0	Bit 1	Bit 2	Bit 3	Bit 4	Bit 5	Bit 6	Bit 7
I	1	1	1	1	0	0	0	0
II	0	0	0	0	1	1	1	1

Sumber: Pengujian.

Dari tabel 5.1 terlihat bahwa *Port A* memberikan logika 0FH dan F0H secara bergantian sesuai dengan isi program. Dengan demikian rangkaian minimum sistem mikrokontroler ATmega 8535 sudah bisa bekerja dengan baik.

5.1.2 Pengujian Sensor Tekanan *Water Pressure Switch*

a. Tujuan

Mengetahui apakah sensor berfungsi dengan baik atau tidak.

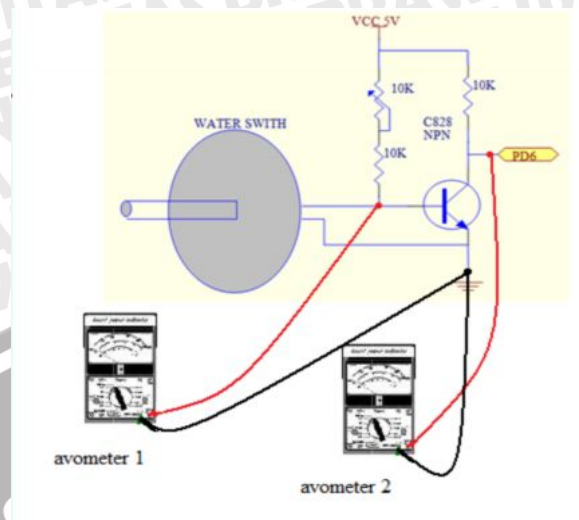
b. Peralatan

- Sensor *water pressure switch*
- Avometer
- Pompa air
- pipa
- Catu daya 5 Volt

c. Langkah Pengujian

- Mengaktifkan catu daya 5 Volt.
- Menghubungkan avometer pada sensor sesuai dengan gambar 5.2 dan 5.3
- Sensor di beri tekanan dengan cara diletakkan pada pipa yang berisi air mengalir, kemudian dilihat berapa tegangannya pada avometer.
- Begitu juga sebaliknya, dilakukan pengujian berapa tegangan pada sensor ketika tidak ada tekanan.

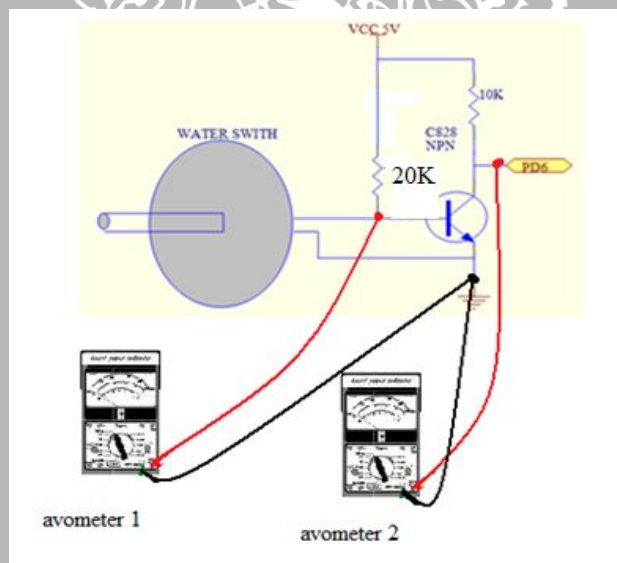
Pengujian sensor *water pressure switch (1)* ditunjukkan dalam Gambar 5.2.



Gambar 5.2 Pengujian Sensor *water pressure switch (1)*.

Sumber: Pengujian.

Pengujian sensor *water pressure switch (2)* ditunjukkan dalam Gambar 5.3.



Gambar 5.3 Pengujian Sensor *water pressure switch (2)*.

Sumber: Pengujian.

Keterangan :

Avometer 1 : untuk mengukur tegangan pada sensor

Avometer 2 : untuk mengukur tegangan pada *output driver* sensor

d. Hasil Pengujian

- Pada sensor :

Hasil pengujian sensor *water pressure switch* ditunjukkan dalam Tabel 5.2.

Tabel 5.2. Hasil Pengujian sensor *water pressure switch*

Kondisi	Tegangan
Saat tidak ada tekanan	0.7 Volt
Saat ada tekanan	0 Volt

Sumber: Pengujian.

Hasil Pengujian sensor saat tidak ada tekanan ditunjukkan dalam Gambar 5.4.



Gambar 5.4 Hasil Pengujian sensor saat tidak ada tekanan.

Sumber: Pengujian.

- Pada *output driver* sensor :

Hasil Pengujian *output driver* sensor ditunjukkan dalam Tabel 5.3.

Tabel 5.3. Hasil Pengujian *output driver* sensor

Kondisi	Tegangan
Saat tidak ada tekanan	0 Volt
Saat ada tekanan	4.2 Volt

Sumber: Pengujian.

Hasil Pengujian *output driver* sensor saat ada tekanan ditunjukkan dalam Gambar 5.5.



Gambar 5.5 Hasil Pengujian *output driver* sensor saat ada tekanan.

Sumber: Pengujian.

5.1.3 Pengujian LDR

a. Tujuan

Mengetahui resistansi saat kondisi LDR menerima cahaya siang dan malam.

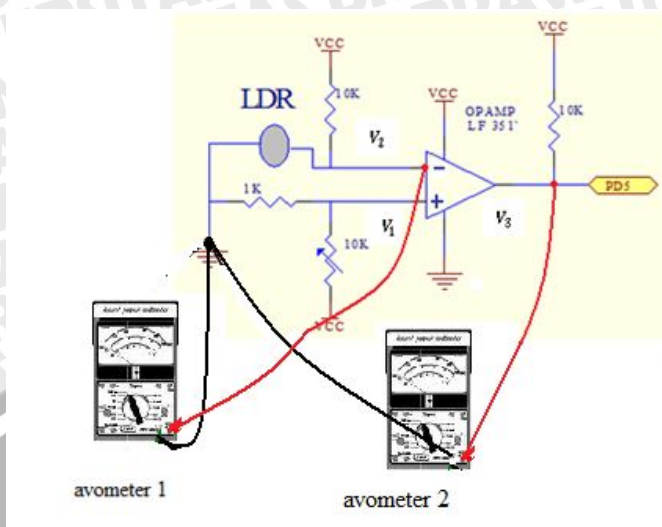
b. Peralatan

- Pengujian LDR tanpa rangkaian :
 - LDR
 - Avometer
- Pengujian LDR pada rangkaian :
 - LDR
 - Avometer
 - Catu daya 5 Volt

c. Langkah Pengujian

LDR dihubungkan dengan avometer pada waktu siang (ada cahaya) dan pada malam hari (tidak ada cahaya).

Pengujian LDR ditunjukkan dalam Gambar 5.6.



Gambar 5.6 Pengujian LDR.

Sumber: Pengujian.

d. Hasil Pengujian

Hasil pengujian LDR ditunjukkan dalam Tabel 5.4.

Tabel 5.4. Hasil Pengujian LDR

Waktu	Resistansi LDR	V_1	V_2	V_3
Siang	10 K Ω	2,5 V	2 V	4,2 V
Malam	200 K Ω	2,5 V	2,8 V	0 V

Sumber: Pengujian.

5.1.4 Pengujian *Driver Motor Solenoid Valve, Motor Solenoid Valve dan Sensor reed switch*

a. Tujuan

Untuk mengetahui apakah *driver motor solenoid valve, motor solenoid valve dan sensor reed switch* dapat berfungsi atau tidak.

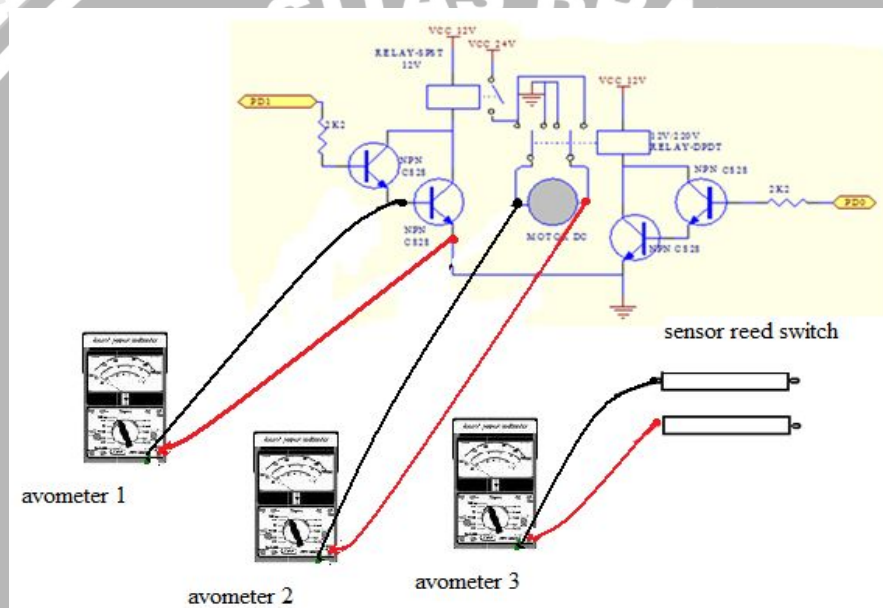
b. Peralatan

- *Driver motor*
- *Motor solenoid valve*
- *Sensor reed switch*
- Avometer
- Catu daya 5 Volt

c. Langkah Pengujian

- Mengaktifkan catu daya 5 Volt.
- Menghubungkan avometer dengan *driver* motor untuk mengukur tegangannya.
- Menghubungkan avometer dengan motor *solenoid valve* untuk mengukur tegangannya.
- Menghubungkan avometer dengan sensor *reed switch* untuk mengukur tegangannya.

Pengujian *driver* motor, motor *solenoid valve* dan sensor *reed switch* ditunjukkan dalam Gambar 5.7.



Gambar 5.7 Pengujian *driver* motor, motor *solenoid valve* dan sensor *reed switch*.

Sumber: Pengujian.

Keterangan Gambar :

- Avometer 1 : Untuk mengukur tegangan V_{BE}
- Avometer 2 : Untuk mengukur tegangan motor saat *ON* dan *OFF*
- Avometer 3 : Untuk mengukur tegangan sensor *reed switch*

d. Hasil Pengujian

➤ *Driver motor* :

Hasil pengujian *driver motor* ditunjukkan dalam Tabel 5.5.

Tabel 5.5. Hasil Pengujian *driver motor*

Relay <i>OFF</i>	0V
Relay <i>ON</i>	5V
V_{BE}	1.5V

Sumber: Pengujian.

Hasil Pengujian *driver motor* pada saat relay *off* ditunjukkan dalam Gambar 5.8.



Gambar 5.8 Hasil Pengujian *driver motor* pada saat relay *off*.

Sumber: Pengujian.

Hasil Pengujian *driver motor* pada saat relay *on* ditunjukkan dalam Gambar 5.9.



Gambar 5.9 Hasil Pengujian *driver motor* pada saat relay *on*.

Sumber: Pengujian.

Hasil Pengujian *driver* motor pada V_{BE} dapat dilihat dalam Gambar 5.10.



Gambar 5.10 Hasil Pengujian *driver* motor pada V_{BE}

Sumber: Pengujian.

➤ Motor *solenoid valve* :

Hasil pengujian motor *solenoid valve* ditunjukkan dalam Tabel 5.6.

Tabel 5.6. Hasil pengujian motor *solenoid valve*

Saat motor jalan	18V
Saat motor mati	0V

Sumber: Pengujian.

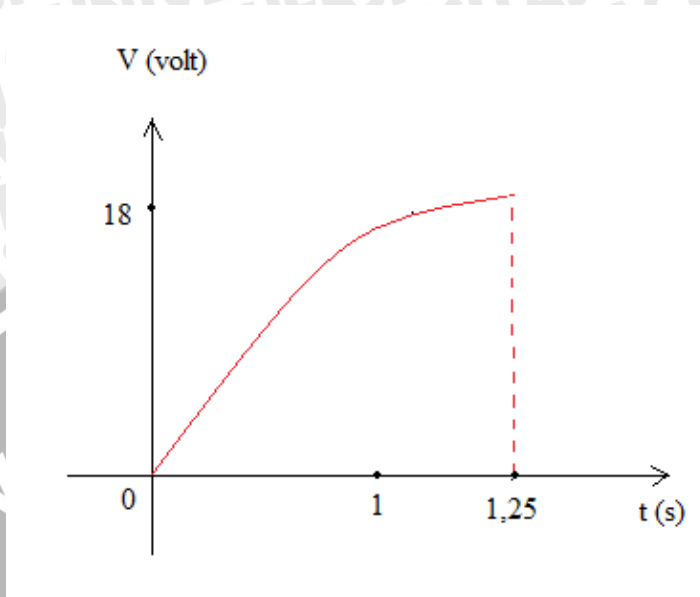
Hasil Pengujian motor *solenoid valve* dapat dilihat dalam Gambar 5.11.



Gambar 5.11 Hasil Pengujian motor *solenoid valve*.

Sumber: Pengujian.

Grafik respon beban pengujian motor ketika di bebani *solenoid valve* dapat dilihat dalam Gambar 5.12.



Gambar 5.12 Grafik respon beban pengujian motor ketika di bebani *solenoid valve*.

Sumber: Pengujian.

Keterangan gambar :

- Ketika motor di bebani *solenoid valve*, pada tegangan 18 Volt motor akan berputar selama 1,25 detik sehingga *solenoid valve* akan terbuka. Begitu juga sebaliknya dalam waktu 1,25 detik motor akan berputar berlawanan arah sehingga *solenoid valve* akan tertutup.

➤ Sensor *reed switch* :

Hasil Pengujian sensor *reed switch* ditunjukkan dalam Tabel 5.7.

Tabel 5.7. Hasil Pengujian sensor *reed switch*

Pada saat hubungan singkat	0V
Pada saat hubungan tidak singkat	~

Sumber: Pengujian.

Hasil Pengujian sensor *reed switch* dapat dilihat dalam Gambar 5.13.



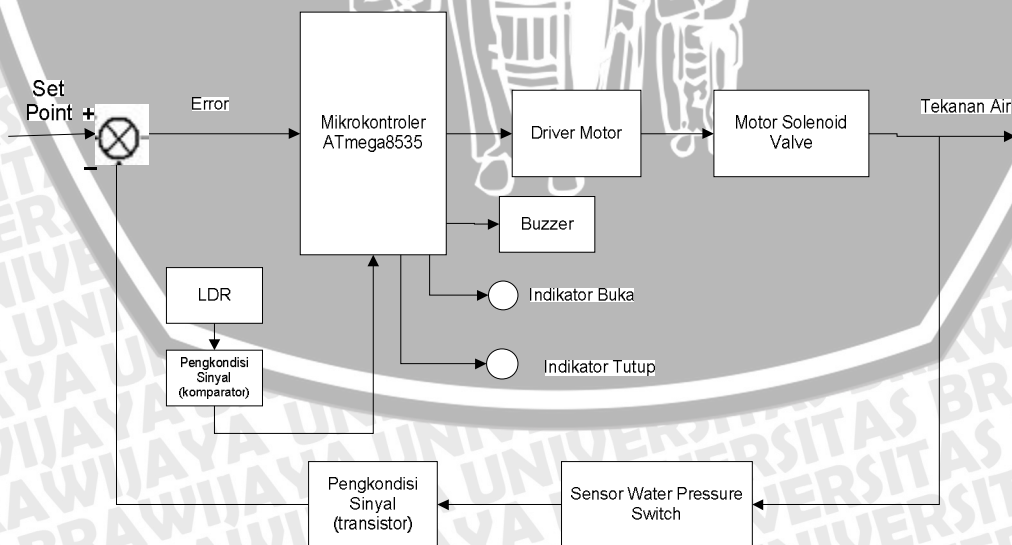
Gambar 5.13 Hasil Pengujian sensor *reed switch*.

Sumber: Pengujian.

5.2 Pengujian Sistem Secara Keseluruhan

a. Tujuan

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui unjuk kerja perangkat keras dengan perangkat lunak setelah diintegrasikan bersama-sama. Cara pengujiannya yaitu dengan menjalankan alat ini menggunakan air yang di sediakan pada bak dengan pompa air untuk menjalankan air tersebut dan mengamatinya, apakah alat sudah bisa berjalan dengan baik. Blok diagram pengujian sistem secara keseluruhan ditunjukkan dalam Gambar 5.14.



Gambar 5.14 Blok Diagram Pengujian Sistem Secara Keseluruhan.

Sumber: Pengujian.

b. Peralatan

- Catu daya 5 Volt, dinamo 18 Volt, Relay 12 V
- Minimum sistem Atmega 8535
- Sensor *water pressure switch*
- *Driver* motor
- Motor *Solenoid valve*
- Pompa air
- Pipa
- Keran air

c. Hasil Pengujian

Pengujian ini dilakukan dengan menjalankan alat ini menggunakan air yang di sediakan pada bak dengan pompa air untuk menjalankan air tersebut, kemudian mengamati bagaimana alat ini bekerja.

- Sensor *water pressure switch* dapat di atur secara manual, sehingga tekanan air yang akan dideteksi oleh sensor dapat diatur manual berdasarkan tekanan air rata-rata di perumahan yaitu 1 bar (bisa juga tidak sama di setiap perumahan).
- Pada pipa apabila tekanan air 1 bar, maka kondisi ini dianggap kondisi awal. Apabila tekanan air dalam pipa adalah $< 0,2$ bar, maka keadaan ini dianggap bocor. Apabila tekanan air dalam pipa(x) adalah $0,2 \leq x < 1$ bar maka keadaan ini di anggap tidak bocor (normal) dan hal ini dianggap penggunaan yang diinginkan oleh pemakai.

Hasil pengujian keseluruhan alat:

1. Pada kondisi awal :

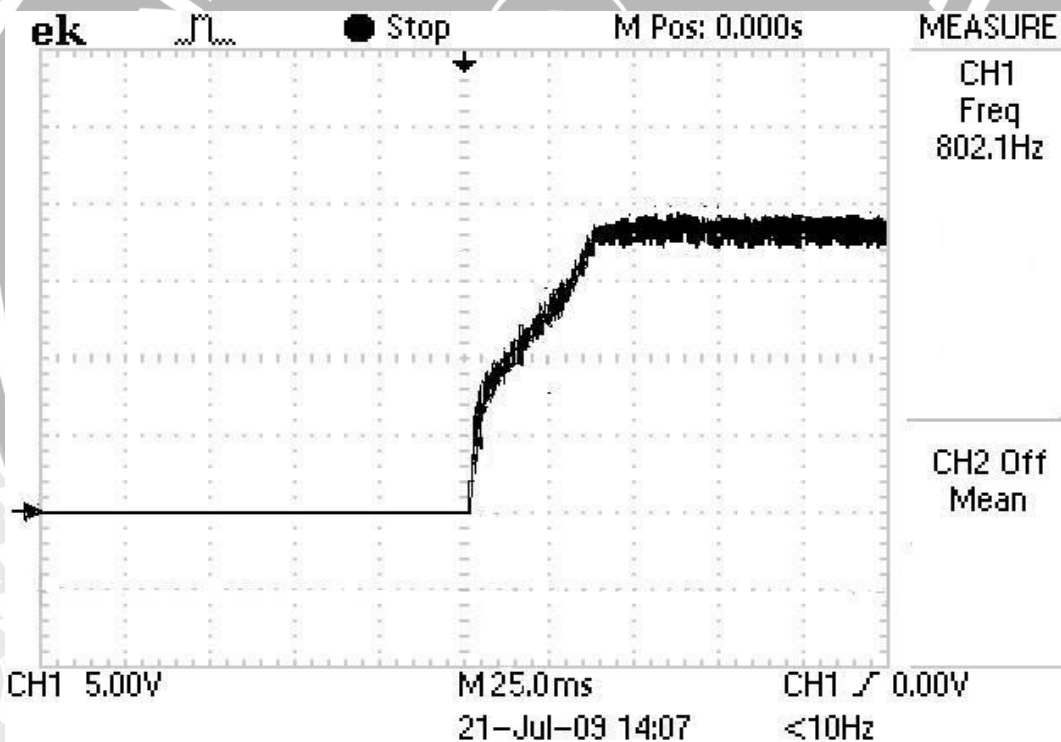
- Keran air dalam keadaan tertutup, tekanan air di dalam pipa 1 bar.
- Alarm mati.
- Lampu indikator berwarna hijau menyala.
- *Solenoid valve* terbuka.

2. Kondisi saat ada air yang bocor dari keran air :

- Keran air dalam keadaan tertutup atau keran tertutup kurang rapat, sehingga masih ada yang bocor sedikit, tekanan air dalam pipa adalah $< 0,2$ bar.
- Alarm berbunyi.

- Lampu indikator berwarna merah menyala.
 - Keadaan ini *solenoid valve* akan tertutup.
3. Kondisi saat tidak bocor (normal) :
- Keran air dalam keadaan terbuka, air berkurang cukup banyak dan hal ini dianggap penggunaan yang diinginkan oleh pemakai, tekanan air di dalam pipa(x) adalah $0,2 \leq x < 1$ bar..
 - Alarm mati.
 - Lampu indikator berwarna hijau menyala.
 - Keadaan ini *solenoid valve* terbuka.
4. Malam hari di atas pukul 21.00 WIB *solenoid valve* tertutup.

Grafik keluaran plan sistem pada osiloskop dapat dilihat dalam Gambar 5.15.

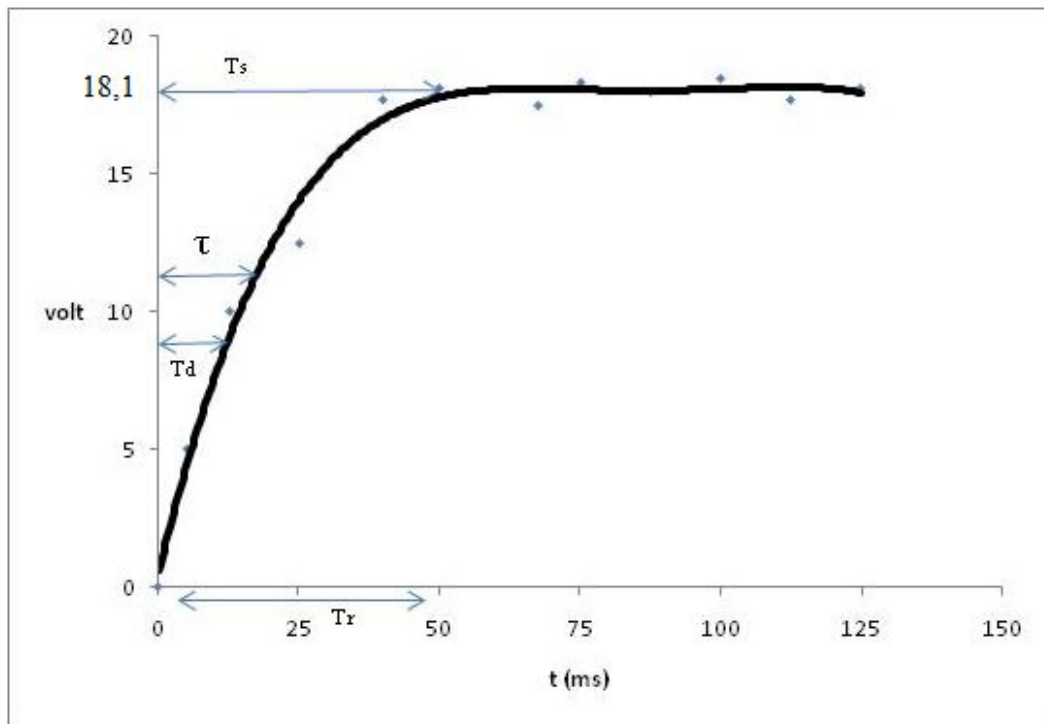


Gambar 5.15 Grafik keluaran plan sistem pada osiloskop.

Sumber: Pengujian.

Plan dari alat ini adalah motor *solenoid valve*. Berdasarkan dari grafik dalam Gambar 5.15 dapat di lihat bahwa motor *solenoid valve* membutuhkan waktu 1,25 sekon untuk menggerakkan *solenoid valve* terbuka atau tertutup. Motor ini *steady* pada tegangan 18,1 Volt.

Grafik keluaran plan sistem setelah di regresi ditunjukkan dalam Gambar 5.16.



Gambar 5.16 Grafik keluaran plan sistem setelah di regresi.

Sumber: Pengujian.

Dari grafik pada gambar 5.16 didapatkan data sebagai berikut:

- 1) Respon mencapai *steady state* dalam waktu 50ms dan pada tegangan 18,1 Volt.
- 2) *Delay time*, t_d : ukuran waktu yang menyatakan faktor keterlambatan respon *output* terhadap *input*, di ukur mulai $t=0$ s/d respon mencapai 50% dari respon *steady state*.
- t_d yang didapatkan dari pengujian ini adalah 12 ms.
- 3) *Time constan*, τ : ukuran waktu yang menyatakan kecepatan respon, yang di ukurr mulai $t=0$ s/d respon mencapai 63,2% dari respon *steady state*.
- τ yang didapatkan dari pengujian ini adalah 17 ms.
- 4) *Settling time*, t_s : ukuran waktu yang menyatakan respon telah masuk $\pm 5\%$ atau $\pm 2\%$ atau $\pm 0,5\%$ dari respon *steady state*.
- t_s yang didapatkan dari pengujian ini adalah 51 ms.
- 5) *Rise time*, t_r : ukuran waktu yang menyatakan keberadaan suatu respon, yang di ukur mulai respon 5% s/d 95% dari respon *steady state*.

- t_r yang didapatkan dari pengujian ini adalah 45ms.

6) *Error steady state* yang terjadi sebesar 0,56%.

$$\begin{aligned} \text{Error steady state} &= \frac{V_{\text{saat steady state}} - V_{\text{motor}}}{V_{\text{motor}}} \\ &= \frac{18.1 \text{ V} - 18 \text{ V}}{18 \text{ V}} \times 100\% \\ &= 0,56\% \end{aligned}$$



BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil setelah melakukan penelitian, perancangan, pembuatan alat dan pengujian alat adalah:

- a) Plan dari alat ini adalah motor *solenoid valve*. Berdasarkan dari pengujian yang dilakukan, dapat di lihat bahwa motor *solenoid valve* membutuhkan waktu 1,25 sekon untuk menggerakkan *solenoid valve* terbuka atau tertutup. Motor ini steady pada tegangan 18,1 Volt. *Time delay* yang didapatkan dari pengujian adalah 12 ms.
- b) Dari hasil pengujian yang dilakukan, dapat disimpulkan bahwa alat ini dapat digunakan untuk mengatasi masalah pemborosan biaya akibat meteran air yang tetap berputar di luar keinginan konsumen dalam jangka waktu tertentu dari saluran PDAM.

6.2 Saran

Dalam perancangan dan pembuatan alat ini masih terdapat kelemahan dan kekurangan sistem. Saran-saran untuk penyempurnaan kinerja alat dan pengembangan lebih lanjut adalah sebagai berikut :

- a. Untuk meningkatkan performa sistem, diperlukan penggunaan sensor yang memiliki tingkat ketelitian (presisi) yang tinggi sehingga performa sistem menjadi lebih baik.
- b. Alat ini dapat dikembangkan pemakaiannya untuk proses produksi di pabrik-pabrik.

DAFTAR PUSTAKA

- Andra. 2009. *Hobi Elektronika*. <http://elektronik4.blogspot.com/2008/09/ldr-light-dependent-resistor.html>. Diakses Tanggal 07 Mei 2009. Pukul 13.48 WIB.
- Anonim. Robot Line Follower Sederhana. <http://www.toko-elektronika.com/tutorial/linefollowertanpamikro.html>. (Tanggal akses: 6 Mei 2009).
- ATMEL. 2007. *ATMEGA8535/ATMEGA8535L, 8-bit AVR Microcontroller with 8 Kbytes in System Programable Flash*.
- Bejo, Agus. 2007. *C & AVR Rahasia Kemudahan Bahasa C dalam Mikrokontroler ATmega 8535*. Yogyakarta : Penerbit Graha Ilmu.
- Modul Praktikum FI – 2104 Elektronika Dasar. 2005. *Transistor Sebagai Saklar Penguat Gandengan DC Darlington dan Penguat Diferensial*. Laboratorium Elektronika dan Instrumentasi Fisika ITB. Bandung
- Mohd. Syaryadhi, Agus Adria, dan Syukurullah. 2007. *Jurnal Rekayasa Elektriكا Volume 6 No.1 Tahun 2007*. Laboratorium Elektronika Teknik Elektro Universitas Syiah Kuala.
- Tjahjo Kartiko Dirgantoro, Handry Khoswanto, Hany Ferdinando. 2006. *Jurnal Teknik Elektro Vol. 6, No. 2, September 2006: 121 – 132*. Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri – Universitas Kristen Petra.
- Wardhana, Lingga. 2006. *Belajar Sendiri Mikrokontroller AVR Seri ATmega 8535 Simulasi, Hardware dan Aplikasi*. Yogyakarta : Penerbit Andi.

LAMPIRAN I

Foto Alat



Foto mekanik alat ditunjukkan dalam Foto 1.

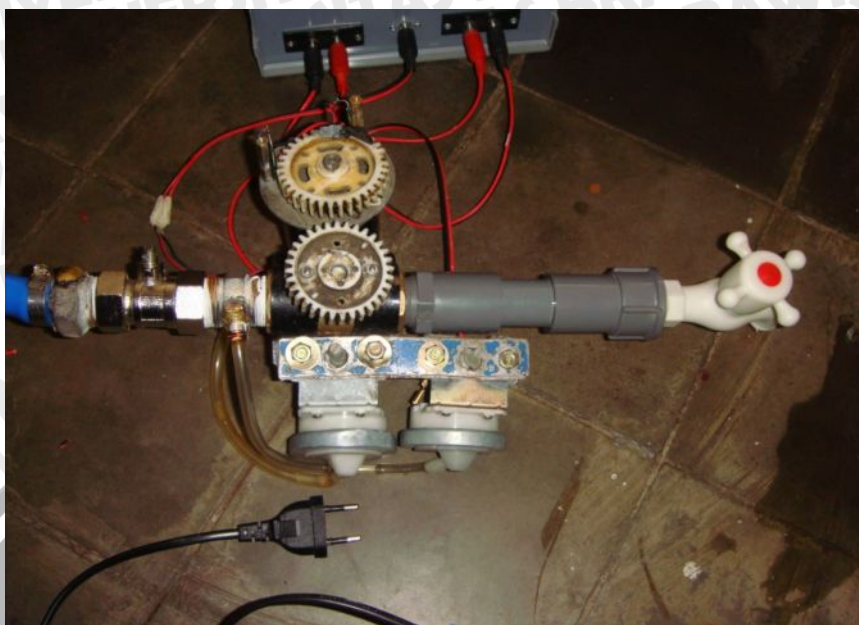


Foto 1. Mekanik Alat

Foto elektronik alat ditunjukkan dalam Foto 2.

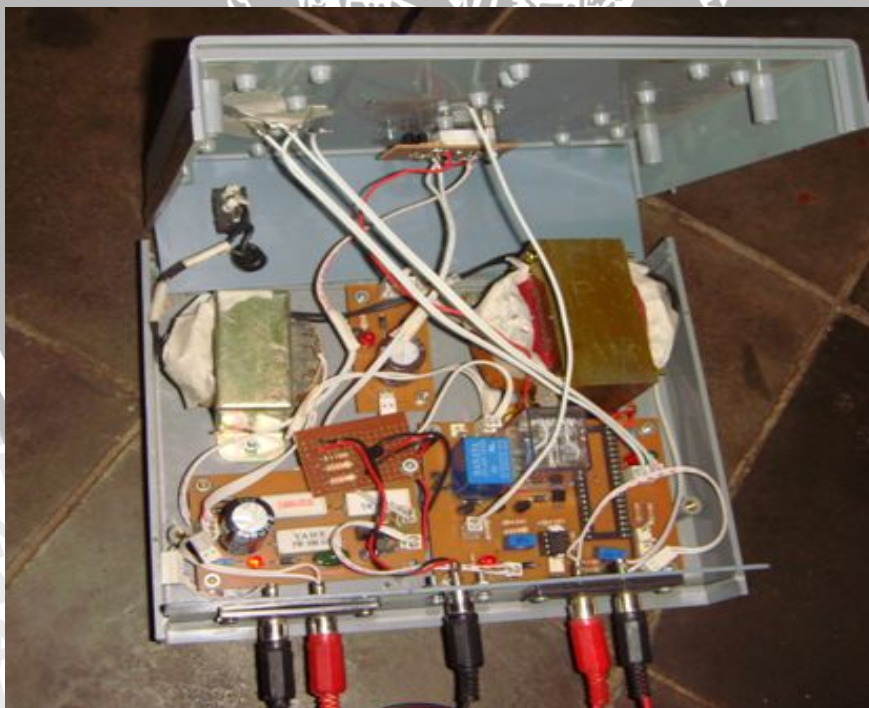


Foto 2. Elektronik Alat

Foto alat tampak depan dengan boks kontrol elektronik tertutup ditunjukkan dalam Foto 3.

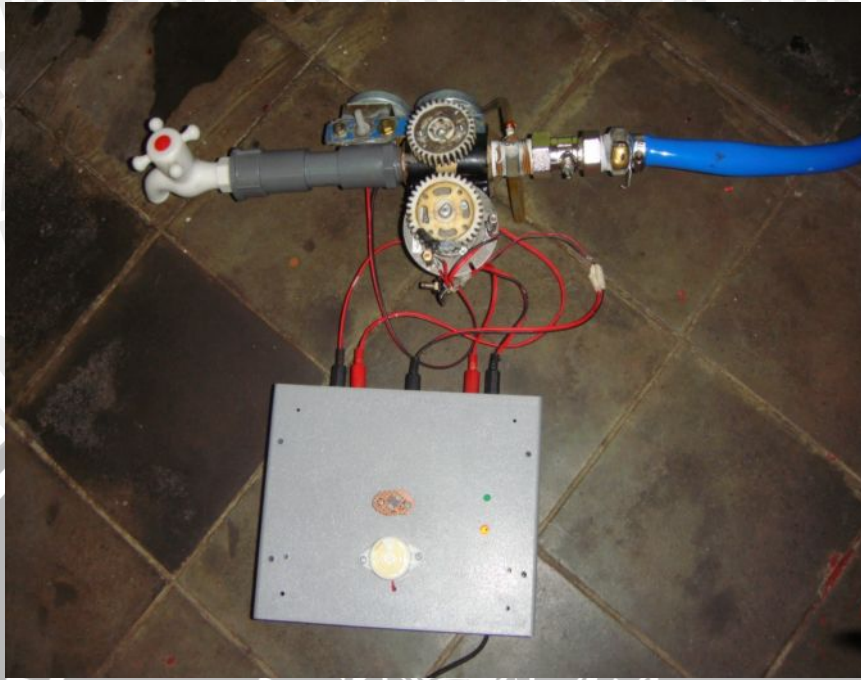


Foto 3. Alat tampak depan dengan boks kontrol elektronik tertutup

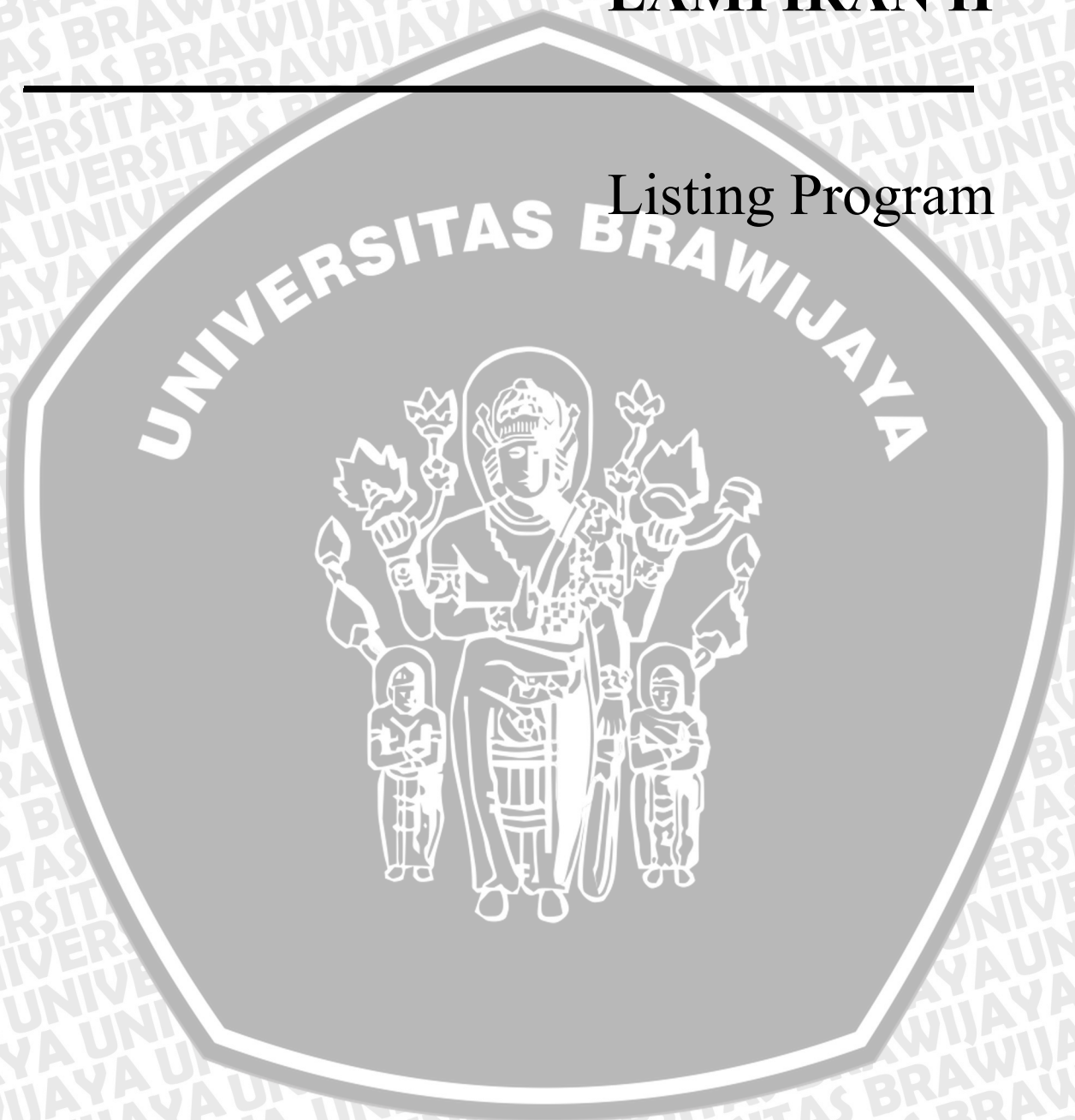
Foto alat tampak depan dengan boks kontrol elektronik terbuka ditunjukkan dalam Foto 4.



Foto 4. Alat tampak depan dengan boks kontrol elektronik terbuka

LAMPIRAN II

Listing Program



```
/******\
```

Deteksi Kebocoran Pada Pipa Air

```
/******\
```

```
#include <Atmega8535L.h>
```

```
char Pencacah20;
```

```
char Sensor_1;
```

```
char Sensor_2;
```

```
char Sensor_ldr
```

```
char Alarm;
```

```
sbit at 0xB5 Motor_Bb;    //
```

```
sbit at 0xB7 Motor_ON_OFF; //
```

```
void inialisasi PORT SEBAGAI INPUT (void)
```

```
{
```

```
    ldi    r16,0b11111111
```

```
    out    DDRA,r16
```

```
    ldi    r16,0b11111111
```

```
    ;INIALISASI
```

```
    out    DDRB,r16
```

```
    ldi    r16,0b11111110
```

```
    ;INIALISASI
```

```
    out    DDRC,r16
```

```
    ldi    r16,0b00111011
```

```
    ;INIALISASI
```

```
    out    DDRD,r16
```

```
}
```

```

// ***** Deteksi Sensor AIR *****

void Ruas2Digit (unsigned char c, unsigned char pos){

    code char KombinasiRuas[] = {0xC0,0xF9,0xA4,0xB0,0x99,

                                0x92,0x82,0xF8,0x80,0x90};

    Ruas[pos++] = Sensor_1[c/10];

    Ruas[pos] = sensor_2[c%10];

}

void LDR_Malam Hari (void){

    Ruas2(Delay,0);

    Ruas2(Ldr,2);

}

// ***** Delay Waktu *****

void TungguSebentar()

{

    ldi        r19,0

    ldi        r20,0x15

    dec        r20

    brne      dely1

    dec        r19

    brne      delay1

}

void Tunggu()

{

    ldi        R21,0x50

    ld1: rcall  delay

    dec        R21

    brne ld1

}

```

/******\

- * Bagian Utama *
- * Tugas Utama ATmega 8535L Mendeteksi Sensor air *
- * menjalankan Valve Bukak Tutup *
- * *
- * Mendeteksi *
- * ATmega8535 meninggalkan sebentar Bagian Utama ini, untuk mengu*
* rus delay saat Ldr hidup. *

/******\

```
void main (void){
```

```
    Pencacah20=20;    //
```

```
    Sensor_1=Sensor_2=Alarm=0; //  
    Perbarui();
```

```
    // Delay pada LDR  
    void Tunggu_3jam()
```

```
{  
  
    ldi        R21,0x120  
ld1: rcall   delay  
    dec        R21  
    brne ld1  
}
```

```
while(1)    //
```

```
{  
    PA = Ruas[0]; //  
    PA = 0xF7; //  
    TungguSebentar();
```

```
    PB = Ruas[1];
```



```
PB = 0xFB; //
```

```
TungguSebentar();
```

```
PA = Ruas[2]; //
```

```
PB = 0xFD; //
```

```
TungguSebentar();
```

```
PA = Ruas[3]; //
```

```
PB = 0xFE; //
```

```
TungguSebentar();
```

```
}
```

```
}
```

```
// ***** Melakukan perubahan Ldr malamhari *****
```

```
void tutup Valve (void){
```

```
    Ldr += 1; //
```

```
    if (Tunggu==16) Jam=0; //
```

```
    Tutup Valve();
```

```
}
```

```
// ***** Melakukan reedswitch *****
```

```
void Redswitch kanan(void){
```

```
    Redswitch += 1; //
```

```
    if (Sensr_1==60) { //
```

```
        Deteksi = 0; //
```

```
        reedswitch(); }
```

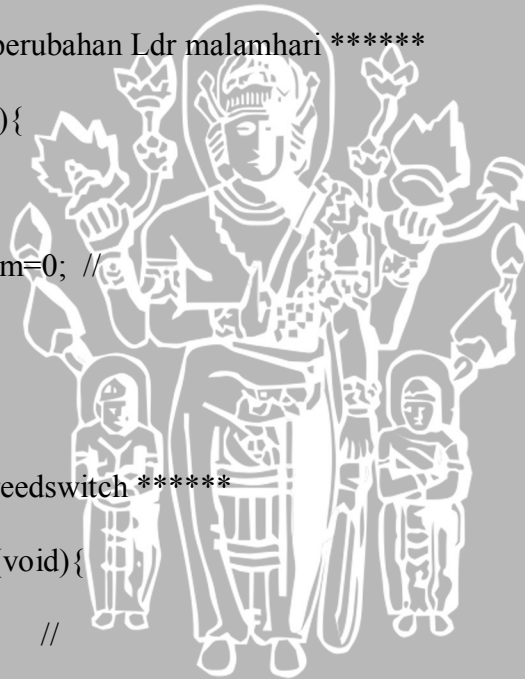
```
        deteksireedswitch()
```

```
}
```

```
// ***** Melakukan Tutup Valve *****
```

```
void Motor_BB(void) {
```

```
    kanan motor(); }
```



```

PerbaruiTampilan();
}

void Motor_On_Off(void) {
    Kiri motor();
    Jalankan Motor ();
}

// ***** Melakukan Membunyikan alarm *****

void PeriksaTombol (void){
    if (!jika error) Alarm Hidup(); //
    else
    if (!Jika tidak error) Alarm Mati();//
}

/*****
Rutin Layanan Jika Ldr siang Hari
*****/

void Redswitch kanan(void){
    Redswitch_Ldr += 1; //
    if (Sensor_1==22) { //
        Deteksi = 0; //
        reedswitch(); } //
    deteksireedswitch_Ldr()
}
}
}

```

LAMPIRAN III

Datasheet Komponen



Features

- High-performance, Low-power AVR[®] 8-bit Microcontroller
- Advanced RISC Architecture
 - 130 Powerful Instructions – Most Single Clock Cycle Execution
 - 32 x 8 General Purpose Working Registers
 - Fully Static Operation
 - Up to 16 MIPS Throughput at 16 MHz
 - On-chip 2-cycle Multiplier
- Nonvolatile Program and Data Memories
 - 8K Bytes of In-System Self-Programmable Flash
 - Endurance: 10,000 Write/Erase Cycles
 - Optional Boot Code Section with Independent Lock Bits
 - In-System Programming by On-chip Boot Program
 - True Read-While-Write Operation
 - 512 Bytes EEPROM
 - Endurance: 100,000 Write/Erase Cycles
 - 512 Bytes Internal SRAM
 - Programming Lock for Software Security
- Peripheral Features
 - Two 8-bit Timer/Counters with Separate Prescalers and Compare Modes
 - One 16-bit Timer/Counter with Separate Prescaler, Compare Mode, and Capture Mode
 - Real Time Counter with Separate Oscillator
 - Four PWM Channels
 - 8-channel, 10-bit ADC
 - 8 Single-ended Channels
 - 7 Differential Channels for TQFP Package Only
 - 2 Differential Channels with Programmable Gain at 1x, 10x, or 200x for TQFP Package Only
 - Byte-oriented Two-wire Serial Interface
 - Programmable Serial USART
 - Master/Slave SPI Serial Interface
 - Programmable Watchdog Timer with Separate On-chip Oscillator
 - On-chip Analog Comparator
- Special Microcontroller Features
 - Power-on Reset and Programmable Brown-out Detection
 - Internal Calibrated RC Oscillator
 - External and Internal Interrupt Sources
 - Six Sleep Modes: Idle, ADC Noise Reduction, Power-save, Power-down, Standby and Extended Standby
- I/O and Packages
 - 32 Programmable I/O Lines
 - 40-pin PDIP, 44-lead TQFP, 44-lead PLCC, and 44-pad QFN/MLF
- Operating Voltages
 - 2.7 - 5.5V for ATmega8535L
 - 4.5 - 5.5V for ATmega8535
- Speed Grades
 - 0 - 8 MHz for ATmega8535L
 - 0 - 16 MHz for ATmega8535



8-bit AVR[®]
Microcontroller
with 8K Bytes
In-System
Programmable
Flash

ATmega8535
ATmega8535L

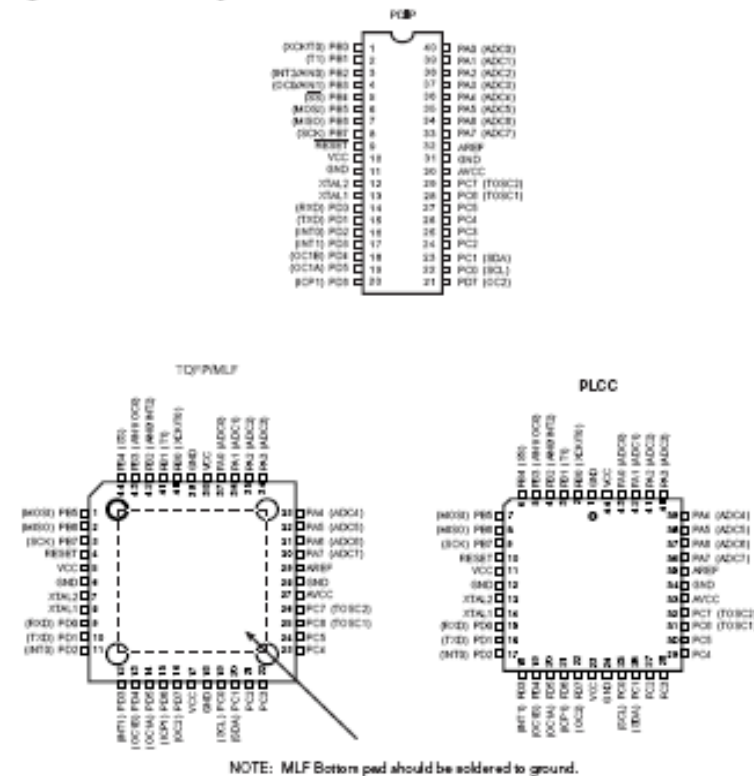
Rev. 2502G-AVR-04/05





Pin Configurations

Figure 1. Pinout ATmega8535



Disclaimer

Typical values contained in this data sheet are based on simulations and characterization of other AVR microcontrollers manufactured on the same process technology. Min and Max values will be available after the device is characterized.



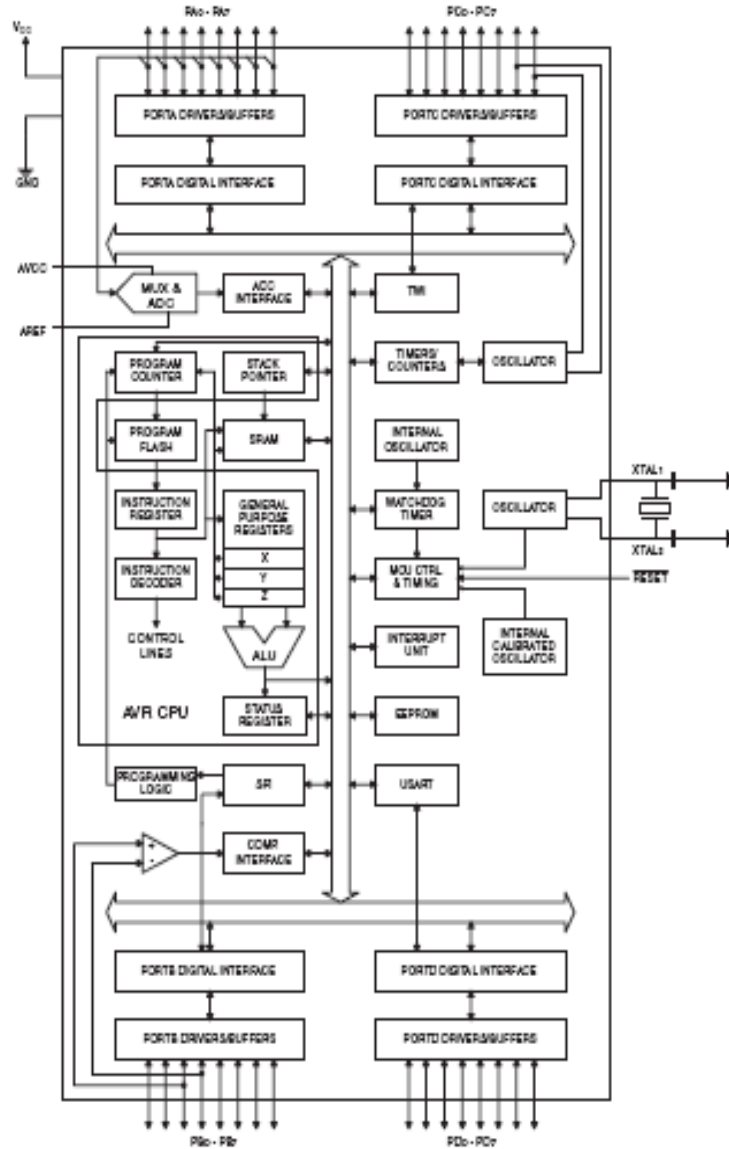
ATmega8535(L)

Overview

The ATmega8535 is a low-power CMOS 8-bit microcontroller based on the AVR enhanced RISC architecture. By executing instructions in a single clock cycle, the ATmega8535 achieves throughputs approaching 1 MIPS per MHz allowing the system designer to optimize power consumption versus processing speed.

Block Diagram

Figure 2. Block Diagram





The AVR core combines a rich instruction set with 32 general purpose working registers. All 32 registers are directly connected to the Arithmetic Logic Unit (ALU), allowing two independent registers to be accessed in one single instruction executed in one clock cycle. The resulting architecture is more code efficient while achieving throughputs up to ten times faster than conventional CISC microcontrollers.

The ATmega8535 provides the following features: 8K bytes of In-System Programmable Flash with Read-While-Write capabilities, 512 bytes EEPROM, 512 bytes SRAM, 32 general purpose I/O lines, 32 general purpose working registers, three flexible Timer/Counters with compare modes, internal and external interrupts, a serial programmable USART, a byte oriented Two-wire Serial Interface, an 8-channel, 10-bit ADC with optional differential input stage with programmable gain in TQFP package, a programmable Watchdog Timer with Internal Oscillator, an SPI serial port, and six software selectable power saving modes. The Idle mode stops the CPU while allowing the SRAM, Timer/Counters, SPI port, and interrupt system to continue functioning. The Power-down mode saves the register contents but freezes the Oscillator, disabling all other chip functions until the next interrupt or Hardware Reset. In Power-save mode, the asynchronous timer continues to run, allowing the user to maintain a timer base while the rest of the device is sleeping. The ADC Noise Reduction mode stops the CPU and all I/O modules except asynchronous timer and ADC, to minimize switching noise during ADC conversions. In Standby mode, the crystal/resonator Oscillator is running while the rest of the device is sleeping. This allows very fast start-up combined with low-power consumption. In Extended Standby mode, both the main Oscillator and the asynchronous timer continue to run.

The device is manufactured using Atmel's high density nonvolatile memory technology. The On-chip ISP Flash allows the program memory to be reprogrammed In-System through an SPI serial interface, by a conventional nonvolatile memory programmer, or by an On-chip Boot program running on the AVR core. The boot program can use any interface to download the application program in the Application Flash memory. Software in the Boot Flash section will continue to run while the Application Flash section is updated, providing true Read-While-Write operation. By combining an 8-bit RISC CPU with In-System Self-Programmable Flash on a monolithic chip, the Atmel ATmega8535 is a powerful microcontroller that provides a highly flexible and cost effective solution to many embedded control applications.

The ATmega8535 AVR is supported with a full suite of program and system development tools including: C compilers, macro assemblers, program debugger/simulators, In-Circuit Emulators, and evaluation kits.

AT90S8535 Compatibility

The ATmega8535 provides all the features of the AT90S8535. In addition, several new features are added. The ATmega8535 is backward compatible with AT90S8535 in most cases. However, some incompatibilities between the two microcontrollers exist. To solve this problem, an AT90S8535 compatibility mode can be selected by programming the S8535C fuse. ATmega8535 is pin compatible with AT90S8535, and can replace the AT90S8535 on current Printed Circuit Boards. However, the location of fuse bits and the electrical characteristics differs between the two devices.

AT90S8535 Compatibility Mode

Programming the S8535C fuse will change the following functionality:

- The timed sequence for changing the Watchdog Time-out period is disabled. See "Timed Sequences for Changing the Configuration of the Watchdog Timer" on page 44 for details.
- The double buffering of the USART Receive Register is disabled. See "AVR USART vs. AVR UART – Compatibility" on page 144 for details.

4 ATmega8535(L)

25026-AVR-04/06

ATmega8535(L)

Pin Descriptions

V_{CC}	Digital supply voltage.
GND	Ground.
Port A (PA7..PA0)	<p>Port A serves as the analog inputs to the A/D Converter.</p> <p>Port A also serves as an 8-bit bi-directional I/O port, if the A/D Converter is not used. Port pins can provide internal pull-up resistors (selected for each bit). The Port A output buffers have symmetrical drive characteristics with both high sink and source capability. When pins PA0 to PA7 are used as inputs and are externally pulled low, they will source current if the internal pull-up resistors are activated. The Port A pins are tri-stated when a reset condition becomes active, even if the clock is not running.</p>
Port B (PB7..PB0)	<p>Port B is an 8-bit bi-directional I/O port with internal pull-up resistors (selected for each bit). The Port B output buffers have symmetrical drive characteristics with both high sink and source capability. As inputs, Port B pins that are externally pulled low will source current if the pull-up resistors are activated. The Port B pins are tri-stated when a reset condition becomes active, even if the clock is not running.</p> <p>Port B also serves the functions of various special features of the ATmega8535 as listed on page 59.</p>
Port C (PC7..PC0)	<p>Port C is an 8-bit bi-directional I/O port with internal pull-up resistors (selected for each bit). The Port C output buffers have symmetrical drive characteristics with both high sink and source capability. As inputs, Port C pins that are externally pulled low will source current if the pull-up resistors are activated. The Port C pins are tri-stated when a reset condition becomes active, even if the clock is not running.</p>
Port D (PD7..PD0)	<p>Port D is an 8-bit bi-directional I/O port with internal pull-up resistors (selected for each bit). The Port D output buffers have symmetrical drive characteristics with both high sink and source capability. As inputs, Port D pins that are externally pulled low will source current if the pull-up resistors are activated. The Port D pins are tri-stated when a reset condition becomes active, even if the clock is not running.</p> <p>Port D also serves the functions of various special features of the ATmega8535 as listed on page 63.</p>
RESET	Reset input. A low level on this pin for longer than the minimum pulse length will generate a reset, even if the clock is not running. The minimum pulse length is given in Table 15 on page 36. Shorter pulses are not guaranteed to generate a reset.
XTAL1	Input to the inverting Oscillator amplifier and input to the internal clock operating circuit.
XTAL2	Output from the inverting Oscillator amplifier.
AVCC	AVCC is the supply voltage pin for Port A and the A/D Converter. It should be externally connected to V _{CC} , even if the ADC is not used. If the ADC is used, it should be connected to V _{CC} through a low-pass filter.
AREF	AREF is the analog reference pin for the A/D Converter.



About Code Examples

This documentation contains simple code examples that briefly show how to use various parts of the device. These code examples assume that the part specific header file is included before compilation. Be aware that not all C compiler vendors include bit definitions in the header files and interrupt handling in C is compiler dependent. Please confirm with the C Compiler documentation for more details.



ATmega8535(L)

AVR ATmega8535 Memories

This section describes the different memories in the ATmega8535. The AVR architecture has two main memory spaces, the Data Memory and the Program Memory space. In addition, the ATmega8535 features an EEPROM Memory for data storage. All three memory spaces are linear and regular.

In-System Reprogrammable Flash Program Memory

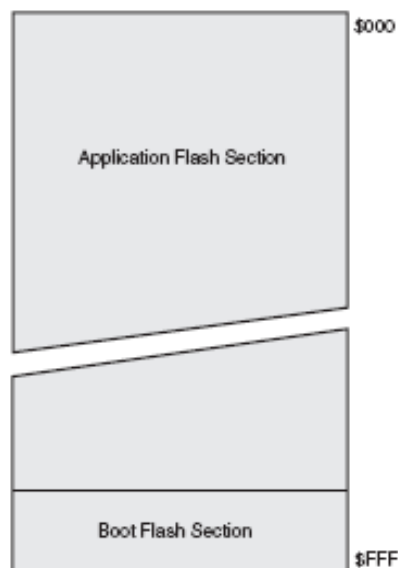
The ATmega8535 contains 8K bytes On-chip In-System Reprogrammable Flash memory for program storage. Since all AVR instructions are 16 or 32 bits wide, the Flash is organized as 4K x 16. For software security, the Flash Program memory space is divided into two sections, Boot Program section and Application Program section.

The Flash memory has an endurance of at least 10,000 write/erase cycles. The ATmega8535 Program Counter (PC) is 12 bits wide, thus addressing the 4K program memory locations. The operation of Boot Program section and associated Boot Lock bits for software protection are described in detail in "Boot Loader Support – Read-While-Write Self-Programming" on page 222. "Memory Programming" on page 235 contains a detailed description on Flash Programming in SPI or Parallel Programming mode.

Constant tables can be allocated within the entire program memory address space (see the LPM – Load Program Memory instruction description).

Timing diagrams for instruction fetch and execution are presented in "Instruction Execution Timing" on page 12.

Figure 8. Program Memory Map





SRAM Data Memory

Figure 9 shows how the ATmega8535 SRAM Memory is organized.

The 608 Data Memory locations address the Register File, the I/O Memory, and the internal data SRAM. The first 98 locations address the Register File and I/O Memory, and the next 512 locations address the internal data SRAM.

The five different addressing modes for the data memory cover: Direct, Indirect with Displacement, Indirect, Indirect with Pre-decrement, and Indirect with Post-increment. In the Register File, registers R26 to R31 feature the indirect addressing pointer registers.

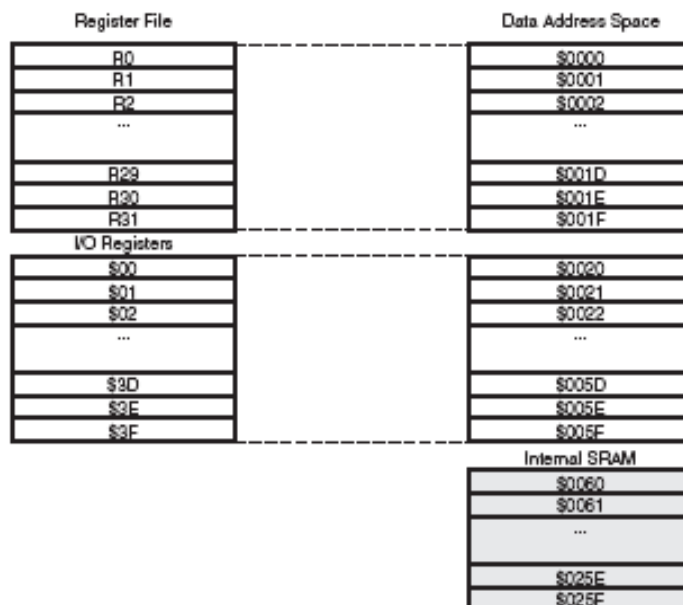
The direct addressing reaches the entire data space.

The Indirect with Displacement mode reaches 63 address locations from the base address given by the Y- or Z-register.

When using register indirect addressing modes with automatic pre-decrement and post-increment, the address registers X, Y, and Z are decremented or incremented.

The 32 general purpose working registers, 64 I/O Registers, and the 512 bytes of internal data SRAM in the ATmega8535 are all accessible through all these addressing modes. The Register File is described in "General Purpose Register File" on page 10.

Figure 9. Data Memory Map

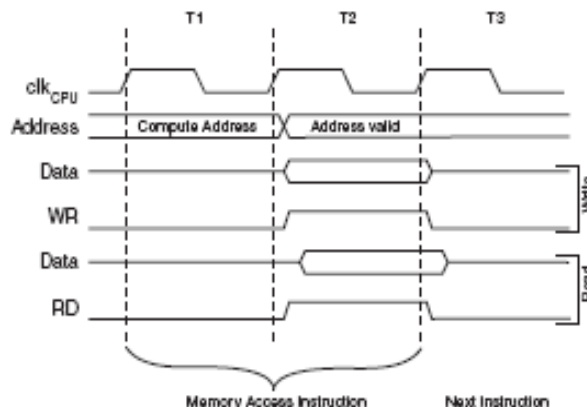


ATmega8535(L)

Data Memory Access Times

This section describes the general access timing concepts for internal memory access. The internal data SRAM access is performed in two clk_{CPU} cycles as described in Figure 10.

Figure 10. On-chip Data SRAM Access Cycles



EEPROM Data Memory

The ATmega8535 contains 512 bytes of data EEPROM memory. It is organized as a separate data space, in which single bytes can be read and written. The EEPROM has an endurance of at least 100,000 write/erase cycles. The access between the EEPROM and the CPU is described in the following, specifying the EEPROM Address Registers, the EEPROM Data Register, and the EEPROM Control Register.

"Memory Programming" on page 235 contains a detailed description on EEPROM Programming in SPI or Parallel Programming mode.

EEPROM Read/Write Access

The EEPROM Access Registers are accessible in the I/O space.

The write access time for the EEPROM is given in Table 1. A self-timing function, however, lets the user software detect when the next byte can be written. If the user code contains instructions that write the EEPROM, some precautions must be taken. In heavily filtered power supplies, V_{CC} is likely to rise or fall slowly on Power-up/down. This causes the device, for some period of time, to run at a voltage lower than specified as minimum for the clock frequency used, see "Preventing EEPROM Corruption" on page 21 for details on how to avoid problems in these situations.

In order to prevent unintentional EEPROM writes, a specific write procedure must be followed. Refer to the description of the EEPROM Control Register for details on this.

When the EEPROM is read, the CPU is halted for four clock cycles before the next instruction is executed. When the EEPROM is written, the CPU is halted for two clock cycles before the next instruction is executed.

The EEPROM Address Register – EEARH and EEARL

Bit	15	14	13	12	11	10	9	8	
	–	–	–	–	–	–	–	EEAR8	EEARH
	EEAR7	EEAR6	EEAR5	EEAR4	EEAR3	EEAR2	EEAR1	EEAR0	EEARL
Read/Write	R	R	R	R	R	R	R	R/W	
Initial Value	0	0	0	0	0	0	0	0	X
	X	X	X	X	X	X	X	X	X

- Bits 15..9 – Res: Reserved Bits

These bits are reserved bits in the ATmega8535 and will always read as zero.

- Bits 8..0 – EEAR8..0: EEPROM Address

The EEPROM Address Registers – EEARH and EEARL specify the EEPROM address in the 512 bytes EEPROM space. The EEPROM data bytes are addressed linearly between 0 and 511. The initial value of EEAR is undefined. A proper value must be written before the EEPROM may be accessed.

The EEPROM Data Register – EEDR

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	
	MSB							LSB	EEDR
Read/Write	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	
Initial Value	0	0	0	0	0	0	0	0	

- Bits 7..0 – EEDR7..0: EEPROM Data

For the EEPROM write operation, the EEDR Register contains the data to be written to the EEPROM in the address given by the EEAR Register. For the EEPROM read operation, the EEDR contains the data read out from the EEPROM at the address given by EEAR.

The EEPROM Control Register – EECR

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	
	–	–	–	–	EERIE	EEMWE	EEWE	EERE	EECR
Read/Write	R	R	R	R	R/W	R/W	R/W	R/W	
Initial Value	0	0	0	0	0	0	X	0	

- Bits 7..4 – Res: Reserved Bits

These bits are reserved bits in the ATmega8535 and will always read as zero.

- Bit 3 – EERIE: EEPROM Ready Interrupt Enable

Writing EERIE to one enables the EEPROM Ready Interrupt if the I-bit in SREG is set. Writing EERIE to zero disables the interrupt. The EEPROM Ready interrupt generates a constant interrupt when EEWE is cleared.

- Bit 2 – EEMWE: EEPROM Master Write Enable

The EEMWE bit determines whether setting EEWE to one causes the EEPROM to be written. When EEMWE is set, setting EEWE within four clock cycles will write data to the EEPROM at the selected address. If EEMWE is zero, setting EEWE will have no effect. When EEMWE has been written to one by software, hardware clears the bit to zero after four clock cycles. See the description of the EEWE bit for an EEPROM write procedure.

- Bit 1 – EEWE: EEPROM Write Enable

The EEPROM Write Enable Signal EEWE is the write strobe to the EEPROM. When address and data are correctly set up, the EEWE bit must be written to one to write the

ATmega8535(L)

value into the EEPROM. The EEMWE bit must be written to one before a logical one is written to EEWE, otherwise no EEPROM write takes place. The following procedure should be followed when writing the EEPROM (the order of steps 3 and 4 is not essential):

1. Wait until EEMWE becomes zero.
2. Wait until SPEN in SPMCR becomes zero.
3. Write new EEPROM address to EEAR (optional).
4. Write new EEPROM data to EEDR (optional).
5. Write a logical one to the EEMWE bit while writing a zero to EEWE in EECR.
6. Within four clock cycles after setting EEMWE, write a logical one to EEWE.

The EEPROM can not be programmed during a CPU write to the Flash memory. The software must check that the Flash programming is completed before initiating a new EEPROM write. Step 2 is only relevant if the software contains a Boot Loader allowing the CPU to program the Flash. If the Flash is never updated by the CPU, step 2 can be omitted. See 'Boot Loader Support – Read-While-Write Self-Programming' on page 222 for details about Boot programming.

Caution: An interrupt between step 5 and step 6 will make the write cycle fail, since the EEPROM Master Write Enable will time-out. If an interrupt routine accessing the EEPROM is interrupting another EEPROM access, the EEAR or EEDR Register will be modified, causing the interrupted EEPROM access to fail. It is recommended to have the Global Interrupt Flag cleared during all the steps to avoid these problems.

When the write access time has elapsed, the EEWE bit is cleared by hardware. The user software can poll this bit and wait for a zero before writing the next byte. When EEWE has been set, the CPU is halted for two cycles before the next instruction is executed.

• Bit 0 – EERE: EEPROM Read Enable

The EEPROM Read Enable Signal EERE is the read strobe to the EEPROM. When the correct address is set up in the EEAR Register, the EERE bit must be written to a logic one to trigger the EEPROM read. The EEPROM read access takes one instruction, and the requested data is available immediately. When the EEPROM is read, the CPU is halted for four cycles before the next instruction is executed.

The user should poll the EEWE bit before starting the read operation. If a write operation is in progress, it is neither possible to read the EEPROM, nor to change the EEAR Register.

The calibrated Oscillator is used to time the EEPROM accesses. Table 1 lists the typical programming time for EEPROM access from the CPU.

Table 1. EEPROM Programming Time

Symbol	Number of Calibrated RC Oscillator Cycles ¹	Typ Programming Time
EEPROM Write (From CPU)	8448	8.4 ms

Note: 1. Uses 1 MHz clock, independent of CKSEL Fuse settings.



The following code examples show one assembly and one C function for writing to the EEPROM. The examples assume that interrupts are controlled (e.g., by disabling interrupts globally) so that no interrupts will occur during execution of these functions. The examples also assume that no Flash Boot Loader is present in the software. If such code is present, the EEPROM write function must also wait for any ongoing SPM command to finish.

Assembly Code Example

```
EEPROM_write:
; Wait for completion of previous write
sbic EECR,EEWE
rjmp EEPROM_write
; Set up address (r18:r17) in address register
out  EEARH, r18
out  EEARL, r17
; Write data (r16) to Data Register
out  EEDR,r16
; Write logical one to EEMWE
sbi  EECR,EEMWE
; Start eeprom write by setting EEWE
sbi  EECR,EEWE
ret
```

C Code Example

```
void EEPROM_write(unsigned int uiAddress, unsigned char ucData)
{
    /* Wait for completion of previous write */
    while(EECR & (1<<EEWE))
        ;
    /* Set up Address and Data Registers */
    EEAR = uiAddress;
    EEDR = ucData;
    /* Write logical one to EEMWE */
    EECR |= (1<<EEMWE);
    /* Start eeprom write by setting EEWE */
    EECR |= (1<<EEWE);
}
```

ATmega8535(L)

The next code examples show assembly and C functions for reading the EEPROM. The examples assume that interrupts are controlled so that no interrupts will occur during execution of these functions.

Assembly Code Example

```
EEPROM_read:
; Wait for completion of previous write
sblc EECR, EWE
rjmp EEPROM_read
; Set up address (r16:r17) in Address Register
out EEARH, r18
out EEARL, r17
; Start eeprom read by writing EERE
sbl EECR, EERE
; Read data from Data Register
in r16, EEDR
ret
```

C Code Example

```
unsigned char EEPROM_read(unsigned int uiAddress)
{
/* Wait for completion of previous write */
while((EECR & (1<<EWE))
;
/* Set up Address Register */
EEAR = uiAddress;
/* Start eeprom read by writing EERE */
EECR |= (1<<EERE);
/* Return data from Data Register */
return EEDR;
}
```

EEPROM Write During Power-down Sleep Mode

When entering Power-down sleep mode while an EEPROM write operation is active, the EEPROM write operation will continue, and will complete before the write access time has passed. However, when the write operation is completed, the Oscillator continues running, and as a consequence, the device does not enter Power-down entirely. It is therefore recommended to verify that the EEPROM write operation is completed before entering Power-down.

Preventing EEPROM Corruption

During periods of low V_{CC} , the EEPROM data can be corrupted because the supply voltage is too low for the CPU and the EEPROM to operate properly. These issues are the same as for board level systems using EEPROM and the same design solutions should be applied.

An EEPROM data corruption can be caused by two situations when the voltage is too low. First, a regular write sequence to the EEPROM requires a minimum voltage to operate correctly. Secondly, the CPU itself can execute instructions incorrectly, if the supply voltage is too low.



EEPROM data corruption can easily be avoided by following this design recommendation:

Keep the AVR RESET active (low) during periods of insufficient power supply voltage. This can be done by enabling the internal Brown-out Detector (BOD). If the detection level of the internal BOD does not match the needed detection level, an external low V_{CC} Reset Protection circuit can be used. If a reset occurs while a write operation is in progress, the write operation will be completed provided that the power supply voltage is sufficient.

I/O Memory

The I/O space definition of the ATmega8535 is shown in page 297.

All ATmega8535 I/Os and peripherals are placed in the I/O space. The I/O locations are accessed by the IN and OUT instructions, transferring data between the 32 general purpose working registers and the I/O space. I/O Registers within the address range 0x00 - 0x1F are directly bit-accessible using the SBI and CBI instructions. In these registers, the value of single bits can be checked by using the SBIS and SBIC instructions. Refer to the instruction set section for more details. When using the I/O specific commands IN and OUT, the I/O addresses 0x00 - 0x3F must be used. When addressing I/O Registers as data space using LD and ST instructions, 0x20 must be added to these addresses.

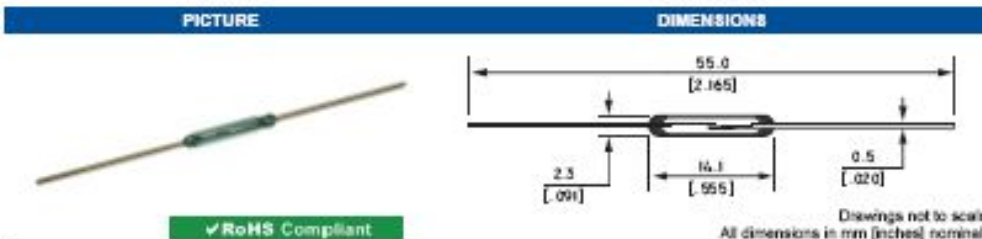
For compatibility with future devices, reserved bits should be written to zero if accessed. Reserved I/O memory addresses should never be written.

Some of the status flags are cleared by writing a logical one to them. Note that the CBI and SBI instructions will operate on all bits in the I/O Register, writing a one back into any flag read as set, thus clearing the flag. The CBI and SBI instructions work with registers 0x00 to 0x1F only.

The I/O and peripherals control registers are explained in later sections.



Part Number : GC2310 (0735) - Product Data Sheet
Reed Switch - Make Contact Form



SPECIFICATIONS		
Contact Form		A (Make Contact)
Contact Material		Rhodium
Switching Capacity	Max.	10 WVA
Switching Voltage	Max.	150 VAC/DC
Switching Current	Max.	0.5 A
Carrying Current	Max.	1.0 A
Dielectric Strength	Min.	200 VDC
Contact Resistance	Max.	150 mOhms
Insulation Resistance	Min.	10 ¹⁰ MOhms
Pull - In - Sensitivity		7 - 35 AT
Drop - Out - Sensitivity	Min.	4 AT
Switching Time Without Bounce	Max.	1.8 ms
Bounce Time	Max.	0.2 ms
Release Time	Max.	0.05 ms
Resonant Frequency	Typ.	5000 Hz
Operating Frequency	Max.	200 Hz
Vibration	10-1000	35 Hz
Shock	11 ms	50 G
Capacitance	Typ.	0.7 pF
Operating Temperature Range	Deg	-40 + 125°C
Life Expectancy	Min. Ops.	10 ⁶ Mech. Life
Test Coil	Type	1035

ORDERING INFORMATION	NOTES
<p>PART NUMBER GC 2310 20 30</p> <ul style="list-style-type: none"> Type Minimum Sensitivity (AT) Maximum Sensitivity (AT) <p>Example: Type 2310, Pull-in sensitivity between 20 - 30AT is PART NO. GC 2310 20 30</p>	<ul style="list-style-type: none"> The life expectancy of a reed switch is dependent upon the load being switched. At maximum rated loads life expectancy is approx. 10⁶ operations. Lower load ratings can increase the life up to 5x10⁶ operations. Mechanical life of low level loads can be at least 10⁶ operations. Switching inductive, capacitive or lamp loads can considerably reduce the life expectancy. We offer a crop and form service for Reed Switches to be customized to your specification.

REV. NO.	REVISION NOTE	DATE	SIGNATURE
2	Datasheet Redesign	20-03-07	LG



CERTIFIED BY STR-R ISO 9001:2000 REGISTERED COMPANY

As part of the company policy of continued product improvement, specifications may change without notice. Our sales office will be pleased to help you with the latest information on this product range and the details of our full design and manufacturing service. All products are supplied to our standard conditions of sale unless otherwise agreed in writing.

Phone: (1) 873 777 8900 www.comus-intl.com Fax: (1) 873 777 8405

Assembled, U.K. +44 (0) 1255 862258 - Belgium + 32 (0)12 380400 - France + 33 (0) 1 43 95 85 10
 ©2007 Copyright Comus International, 454 Alwood Road, Clifton NJ 07012, USA.



OMRON

PCB Relay

G6H

Ultra-compact, Ultra-sensitive DPDT Relay

- Compact size and low 5-mm profile.
- Low power consumption (140 mW for single-side stable, 100 to 300 mW for latching type) and high sensitivity.
- Low thermoelectromotive force.
- Low magnetic interference enables high-density mounting.
- Single- and double-winding latching types also available.



RoHS Compliant Refer to pages 16 to 17 for details.



Ordering Information

Classification		Single-side stable	Single-winding latching	Double-winding latching
DPDT	Fully sealed	G6H-2	G6HU-2	G6HK-2
	PCB terminal			
	Surface mount terminal	G6H-2F	---	---

Note: When ordering, add the rated coil voltage to the model number.
Example: G6HK-2 12VDC

Rated coil voltage

Model Number Legend

G6H □ - □ □ - □ □ VDC
1 2 3 4 5

- | | | |
|---|---|--|
| 1. Relay Function
None: Single-side stable
U: Single-winding latching
K: Double-winding latching | 2. Contact Form
Z: DPDT | 4. Classification
U: Ultrasonically cleanable |
| 3. Terminal Shape
None: PCB terminal
F: Surface mount terminal | 5. Rated Coil Voltage
3, 5, 6, 9, 12, 24 VDC | |

Specifications

■ Coil Ratings

Single-side Stable Type (G6H-2, G6H-2F)

Rated voltage	3 VDC	5 VDC	6 VDC	9 VDC	12 VDC	24 VDC	48 VDC
Rated current	46.7 mA	28.1 mA	23.3 mA	15.5 mA	11.7 mA	8.3 mA	5.8 mA
Coil resistance	64.3 Ω	178 Ω	257 Ω	579 Ω	1,028 Ω	2,880 Ω	8,228 Ω
Coil Inductance (H) (ref. value)	Amature OFF	0.025	0.065	0.11	0.24	0.43	---
	Amature ON	0.022	0.058	0.09	0.20	0.37	---
Must operate voltage	75% max. of rated voltage						
Must release voltage	10% min. of rated voltage						
Max. voltage	200% of rated voltage at 23°C					170% of rated voltage at 23°C	140% of rated voltage at 23°C
Power consumption	Approx. 140 mW					Approx. 200 mW	Approx. 280 mW

- Note:
1. The rated current and coil resistance are measured at a coil temperature of 23°C with a tolerance of ±10%.
 2. Operating characteristics are measured at a coil temperature of 23°C with a tolerance of ±10%.
 3. The maximum voltage is the highest voltage that can be imposed on the relay coil.
 4. The maximum voltage that can be applied when using the G6H-2F (at 85°C) is 115% (3 to 12 V) or 105% (24 V) of the rated voltage.



G6H ——— OMRON ——— G6H

Single-winding Latching Type (G6HU-2)

Rated voltage	3 VDC	5 VDC	6 VDC	9 VDC	12 VDC	24 VDC
Rated current	33.3 mA	20 mA	16.7 mA	11.1 mA	8.3 mA	6.25 mA
Coil resistance	90 Ω	250 Ω	360 Ω	810 Ω	1,440 Ω	3,940 Ω
Coil inductance (H) (ref. value)	Armature OFF	0.034	0.11	0.14	0.33	1.8
	Armature ON	0.029	0.09	0.12	0.28	1.3
Must operate voltage	75% max. of rated voltage					
Must release voltage	75% min. of rated voltage					
Max. voltage	180% of rated voltage at 23°C					
Power consumption	Approx. 100 mW					Approx. 150 mW

Double-winding Latching Type (G6HK-2)

Rated voltage	3 VDC	5 VDC	6 VDC	9 VDC	12 VDC	24 VDC
Rated current	66.7 mA	40 mA	33.3 mA	22.2 mA	16.7 mA	12.5 mA
Coil resistance	45 Ω	125 Ω	180 Ω	405 Ω	720 Ω	1,920 Ω
Coil inductance (H) (ref. value)	Armature OFF	0.014	0.042	0.065	0.16	0.63
	Armature ON	0.0075	0.023	0.035	0.086	0.33
Must operate voltage	75% max. of rated voltage					
Must release voltage	75% min. of rated voltage					
Max. voltage	180% of rated voltage at 23°C					
Power consumption	Approx. 200 mW					Approx. 300 mW

Note: 1. The rated current and coil resistance are measured at a coil temperature of 23°C with a tolerance of $\pm 1.0\%$.
2. Operating characteristics are measured at a coil temperature of 23°C.
3. The maximum voltage is the highest voltage that can be imposed on the relay coil.

■ Contact Ratings

Load	Resistive load (cosφ = 1)
Rated load	0.5 A at 125 VAC; 1 A at 30 VDC
Contact material	Ag (Au-Alloy)
Rated carry current	1 A
Max. switching voltage	125 VAC, 110 VDC
Max. switching current	1 A
Max. switching power	62.5 VA, 33 W
Failure rate (reference value) (See note.)	10 μA at 10 mVDC

Note: F level: $\lambda_{30} = 0.1 \times 10^{-6}$ /operation
This value was measured at a switching frequency of 120 operations/min and the criterion of contact resistance is 50 Ω. This value may vary depending on the operating environment. Always double-check relay suitability under actual operating conditions.

G6H ——— OMRON ——— G6H

■ Characteristics

Contact resistance (See note 1.)	50 mΩ max. (G6H-2-U: 100 mΩ max.; G6H-2-F: 60 mΩ max.)
Operate (set) time (See note 2.)	Single-side stable types: 3 ms max. (approx. 2 ms) Latching types: 3 ms max. (approx. 1.5 ms)
Release (reset) time (See note 2.)	Single-side stable types: 2 ms max. (approx. 1 ms) Latching types: 3 ms max. (approx. 1.5 ms)
Min. set/reset signal width	Latching type: 5 ms min. (at 23°C)
Max. operating frequency	Mechanical: 96,000 operations/hr Electrical: 1,800 operations/hr (under rated load)
Insulation resistance (See note 3.)	1,000 MΩ min. (at 500 VDC)
Dielectric withstand voltage	1,000 VAC, 50/60 Hz for 1 min between coil and contacts 1,000 VAC, 50/60 Hz for 1 min between contacts of different polarity 750 VAC, 50/60 Hz for 1 min between contacts of same polarity 125 VAC, 50/60 Hz for 1 min between set and reset coil (only G6HK-2)
Impulse withstand voltage	1,500 V (10 x 160 μs) between contacts of same polarity (conforms to FCC Part 6B)
Vibration resistance	Destruction: 10 to 55 to 10 Hz, 2.5-mm single amplitude (5-mm double amplitude) Malfunction: 10 to 55 to 10 Hz, 1.65-mm single amplitude (3-mm double amplitude)
Shock resistance	Destruction: 1,000 m/s ² Malfunction: 500 m/s ²
Endurance	Mechanical: 100,000,000 operations min. (at 96,000 operations/hr) Electrical: 200,000 operations min. (at 1,800 operations/hr)
Ambient temperature	Operating: -40°C to 70°C (with holding)
Ambient humidity	Operating: 5% to 85%
Weight	Approx. 1.5 g

Note: The above values are initial values.

- Note: 1. The contact resistance was measured with 10 mA at 1 VDC with a voltage drop method.
2. Values in parentheses are actual values.
3. The insulation resistance was measured with a 500-VDC megohmmeter applied to the same parts as those used for checking the dielectric strength. (The insulation resistance between the set and reset coil (G6HK-2 only), however, is 100 MΩ min. when measured with a 125-VDC megohmmeter.)

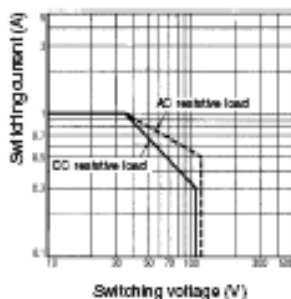
■ Approved Standards

UL114, UL478 (File No. E41515)/CSA C22.2 No.0, No.14 (File No. LR31928)

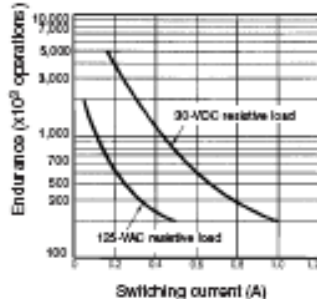
Model	Contact form	Coil ratings	Contact ratings
G6H-2 G6H-2-U G6HK-2	DPDT	1.5 to 48 VDC	2 A, 30 VDC 3 A, 110 VDC 0.5 A, 125 VAC
G6H(LNC)-2-U G6H(LNC)-2-100			

Engineering Data

Maximum Switching Power

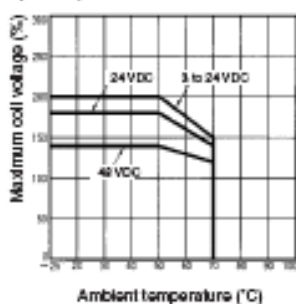


Endurance

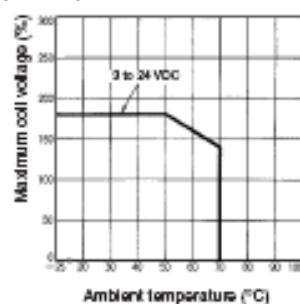


Ambient Temperature vs. Maximum Coil Voltage

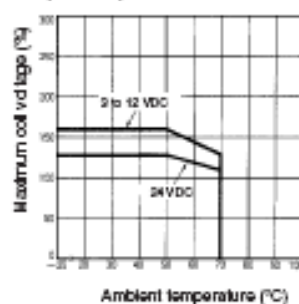
Single-side Stable (G6H-2)



Single-winding Latching (G6HU-2)



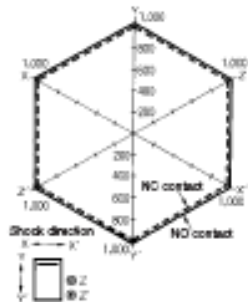
Double-winding Latching (G6HK-2)



Note: The maximum coil voltage refers to the maximum value in a varying range of operating power voltage, not a continuous voltage.

Malfunctioning Shock Resistance (G6H-2)

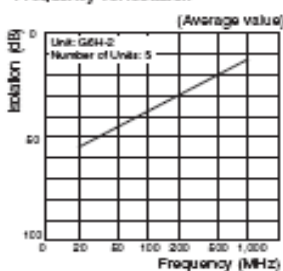
5 VDC
Number of Units: 10



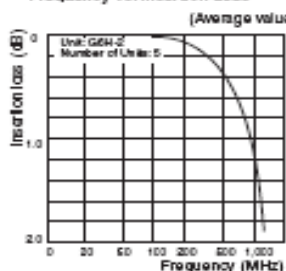
Condition: The Units were shocked at the rate of 500 m/s² three times each in the ±X, ±Y, and ±Z directions with and without voltage imposed on the Units until the Units malfunctioned.

High-frequency Characteristics (See notes 1 and 2.)

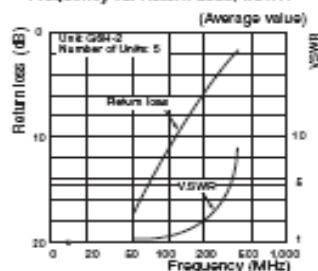
Frequency vs. Isolation



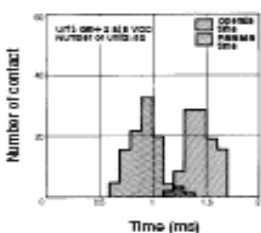
Frequency vs. Insertion Loss



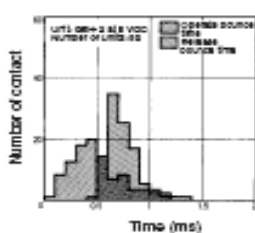
Frequency vs. Return Loss, VSWR



Distribution of Operate and Release Time (See note 1.)



Distribution of Bounce Time (See note 1.)



- Note: 1. The ambient temperature is 23°C.
 2. High-frequency characteristics depend on the PCB to which the Relay is mounted. Always check these characteristics, including endurance, in the actual machine before use.

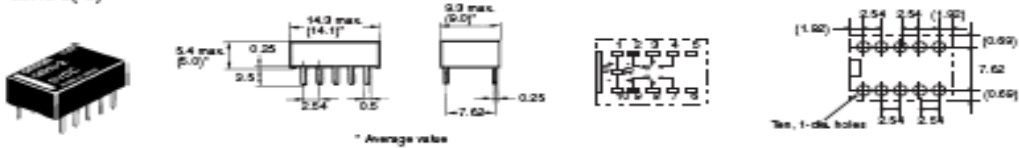
Dimensions

- Note: 1. All units are in millimeters unless otherwise indicated.
 2. Orientation marks are indicated as follows:

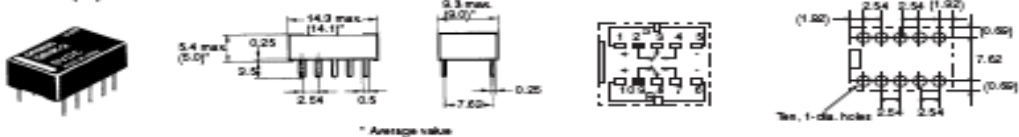
Single-side Stable Type
G6H-2(-U)



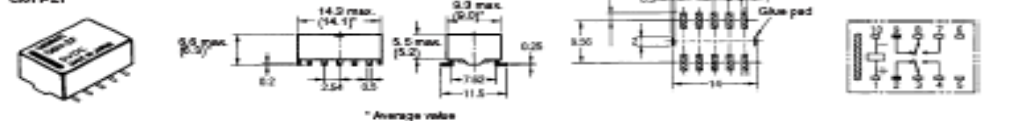
Single-winding Latching Type
G6HU-2(-U)



Double-winding Latching Type
G6HK-2(-U)

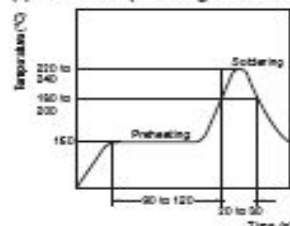


Single-side Stable Type
G6H-2F



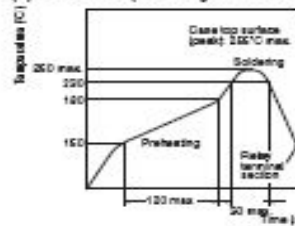
Example of Recommended Soldering Conditions for the G6H-2F (Surface Mounting Terminal Relays)

(1) IRS Method (Mounting Solder: Lead)



Note: The temperature profile indicates the temperature on the PCB.

(2) IRS Method (Mounting Solder: Lead-free)



Note: The temperature profile indicates the temperature on the relay terminal.

Approved Standards

The approved rated values for international standards differ from the performance characteristics of the individual models. Be sure to confirm that required standards are satisfied before actual use.

UL114, UL478 (File No. E41515)

Model	No. of poles	Coil rating	Contact rating	No. of operations
G6H-2(F)	2	1.5 to 48 VDC	2 A, 30 VDC	6,000
			0.3 A, 110 VDC	
			0.5 A, 125 VAC	

CSA Standard C22.2, No.0, No. 14 (File NO. LR31028)

Model	No. of poles	Coil rating	Contact rating	No. of operations
G6H-2(F)	2	1.5 to 48 VDC	2 A, 30 VDC	6,000
			0.3 A, 110 VDC	
			0.5 A, 125 VAC	

Tape Packing (Surface Mounting Terminal Models)

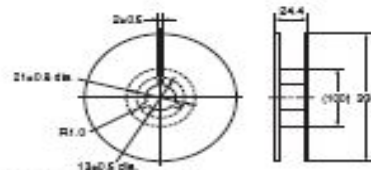
When ordering Relays in tape packing, add the prefix "-TR" to the model number otherwise the Relays in stick packing will be provided.

Relays per Reel: 500

Direction of Relay Insertion

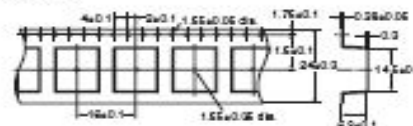


Reel Dimensions



Carrier Tape Dimensions

G6H-2F



Precautions

Refer to page 25 for information on general precautions. Be sure to read these precautions before using the Relay.

Precautions for Correct Use

Long-term Continuously ON Contacts

Using the Relay in a circuit where the Relay will be ON continuously for long periods (without switching) can lead to unstable contacts because the heat generated by the coil itself will affect the insulation, causing a film to develop on the contact surfaces. We recommend using a latching relay (magnetic-holding relay) in this kind of circuit. If a single-side stable model must be used in this kind of circuit, we recommend using a fail-safe circuit design that provides protection against contact failure or coil burnout.

Claw Securing Force During Automatic Mounting

During automatic insertion of Relays, be sure to set the securing force of each claw to the following so that the Relay's characteristics will be maintained.



Direction A: 1.98 N max.
Direction B: 4.90 N max.
Direction C: 1.98 N max.

Relay Handling

Use the Relay as soon as possible after opening the moisture-proof package. If the Relay is left for a long time after opening the moisture-proof package, the appearance may deteriorate and seal failure may occur after the solder mounting process. To store the Relay after opening the moisture-proof package, place it into the original package and seal the package with adhesive tape.

When washing the product after soldering the Relay to a PCB, use a water-based solvent or alcohol-based solvent, and keep the solvent temperature to less than 40°C. Do not put the Relay in a cold cleaning bath immediately after soldering.



