

**TENSIMETER DIGITAL MENGGUNAKAN ATMEGA 8535
DILENGKAPI VOICE PROCESSOR**

SKRIPSI

Diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



Disusun oleh :

VICKRY ANGGUN NURRAMADHAN

NIM. 0310632040 - 63

DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

FAKULTAS TEKNIK

MALANG

2007

**TENSIMETER DIGITAL MENGGUNAKAN ATMEGA 8535
DILENGKAPI VOICE PROCESSOR**

SKRIPSI

Diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



Disusun oleh :

VICKRY ANGGUN NURRAMADHAN

NIM. 0310632040 - 63

Telah Diperiksa dan Disetujui

Dosen Pembimbing :

Ir. Ponco Siwindarto. MS.
NIP. 131 831 966

Ir. M. Julius St. MS.
NIP. 131 124 655

TENSIMETER DIGITAL MENGGUNAKAN ATMEGA 8535 DILENGKAPI VOICE PROCESSOR

Disusun Oleh :

VICKRY ANGGUN NURRAMADHAN

NIM. 0310632040 - 63

Skripsi ini telah diuji dan dinyatakan lulus pada

Tanggal 3 Agustus 2007

Majelis Penguji

Ir. Bambang Siswojo
NIP. 131 759 588

Panca Mudjiraharjo, ST, MT
NIP. 132 288 163

Rahmadwati, ST, MT
NIP. 132 319 981

Ir. Waru Djuriatno, MT
NIP. 132 158 733

Mengetahui

Ketua Jurusan

Ir. Heru Nurwasito, M. Kom
NIP. 131 879 033

ABSTRAK

Vickry Anggun Nurramadhan. 0310632040-63. *Tensimeter Digital Menggunakan Atmega 8535 Dilengkapi Voice Processor*. Skripsi Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya. Pembimbing. Ir. Ponco Siwindarto. MS, Ir. M. Julius St. MS.

Perkembangan dunia teknologi saat ini mendorong keinginan manusia untuk mencari kemudahan dalam memenuhi kebutuhan hidupnya, khususnya dalam hal kesehatan. Karena tidak dapat di pungkiri seperti dikota-kota besar, bahwa semakin banyak tantangan kerja yang di hadapi, maka aktifitas untuk berolah raga pun menjadi semakin berkurang. Dengan berkurangnya berolahraga tiba-tiba terkena penyakit *stroke* dan jantung. Agar kondisi kesehatan tubuh selalu terjaga, maka disamping mengkonsumsi vitamin sebagai *suplemen* dan makanan yang bergizi, paling tidak minimal 1 bulan sekali harus selalu *check-up* kedokter. Namun biaya yang dikeluarkan untuk sekali *check-up* kedokter tidaklah sedikit dan belum lagi waktu yang diperlukan untuk *check-up* kedokter. Hal ini mendorong dunia kedokteran untuk mencari solusi terbaik bagi orang yang tidak mempunyai banyak waktu dan uang untuk pergi kedokter. Maka dibuatlah suatu alat yang mendukung dalam menyelesaikan berbagai masalah diatas, yaitu "Tensimeter Digital".

Perbedaan tensimeter digital dibandingkan dengan tensimeter manual adalah jika menggunakan manual denyut nadi didengar menggunakan *stetoscope* dan nilai tekanan darah dapat diketahui melalui kolom air raksa. Maka Tensimeter digital ini dapat mengetahui tekanan darah pada tubuh secara digital yang berbasis mikrokontroler dan sebuah LCD sebagai penampil. Kelebihan dari alat ini adalah nilai tekanan darah juga mampu ditampilkan lewat suara. Suara tersebut memberikan keadaan tekanan darah *diastolic* dan *systolic* yang akan ditampilkan juga pada LCD. Sehingga dari hasil data tersebut dapat dicatat dan disimpan, agar pasien dapat membandingkan keadaan tekanan darah tersebut.

Alat ini dikontrol menggunakan mikrokontroler dan sensor tekanan sebagai sarana pengindra. Sensor tekanan yang digunakan MPX 2050 yaitu angan yang dikeluarkan oleh sensor tekanan menjadi akurat maka diperlukan penguat instrumentasi, dan rangkaian filter. Untuk menampilkan angka menggunakan LCD dan ISD 2590 untuk memutar suara. Metode yang digunakan adalah dengan metode *osilometri* yaitu mengamati nilai tekanan darah *systolic* dan *diastolic* yang diukur melalui proses perhitungan-perhitungan komputer agar hasil yang diperoleh lebih akurat.

Kata Kunci: *Sensor tekanan darah, Mikrokontroler, Data pendeteksian tekanan darah.*

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah yang telah melimpahkan Rahmat dan Karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir dengan judul “TENSIMETER DIGITAL MENGGUNAKAN ATMEGA 8535 DILENGKAPI VOICE PROCESSOR” ini dengan baik.

Dalam penyusunan laporan ini penulis banyak mendapatkan masukan dari berbagai pihak. Oleh karena itu pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih kepada:

1. Ir. Heru Nurwarsito M.kom, selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro.
2. Rudi Yuwono, ST, M.Sc, selaku Sekretaris Jurusan Teknik Elektro.
3. Ir. Ponco Siwindarto. MS, selaku KKDK Elektronika dan pembimbing I yang telah membantu dalam bimbingan tugas akhir ini.
4. Ir. M. Julius St. MS., selaku dosen pembimbing II yang telah membantu dalam bimbingan tugas akhir ini.
5. Seluruh Dosen Teknik Elektro Universitas Brawijaya Malang.
6. Seluruh Civitas Akademik Teknik Elektro Universitas Brawijaya Malang.
7. Bapak, Ibu, dan Kakak tercinta yang memberi dukungan moral dan spiritual.
8. Teman-teman Jurusan Teknik Elektro Brawijaya.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan dan penulisan laporan Tugas Akhir ini masih banyak kekurangan dan kekeliruan, untuk itu penulis mohon masukan berupa kritik dan saran demi kelengkapan dan kesempurnaan laporan ini.

Semoga tugas akhir ini memberikan manfaat bagi kita semua. Amin.

Malang, Agustus 2007

Penulis

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
PENGANTAR	ii
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR TABEL	ix

BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang	1
1.2. Identifikasi Masalah	2
1.3. Perumusan Masalah	2
1.4. Batasan Masalah	3
1.5. Tujuan	3
1.6. Sistematika Tujuan	3

BAB II KAJIAN TEORI

2.1. Tekanan Darah	5
2.1.1. Sistole dan Diastole	5
2.1.2. Mengukur Tekanan Darah	6
2.1.2.1. Pengukuran tekanan darah Secara Langsung	6
2.1.2.2. Pengukuran Tekanan Darah Secara Tak Langsung	6
2.1.2.2.1. Metode Palpasi	7
2.1.2.2.2. Metode Auskultasi	7
2.1.2.2.3. Metode Osilometri	8
2.1.2.2.4. Metode Dengan Menggunakan MPX 2050	10
2.2. Mikrokontroler Atmega8535	11
2.2.1. Fungsi Pin Mikrokontroler Atmega8535	11
2.2.2. Arsitektur Atmega8535	13
2.2.2.1. Organisasi Memori	15

2.2.2.2. General Purpose Register	16
2.2.3. I/O Port	16
2.2.3.1. PORT A	17
2.2.3.2. PORT B	18
2.2.3.3. PORT C	19
2.2.3.4. PORT D	20
2.2.4. SRAM	21
2.2.5. Register I/O	22
2.2.6. Reset dan Interupsi	23
2.2.7. Peripheral Atmega8535	24
2.2.7.1. Timer/Conter	25
2.2.7.2. Watchdog Timer	27
2.2.7.4. EEPROM	28
2.2.7.5. <i>Analog Comparator</i>	29
2.2.7.6. 8 Chanel Multiplexer input ADC	30
2.2.8. Osilator Kristal	32
2.2.9. Pemrograman Atmega8535	32
2.3. Tranduser	33
2.3.1. Transduser Tekanan	34
2.4. Kerja (Op-amp)	36
2.4.1. Op-amp Sebagai Penguat Instrumentasi	36
2.5. Band pass Filter	38
2.6. LCD	40
2.6.1. Terminal I/O LCD	40
2.7. ISD 2590	43

BAB III METODE PENELITIAN

3.1. Studi Literatur	47
3.2. Perancangan Alat	47
3.3. Pengujian dan Analisa Alat	48
3.4. Prosedur yang digunakan	48
3.5. Pengambilan Kesimpulan	49

BAB IV PERANCANGAN DAN METODE

4.1. Analisis Plant	51
4.2.1. Perancangan Hardware	51
4.2.1.1. Minimum Sistem Atmega8535	54
4.2.1.1.1. Mikrokontroler Atmega8535	54
4.2.1.1.2. Internal ADC pada Mikrokontroler Atmega8535	55
4.2.1.1.3. Rangkaian Clock	56
4.2.1.2. Transduser Tekanan	57
4.2.1.3. Rangkaian Penguat Instrumentasi	58
4.2.1.4. Rangkaian Filter	60
4.2.1.5. LCD	64
4.2.1.6. Perancangan Rangkaian ISD	65
4.2.2. Perancangan Software	66

BAB V HASIL PENGUJIAN DAN ANALISIS

5.1. Pengujian Sensor	69
5.1.1. Tujuan	69
5.1.2. Peralatan yang digunakan	69
5.1.3. Prosedur pengujian	69
5.1.4. Hasil pengujian	70
5.2. Pengujian Rangkaian Instrumentasi Amplifier	71
5.2.1. Tujuan	71
5.2.2. Peralatan yang digunakan	71
5.2.3. Prosedur pengujian	71
5.2.4. Hasil pengujian	72
5.3. Pengujian Rangkaian Band-pass filter	73
5.3.1. Tujuan	73
5.3.2. Peralatan yang digunakan	73
5.3.3. Prosedur pengujian	73
5.4. Pengujian Sistem Keseluruhan	74

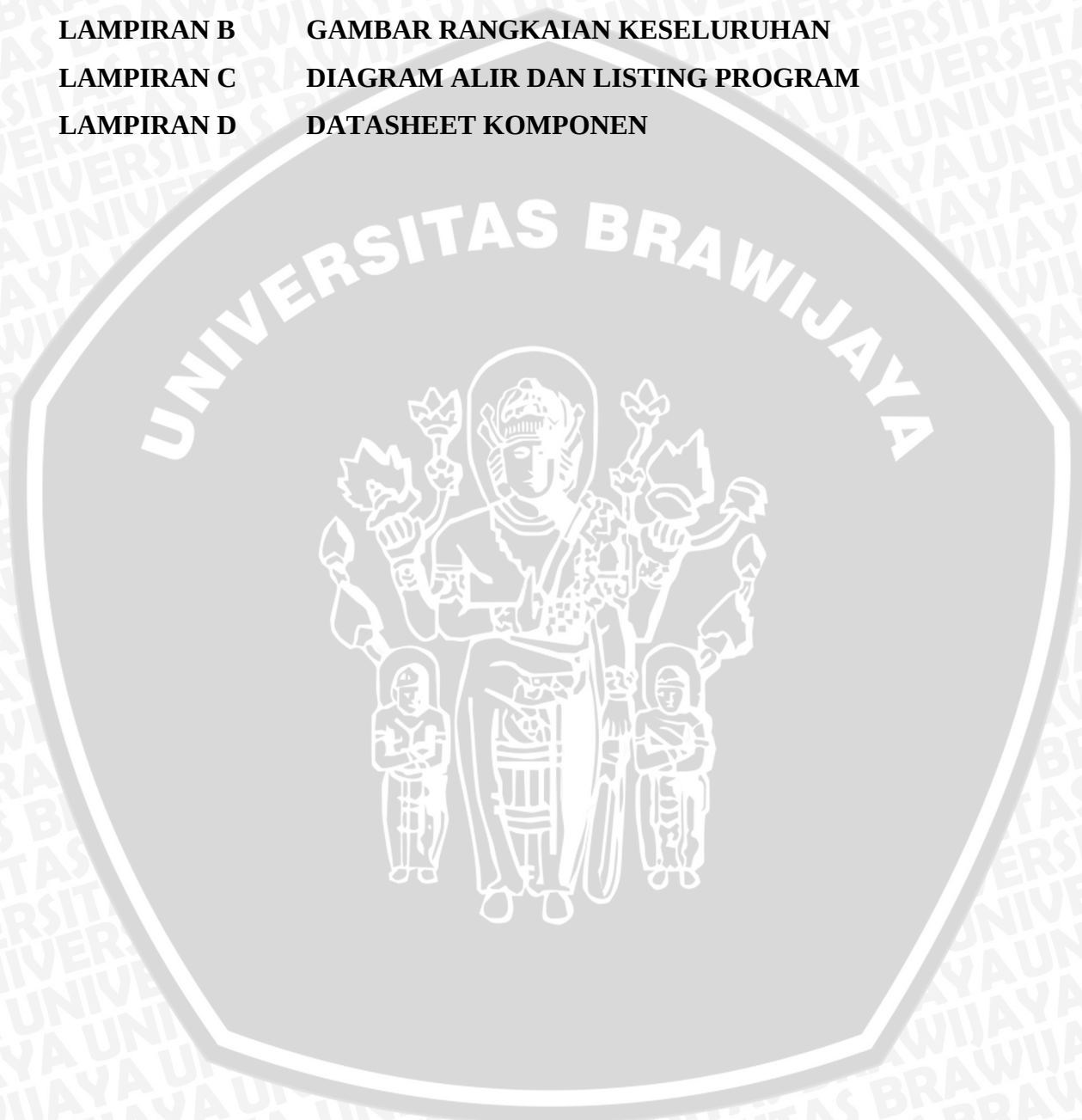
BAB VI PENUTUP

6.1. Kesimpulan	79
-----------------------	----

6.2. Saran	79
------------------	----

DAFTAR PUSTAKA	80
-----------------------------	-----------

LAMPIRAN A	FOTO ALAT
LAMPIRAN B	GAMBAR RANGKAIAN KESELURUHAN
LAMPIRAN C	DIAGRAM ALIR DAN LISTING PROGRAM
LAMPIRAN D	DATASHEET KOMPONEN



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1.	Pengukuran Tekanan Darah Dengan Metode Osilometri	9
Gambar 2.2.	Ilustrasi Hasil Pengukuran Dengan Metode Osilometri	9
Gambar 2.3.	Pengukuran Tekanan Darah Dengan Metode MPX 2050	10
Gambar 2.4.	Konfigurasi pin Atmega8535	12
Gambar 2.5.	Blok Diagram Mikrokontroler Atmega8535	14
Gambar 2.6.	Arsitektur Atmega8535	15
Gambar 2.7.	Peta Memori Atmega8535	16
Gambar 2.8.	General Purpose Register Atmega8535	16
Gambar 2.9.	SDRAM Dalam Organisasi Memori Atmega8535	21
Gambar 2.10.	Blok Diagram <i>Clock Timer/Counter</i>	25
Gambar 2.11.	Blok diagram <i>Timer/Counter0</i>	26
Gambar 2.12.	Blok diagram <i>Timer/Counter1</i>	27
Gambar 2.13.	Diagram Blok <i>Analog Comparator</i>	30
Gambar 2.14.	ADC Internal Mikrokontroler Atmega8535	30
Gambar 2.15.	ADC Dengan Pendekatan Beruntun	31
Gambar 2.16.	Koneksi Osilator	32
Gambar 2.17.	Konfigurasi Drive <i>External Clock</i>	32
Gambar 2.18.	Pemrograman paralel (A) dan pemrograman serial (B) pada Atmega8535	33
Gambar 2.19.	Sensor Tekanan MPX2050	35
Gambar 2.20.	<i>Equivalen Sensor</i>	35
Gambar 2.21.	Simbol Op –Amp	36
Gambar 2.22.	Rangkaian Instrumentasi	37
Gambar 2.23.	<i>Band-pass Filter</i> dan Tanggapan Frekuensi	39
Gambar 2.24.	Diagram Blok Driver LCD	41
Gambar 2.25.	<i>Timing Diagram</i> Proses Menulis (<i>write</i>)	42
Gambar 2.26.	<i>Timing Diagram</i> Proses Membaca (<i>read</i>)	42
Gambar 2.27.	Blok Diagram ISD2500 series	43
Gambar 4.1.	Diagram Blok Pengukur Tekanan Darah	52
Gambar 4.2.	Prototype Perancangan Alat Pengukur Tekanan Darah	53

Gambar 4.3.	Rangkaian Mikrokontroler ATmega8535	54
Gambar 4.4.	Rangkaian <i>Clock</i> Mikrokontroler ATmega8535	57
Gambar 4.5.	Schematic MPX2050	58
Gambar 4.6.	Gambar Rangkaian Penguat Instrumentasi	59
Gambar 4.7.	Tekanan Manset Saat Udara di Dalamnya di Keluarkan Secara Perlahan	60
Gambar 4.8.	Keluaran Rangkaian HPF Saat Menerima Tekanan Detak Jantung	61
Gambar 4.9.	Hasil pengujian keluaran rangkain Lpf	61
Gambar 4.10.	Rangkaian <i>Band-pass Filter</i>	63
Gambar 4.11.	Rangkaian LCD	65
Gambar 4.12.	Rangkaian ISD 2590	66
Gambar 4.13.	Flowchart Sistem Keseluruhan	67
Gambar 4.14.	Flowchart Program	68
Gambar 5.1.	Pengujian Sensor tekanan MPX 2050	70
Gambar 5.2.	Pengujian Penguat Instrumentasi	72
Gambar 5.3.	Pengujian Band – Pass Filter	73
Gambar 5.4.	Respon Filter Dengan Menggunakan Band – Pass	74
Gambar 5.5.	Sistem Pengujian Alat Perancangan Vs Alat Konvensional	74

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1.	Harga rata-rata sistolik dan diastolik berdasarkan usia dan jenis kelamin	6
Tabel 2.2.	Fungsi Alternatif Port A	18
Tabel 2.3.	Fungsi Alternatif Port B	19
Tabel 2.4.	Fungsi Alternatif Port C	20
Tabel 2.5.	Fungsi alternatif port D	21
Tabel 2.6.	Reset dan Vektor Interupsi	23
Tabel 2.7.	Pemilihan <i>clock timer/counter</i> pada AVR	25
Tabel 2.8.	Mode <i>compare</i> pada <i>Timer/Counter1</i>	27
Tabel 2.9.	Pengaturan <i>Prescaler</i> WDT	28
Tabel 2.10.	Tabel terminal I/O pada LCD	40
Tabel 2.11.	<i>Clock</i> XCLK	45
Tabel 5.1.	Hasil Pengujian Sensor Tekanan MPX2050	70
Tabel 5.2.	Hasil Pengujian Penguat Instrumentasi	72
Tabel 5.3.	Hasil Pengujian Alat Pada Orang laki-laki umur 25 th	75
Tabel 5.4.	Hasil Pengujian Alat Pada Orang laki-laki umur 24 th	75
Tabel 5.5.	Hasil Pengujian Alat Pada Orang laki-laki umur 23 th	76
Tabel 5.6.	Hasil Pengujian Alat Pada Orang laki-laki umur 41 th	76

BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang.

Perkembangan dunia teknologi saat ini mendorong keinginan manusia untuk mencari kemudahan dalam memenuhi kebutuhan hidupnya, khususnya dalam hal kesehatan. Karena pada jaman sekarang ini sebagian besar orang yang tinggal dikota besar, menggunakan sebagian waktunya untuk bekerja, hal ini yang menyebabkan waktu untuk aktifitas berolahraga menjadi semakin berkurang, kondisi yang demikian membuktikan banyak orang yang tiba-tiba terkena penyakit stroke dan jantung. Agar kondisi tubuh selalu terjaga, maka disamping mengkonsumsi vitamin sebagai suplemen dan makanan yang bergizi, paling tidak minimal 1 bulan sekali harus selalu *check-up* kedokter. Namun biaya yang dikeluarkan untuk selalu *check-up* ke dokter tidaklah sedikit dan belum lagi waktu yang diperlukan untuk *check-up* ke dokter.

Dari permasalahan diatas, timbul ide dari penulis untuk mencari solusi terbaik dengan merancang suatu alat yang dapat mengetahui tekanan darah seseorang tanpa harus terlebih dahulu pergi ke dokter, alat tersebut oleh penulis dinamakan "tensimeter digital". Keunggulan alat ini adalah mudah digunakan karena dapat menampilkan nilai tekanan darah melalui layar penampil/*Liquid Crystal Display* (LCD) serta melalui media suara, dan karena ukuranya yang kecil, memungkinkan untuk dibawa beraktifitas sehari-hari. Meskipun begitu, penulis sadar bahwa alat ini masih terdapat kekurangannya karena tidak memperhitungkan jenis kelamin dan usia.

Model pengontrolan dari tensimeter digital ini dirancang sedikit berbeda dengan yang cara manual. Jika menggunakan manual denyut nadi didengar menggunakan stethoscope dan nilai tekanan darah dapat diketahui melalui kolom air raksa. Maka tensimeter digital ini dapat mengolah data tekanan darah secara digital dan ditampilkan ke LCD dan Speaker.

Dari sistem yang bersifat otomatis tersebut maka muncul faktor yang paling mendominasi pada proses perancangan alat ini, yaitu mengubah besaran tekanan yang terdapat pada sarung tangan yang bersifat analog menjadi besaran

digital agar dapat dibaca oleh mikrokontroler serta dapat ditampilkan dalam bentuk LCD dan ISD sebagai Voice.

Metode pengontrolan menggunakan osilometri yaitu mengamati nilai tekanan darah systolic dan diastolic yang diukur melalui proses perhitungan-perhitungan komputer agar hasil yang diperoleh lebih akurat.

1.2. Identifikasi Masalah

Dalam pembuatan alat ini sensor yang digunakan adalah sensor tekanan sedangkan rangkaian kontrol yang digunakan adalah mikrokontroler, disamping itu juga diperlukan rangkaian penguat instrumentasi. Karena output tegangan dari sensor sangat kecil. Dengan alat ini dimaksud agar didapatkan suatu nilai tekanan darah yaitu systolic dan diastolic.

Model pengontrolan dari tensimeter digital ini dirancang sedikit berbeda dengan yang cara manual. Jika menggunakan manual denyut nadi didengar menggunakan stethoscope dan nilai tekanan darah dapat diketahui melalui kolom air raksa. Maka tensimeter digital ini dapat mengolah data tekanan darah secara digital dan ditampilkan ke LCD dan Speaker.

Dari sistem yang bersifat otomatis tersebut maka muncul faktor yang paling mendominasi pada proses perancangan alat ini, yaitu mengubah besaran tekanan yang terdapat pada sarung tangan yang bersifat analog menjadi besaran digital agar dapat dibaca oleh mikrokontroler serta dapat ditampilkan dalam bentuk LCD dan ISD sebagai Voice.

Metode pengontrolan menggunakan osilometri yaitu mengamati nilai tekanan darah systolic dan diastolic yang diukur melalui proses perhitungan-perhitungan komputer agar hasil yang diperoleh lebih akurat.

1.3. Perumusan Masalah.

Dalam perancangan dan pembuatan alat pengukur tekanan darah ini dapat dirumuskan beberapa masalah yang akan dibahas antara lain :

- 1) Bagaimana cara mengubah nilai tekanan dari tubuh menjadi perubahan nilai-nilai dalam bentuk Digital .
- 2) Bagaimana cara membedakan tekanan Sistole dan Diastole.

- 3) Bagaimana cara menampilkan hasil pengukuran dalam bentuk alfanumerik dan suara.

1.4. Batasan Masalah.

Dalam pembuatan alat ini diperlukan suatu batasan masalah. Hal ini dimaksud agar materi yang akan dibahas tidak menyimpang dari pokok masalah, maka dapat disusun batasan masalah yaitu, untuk usia pria digolongkan antara umur 10 sampai 50 tahun, sedangkan untuk usia wanita digolongkan antara umur 7 sampai 60 tahun, hal ini dimaksud untuk mempermudah dalam pengukuran.

1.5. Tujuan.

Tujuan skripsi adalah merancang alat yang mampu mengukur dan menganalisis nilai tekanan darah dan menampilkan hasil pengukuran LCD dan dilengkapi loud speaker.

1.6. Sistematika Tujuan

Sistematika pembahasan perancangan dan pembuatan tensimeter Digital ini, perinciannya adalah sebagai berikut :

BAB I : PENDAHULUAN

Berisi latar belakang, perumusan masalah, batasan masalah dan tujuan

BAB II : TINJAUAN PUSTAKA

Berisi teori-teori yang menunjang dalam proses pembuatan tugas akhir ini.

BAB III : METODOLOGI

Berisi tentang metode yang menjelaskan tentang sistematika berfikir dalam proses analisis dan perancangan.

BAB IV : PERENCANAAN ALAT

Berisi tentang rancangan sistem yang membahas bagian demi bagian penyusunan sistem.

BAB V : PENGUJIAN DAN ANALISIS

Berisi tentang pengujian fungsi dari rangkaian yang diinginkan dan data hasil pengujian.

BAB VI : PENUTUP

Berisi tentang kesimpulan dan saran-saran tentang pengembangan perancangan rangkaian selanjutnya



BAB II

KAJIAN TEORI

2.1. Tekanan Darah

Dalam system sirkulasi darah, tekanan darah merupakan parameter yang sangat penting, karena selalu diperlukan untuk daya dorong mengalirnya darah di dalam pembuluh arteri, arteriola, kapiler dan sistem vena. Jantung adalah bagian organ tubuh yang berfungsi sebagai pemompa darah. Dengan adanya aktifitas jantung, maka terjadilah aliran darah dari pembuluh vena ke pembuluh arteri pada sistem sirkulasi tertutup.

2.1.1. Sistole dan Diastole

Aktivitas jantung yang memompa darah dengan cara mengadakan kontraksi dan relaksasi, menimbulkan tekanan darah di dalam sistem sirkulasi. Pada waktu *sistole ventrikel* (fase ejeksi cepat) darah dipompa ke aorta dan arteri. Tekanan arteri pada saat itu naik sampai sekitar 120 mmHg, dalam pengukuran tekanan darah disebut sebagai tekanan *sistolik*. Kenaikan tekanan darah ini menyebabkan aorta mengalami *distensi*, sehingga tekanan di dalamnya turun sedikit. Jika dilihat pada grafik tekanan darah terhadap waktu, maka dapat dilihat sebagai *incisure* atau celah akibat penurunan tekanan sesaat dan disusul dengan kenaikannya kembali. Pada saat *diastole ventrikel*, maka tekanan aorta cenderung sampai sekitar 80 mmHg, tekanan inilah yang pada saat pemeriksaan tekanan darah dikenal sebagai tekanan *diastolik*.

Tekanan pada orang dewasa sangat bervariasi. Tekanan darah terdiri dari tekanan sistolik yang berkisar antara 95 mmHg – 140 mmHg, tekanan yang dapat meningkat dengan bertambahnya usia. Dilain pihak ada tekanan diastoliknya berkisar antara 60 mmHg – 90 mmHg. Namun tekanan darah normal biasanya berkisar 120 mmHg untuk tekanan sistolik dan 80 mmHg untuk tekanan diastolik. Tekanan darah normal dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain usia, jenis kelamin, perjalanan dalam sehari semalam yang membentuk perubahan tekanan darah. Tekanan darah normal untuk usia dan jenis kelamin tertentu bukan merupakan nilai tertentu, tetapi berupa range tertentu seperti ditunjukkan dalam

Tabel 2.1 dibawah ini.

Tabel 2.1. Harga rata-rata sistolik dan diastolik berdasarkan usia dan jenis kelamin.
(Ilmu kedokteran UI 1994)

USIA	PRIA		WANITA	
	Sistolik (mmHg)	Diastolik (mmHg)	Sistolik (mmHg)	Diastolik (mmHg)
20-24	128±14	75±13	121±13	75±12
25-29	128±14	75±22	122±15	73±12
30-34	129±16	77±14	124±15	75±12
35-39	130±18	79±15	127±17	78±13
40-44	132±19	81±14	132±20	80±13
45-49	136±22	83±14	140±26	84±16
50-54	144±26	87±16	147±28	86±15
55-59	150±27	88±6	150±28	88±16
60-64	156±28	91±16	158±30	90±16
65-69	158±30	89±17	166±30	91±15
Over 70	165±32	89±17	171±31	91±16

2.1.2. Mengukur Tekanan Darah

Berdasarkan caranya, pengukuran tekanan darah dapat dibagi menjadi dua bagian, yaitu:

- Secara langsung (*invasive*).
- Secara tidak langsung (*non invasive*).

2.1.2.1. Pengukuran Tekanan Darah Secara Langsung (*invasive*)

Pengukuran tekanan darah secara langsung (*invasive*) yaitu dengan memasukkan alat pengukur ke dalam tubuh atau dengan kata lain melalui cara pembedahan terhadap tubuh pasien.

Pengukuran tekanan darah secara langsung pada manusia dilakukan pertama kali oleh Profesor Faivre dari Lyon dengan menggunakan alat pengukur tekanan darah *haemodynamometer*.

Pengukuran tekanan darah secara langsung masih digunakan di rumah-rumah sakit moderen untuk mengukur tekanan cairan sumsum tulang belakang (*spiral fluid*) dan tekanan vena pusat (*central venous pressure – CVP*).

2.1.2.2. Pengukuran Tekanan Darah Secara Tak Langsung (*non invasive*)

Pengukuran tekanan darah secara tak langsung yaitu pengukuran yang dilakukan diluar tubuh atau dapat dikatakan tanpa melalui proses

pembedahan tubuh pasien. Selain mudah dan umum dilakukan, pengukuran jenis ini juga tidak berbahaya bagi pasien, oleh karena itu pengukuran tekanan darah secara tak langsung lebih banyak digunakan karena tidak menyakitkan dan tidak terjadi pembedahan.

Pengukuran tekanan darah secara tak langsung memerlukan sebuah piranti yang disebut *Sphygmomanometer*, yang terdiri dari balon karet (*bladder*) yang dapat dikembangkan dan terbungkus oleh sarung kain yang biasa disebut dengan Manset (*handcuff*), karet pompa udara, 2 buah pipa karet dan sebuah manometer.

Pada pengukuran darah secara tak langsung ada beberapa metode yang digunakan untuk menentukan besarnya nilai tekanan darah, antara lain:

2.1.2.2.1 Metode Palpasi

Metode palpasi yaitu menggunakan indera peraba untuk menentukan denyut pasien pada arteri radialis (lengan). Caranya dengan menaikkan tekanan manset yang telah dipasang pada lengan kanan atas sampai denyut arteri radialis lenyap/hilang. Kemudian operator membuka katub udara pada manset sampai suatu pulsa menjadi teraba pada arteri, tekanan pada saat kondisi ini terjadi merupakan tekanan sistolik.

Metode palpasi hanya bisa mendeteksi tekanan sistolik sebab terdapat perubahan yang tidak ter-palpasi (teraba) yang terjadi pada tekanan diastolik. Perlu dicatat bahwa perubahan yang biasa teraba cenderung lenyap dibawah 75 atau 80 mmHg tekanan sistolik, sehingga teknik ini sering kali tidak bisa digunakan pada penderita hipotensi atau penderita tekanan darah rendah.

2.1.2.2.2. Metode Auskultasi

Metode auskultasi yaitu menggunakan pendengaran untuk menentukan denyut pasien, yaitu dengan cara mendengarkan suara dari stetoskop yang disebut dengan suara Korotkoff, metode inilah yang paling banyak digunakan dalam menentukan besarnya nilai tekanan darah.

Prosedur pengukuran tekanan darah dengan menggunakan metode auskultasi ini adalah sebagai berikut:

- a. Manset (*cuff*) dibelitkan melingkar pada lengan atas pasien pada titik pertengahan antara siku dan bahu. Stetoskop diletakkan diatas arteri brakialis,

dengan tekanan yang ringan agar semua ujung stetoskop melekat rapat dikulit.

- b. Manset (*cuff*) dikembangkan sehingga tekanan dalam balon karet (*bladder*) mencapai suatu harga lebih besar dari tekanan sistolik yang diperkirakan. Tekanan ini menekan dan menjepit jaringan di lengan atas kanan, menyebabkan pembuluh darah menguncup. Karena tekanan manset melebihi tekanan sistolik pembuluh darah arteri brakialis, maka tidak ada aliran darah ke lengan bawah dan jari.
- c. Kemudian operator mengurangi dengan perlahan (kira-kira 3 mmHg/s biasanya dianggap terbaik) tekanan didalam manset dan mengamati nilai meteran tekanan atau kolom air raksa. Bila tekanan sistolik pertama melebihi tekanan manset, operator mulai mendengar bunyi detakan atau suara Korotkoff yaitu bunyi dalam stetoskop yang diakibatkan oleh pancaran darah yang mencoba mendorong melalui manset tersebut. Suara Korotkoff hilang atau menjadi tersaring bila tekanan manset jatuh dibawah tekanan diastolik penderita. Untuk membaca tekanan darah, operator mencatat nilai tekanan saat suara Korotkoff mulai ada (sistolik) dan juga saat suara Korotkoff hilang (diastolik). Tekanan-tekanan ini biasanya dicatat dalam perbandingan sistolik dan diastolik (misalnya 120/80).

Metode ini mempunyai kelemahan yaitu pengukuran harus dilakukan pada tempat yang tenang, agar suara Korotkoff dapat terdengar jelas.

2.1.2.2.3. Metode Osilometri

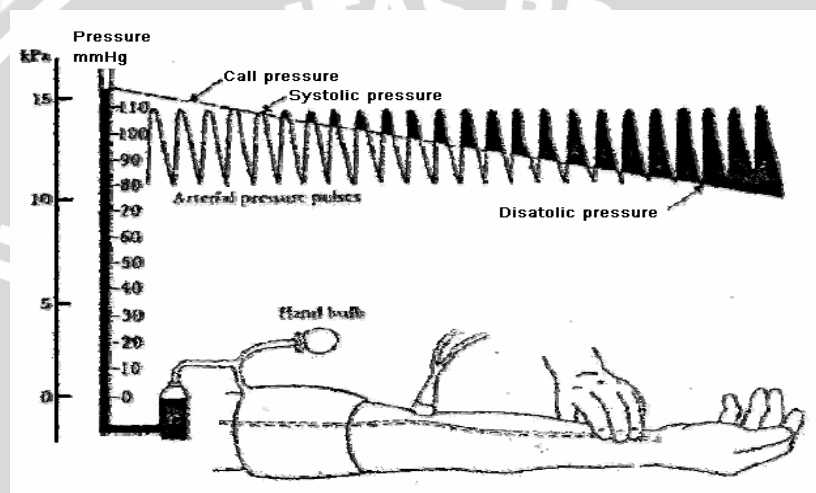
Metode Osilometri yang menggunakan osilasi pada kolom air raksa untuk menentukan tekanan sistolik dan diastolik. Untuk mengamati osilasi yang terjadi ini diperlukan perhitungan-perhitungan dari komputer agar hasil yang diperoleh lebih akurat.

Prosedur pengukuran tekanan darah dengan menggunakan metode osilometri adalah sebagai berikut:

- a. Manset (*cuff*) dibelitkan melingkar pada lengan atas pasien pada titik pertengahan antara siku dan bahu.
- b. Manset (*cuff*) dikembangkan sehingga tekanan dalam balon karet (*bladder*) mencapai suatu harga lebih besar dari tekanan sistolik yang diperkirakan sehingga tidak ada aliran darah ke lengan bawah dan jari.

- c. Kemudian operator mengurangi dengan perlahan tekanan di dalam manset dan mengamati nilai pada meteran atau kolom air raksa. Sampai suatu ketika tekanan manset lebih rendah dari tekanan puncak tekanan sistolik pembuluh arteri, lalu sejumlah darah mulai dapat mengalir selama fase sistolik. Saat terjadi osilasi pertama nilai pada kolom air raksa disebut nilai sistolik, sedangkan saat amplitudo osilasi kembali pada level pulsa normal lagi, nilai pada kolom air raksa adalah besarnya tekanan sistolik.

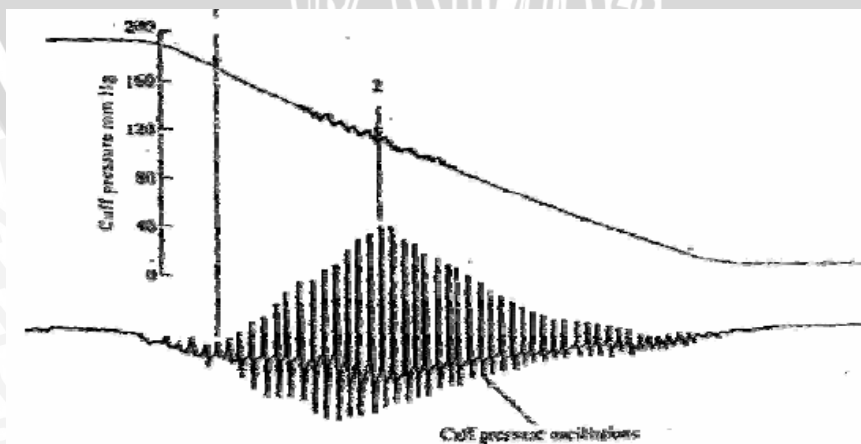
Pengukuran tekanan darah dengan menggunakan metode osilometri ditunjukkan dalam Gambar 2.1



Gambar 2.1. Pengukuran Tekanan Darah Dengan Metode Osilometri.

Sumber: www.drbloodpressure.com

Ilustrasi hasil pengukuran tekanan darah dengan menggunakan metode osilometri ditunjukkan dalam Gambar 2.2.



Gambar 2.2. Ilustrasi Hasil Pengukuran Dengan Metode Osilometri.

Sumber: www.drbloodpressure.com

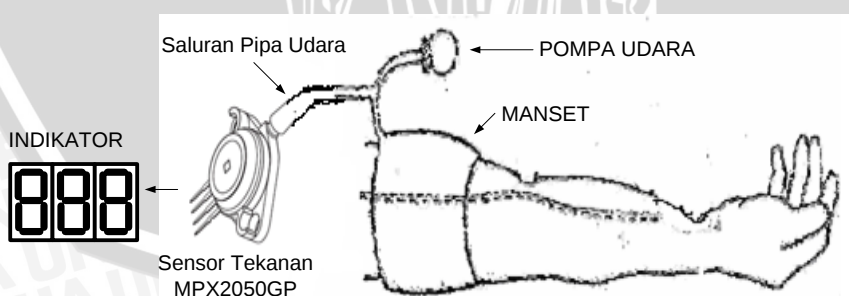
2.1.2.2.4. Metode Dengan Menggunakan MPX 2050.

Metode MPX 2050 yang menggunakan osilasi pada tekanan udara untuk menentukan tekanan sistolik dan diastolik. Untuk mengamati osilasi yang terjadi ini diperlukan perhitungan-perhitungan dari Mikrokontroler agar hasil yang diperoleh lebih akurat.

Prosedur pengukuran tekanan darah dengan menggunakan metode MPX 2050 adalah sebagai berikut:

- Manset (*cuff*) dibelitkan melingkar pada lengan atas pasien pada titik pertengahan antara siku dan bahu.
- Maset (*cuff*) dikembangkan sehingga tekanan dalam balon karet (*bladder*) mencapai suatu harga lebih besar dari tekanan sistolik yang diperkirakan sehingga tidak ada aliran darah ke lengan bawah dan jari.
- Kemudian operator mengurangi dengan perlahan tekanan di dalam manset dan mengamati nilai pada nilai tegangan yang diconversi menjadi digital dan dioalah oleh microcontroler ditampilkan pada LCD. Sampai suatu ketika tekanan manset lebih rendah dari tekanan puncak tekanan sistolik pembuluh arteri, lalu sejumlah darah mulai dapat mengalir selama fase sistolik. Saat terjadi osilasi pertama nilai pada tekanan disebut nilai sistolik, sedangkan saat amplitudo osilasi kembali pada level pulsa normal lagi, nilai pada tekanan udara adalah besarnya tekanan sistolik.

Pengukuran tekanan darah dengan menggunakan metode tranducer MPX 2050 ditunjukkan dalam Gambar 2.3



Gambar 2.3. Pengukuran Tekanan Darah Dengan Metode MPX 2050.

Sumber: www.medicalclinic.com

2.2. Mikrokontroler Atmega8535.

AVR merupakan seri mikrokontroler CMOS 8-bit buatan Atmel, berbasis arsitektur RISC (*Reduced Instruction Set Computer*). Hampir semua instruksi dieksekusi dalam satu siklus *clock*. AVR mempunyai 32 register *general-purpose*, *timer/counter* fleksibel dengan *mode compare*, *interrupt* internal dan eksternal, serial USART, *Programmable Watchdog Timer*, dan *mode power saving*. Beberapa diantaranya mempunyai ADC dan PWM internal. AVR juga mempunyai *In-System Programmable Flash on-chip* yang memungkinkan memori program untuk diprogram ulang dalam sistem menggunakan hubungan serial SPI.

Atmega8535 adalah mikrokontroler CMOS 8-bit daya rendah berbasis arsitektur RISC yang ditingkatkan. Kebanyakan instruksi dikerjakan pada satu siklus *clock*, Atmega8535 mempunyai *throughput* mendekati 1 MPS per MHz membuat disain dari sistem untuk mengoptimasi konsumsi daya versus kecepatan proses.

Mikrokontroler Atmega8535 memiliki fitur-fitur utama antara lain sebagai berikut:

- 1) 130 macam instruksi,
- 2) 32 x 8 bit *General Purpose Register*,
- 3) Memori Program Flash pada ROM 8K,
- 4) Memori data SRAM 512 Byte,
- 5) Memori EEPROM 512 Byte,
- 6) Jalur I/O 32 pin,
- 7) *Timer/Counter* 3 kanal.
- 8) 8-channel, 10-bit ADC,
- 9) *Output PWM* 4 kanal,
- 10) 6-mode *sleep*,
- 11) Serial I/O menggunakan UASRT,
- 12) Komparator analog.

2.2.1. Fungsi Pin Mikrokontroler Atmega8535.

Susunan pin-pin dari IC mikrokontroler Atmega8535 ditunjukkan dalam Gambar 2.4. IC ini tersusun dari 40 pin yang memiliki beberapa fungsi tertentu.

PDIP			
(XCK/T0) PB0	1	40	PA0 (ADC0)
(T1) PB1	2	39	PA1 (ADC1)
(INT2/AIN0) PB2	3	38	PA2 (ADC2)
(OC0/AIN1) PB3	4	37	PA3 (ADC3)
(SS) PB4	5	36	PA4 (ADC4)
(MOSI) PB5	6	35	PA5 (ADC5)
(MISO) PB6	7	34	PA6 (ADC6)
(SCK) PB7	8	33	PA7 (ADC7)
RESET	9	32	AREF
VCC	10	31	GND
GND	11	30	AVCC
XTAL2	12	29	PC7 (TOSC2)
XTAL1	13	28	PC6 (TOSC1)
(RXD) PD0	14	27	PC5
(TXD) PD1	15	26	PC4
(INT0) PD2	16	25	PC3
(INT1) PD3	17	24	PC2
(OC1B) PD4	18	23	PC1 (SDA)
(OC1A) PD5	19	22	PC0 (SCL)
(ICP1) PD6	20	21	PD7 (OC2)

Gambar 2.4. Konfigurasi pin Atmega8535.

Sumber: datasheet Atmega8535.

Penjelasan dari masing-masing pin adalah sebagai berikut:

1. **VCC** *Power Supply.*
2. **GND** *Ground.*
3. **Port A (PA7...PA0)** Merupakan *input* analog untuk ADC, jika tidak digunakan port A dapat berfungsi sebagai 8-bit *bidirectional* I/O port, kaki port-nya dapat menyediakan resistor *pull-up* internal (dipilih untuk masing-masing bit).
4. **Port B (PB7....PB0)** Port B merupakan port I/O 8-bit *bi-directional*. Pin-pin pada port ini dapat diberi resistor *pull-up* internal secara individual.
5. **Port C (PC7...PC0)** Port C merupakan I/O 8-bit dua arah dengan resistor *pull-up* internal. Port ini mampu menyediakan arus hingga 20 mA. Sehingga dapat langsung menggerakkan LED dari mikrokontroler ini. Dua bit dari port C ini (PC7...PC6) dapat digunakan sebagai osilator dari *Timer/Counter2*. Port ini akan pada kondisi *tristate* apabila reset diaktifkan.
6. **Port D (PD7...PD0)** Port D merupakan I/O 8-bit dua arah dengan resistor

pull-up internal. Port ini mampu menyediakan arus hingga 20 mA sehingga dapat langsung menggerakkan LED dari mikrokontroler ini. Port ini akan pada kondisi tristate apabila reset diaktifkan. Port D ini juga digunakan sebagai register fungsi khusus.

7. RESET

Merupakan pin input yang aktif rendah, jika pin ini aktif rendah selama minimal 50ns ketika osilator bekerja akan mereset peralatan.

8. XTAL1

Input bagi inverting *oscillator amplifier* dan input bagi *clock* internal.

9. XTAL2

Output inverting *oscillator amplifier*.

10. AVCC

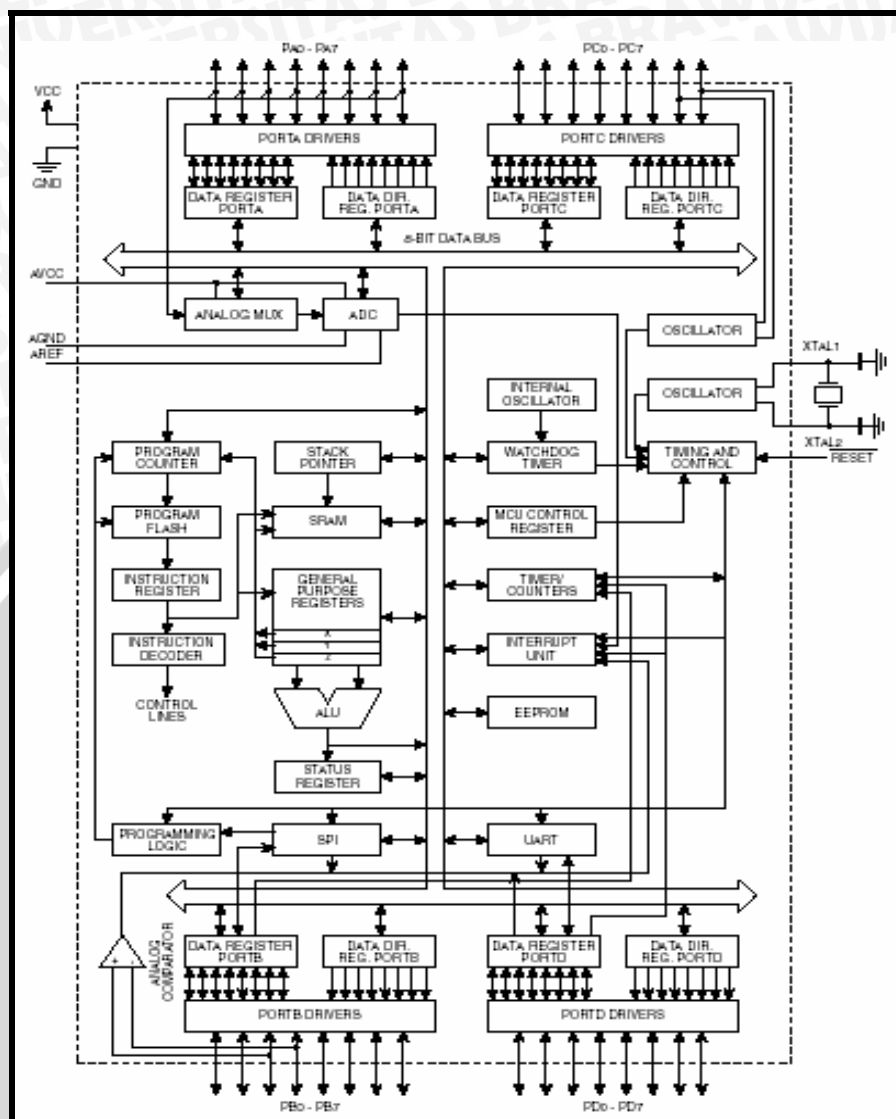
AVCC adalah sumber tegangan +5 volt untuk Port A dan untuk ADC internal. Meskipun ADC internal tidak digunakan pin ini tetap harus dihubungkan dengan sumber tegangan +5 volt. Jika ADC internal digunakan, pin ini harus dihubungkan dengan +5 volt dengan tambahan filter *low-pass* pada keluarannya.

11. AREF

AREF adalah input analog tegangan referensi untuk ADC internal. Untuk pengoperasian ADC internal, range tegangan antara 2V sampai AVCC harus dihubungkan ke pin ini.

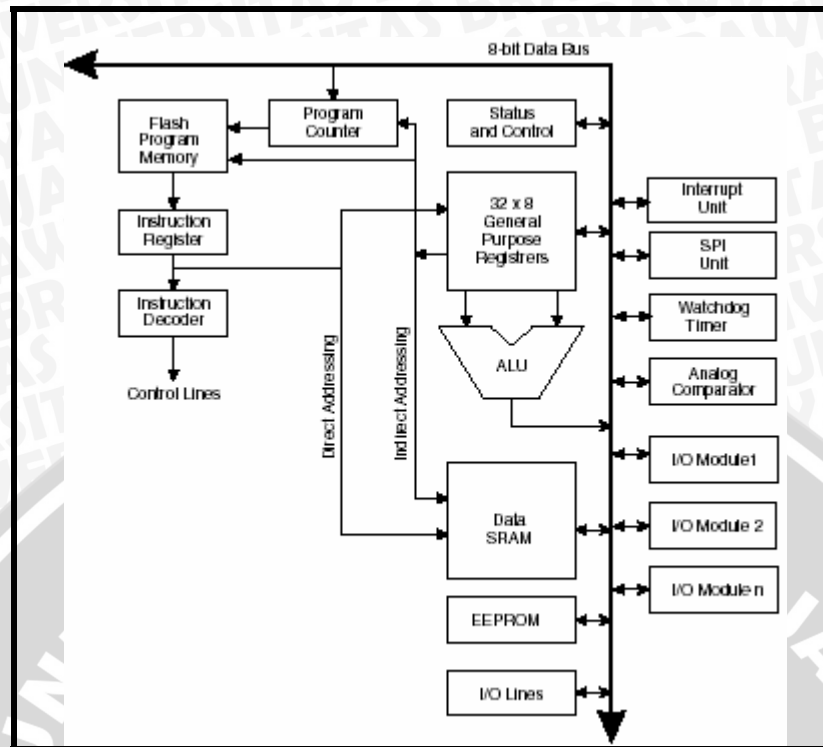
2.2.2. Arsitektur Mikrokontroler Atmega8535.

Seperti yang diungkapkan diatas bahwa mikrokontroler Atmega8535 merupakan mikrokontroler CMOS dengan daya rendah yang memiliki arsitektur AVR RISC 8-bit. Arsitektur ini mendukung kemampuan untuk melaksanakan eksekusi insruksi hanya dalam siklus *clock* osilator. Hal ini sangat cocok untuk mendesain suatu sistem aplikasi yang cepat dan hemat daya. AVR ini memiliki fitur untuk menghemat konsumsi daya, yaitu dengan menggerakkan *mode sleep*. *Mode sleep* pada mikrokontroler Atmega8535 ada enam macam, yaitu *mode idle*, *mode ADC Noise Reduction*, *mode Power-save*, *mode power-down*, *mode Standby mode* dan *mode Extended Standby*.



Gambar 2.5. Blok Diagram Mikrokontroler Atmega8535.
Sumber: datasheet Atmega8535

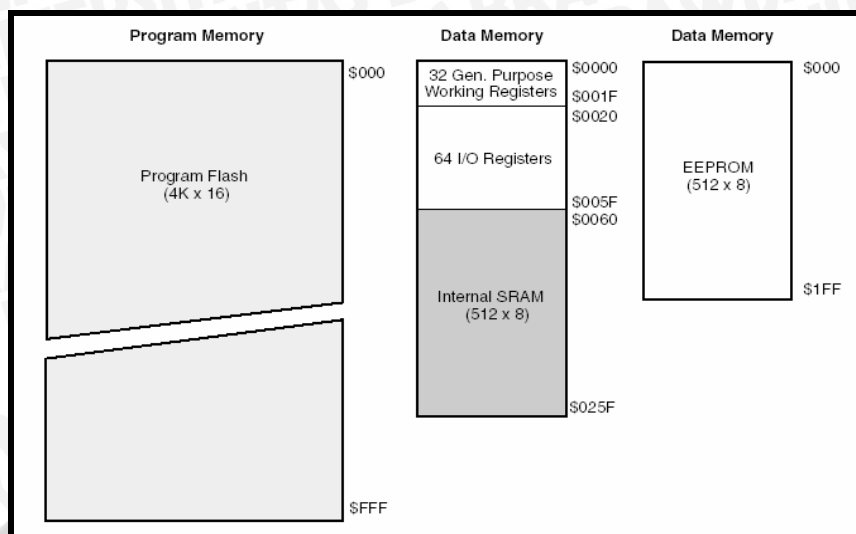
Mikorkontroler AVR memiliki model arsitektur Harvard, dimana memori dan bus untuk program dan data dipisahkan. Dalam arsitektur AVR, seluruh 32 register umum yang ada terhubung langsung ke ALU prosesor. Hal inilah yang membuat AVR begitu cepat dalam mengeksekusi instruksi. Dalam satu siklus clock, terdapat dua register independen yang dapat diakses oleh satu instruksi. Teknik yang digunakan adalah *fetch during execution* atau memegang sambil mengerjakan. Hal ini berarti, dua operan dibaca dari dua register, dilakukan eksekusi operasi, dan hasilnya disimpan kembali dalam salah satu register, semuanya dilakukan hanya dalam satu siklus *clock*. Arsitektur AVR Atmega8535 ditunjukkan dalam Gambar 2.6 berikut.



Gambar 2.6. Arsitektur Atmega8535.
Sumber: datasheet Atmega8535

2.2.2.1.Organisasi Memori.

Dalam organisasi memori AVR, 32 register keperluan umum (GPR) menempati *space* data pada alamat terbawah, yaitu \$0000 sampai \$001F. Sedangkan register-register khusus, untuk penanganan I/O dan kontrol terhadap mikrokontroler, menempati 64 alamat berikutnya, yaitu mulai dari \$0020 hingga \$005F. Register-register ini merupakan register-register khusus digunakan untuk melakukan pengaturan fungsi terhadap berbagai peripheral mikrokontroler semacam kontrol register, *timer/counter*, fungsi-fungsi I/O, dan sebagainya. Kelompok register ini dinamakan kelompok *register* I/O. Alamat memori berikutnya digunakan untuk SRAM 512 byte, yaitu pada lokasi \$0060 sampai dengan \$025F. Arsitektur peta memori untuk AVR Atmega8535 ditunjukkan dalam Gambar 2.7.



Gambar 2.7. Peta Memori Atmega8535.

2.2.2.2. General Purpose Register (GPR)

Seluruh instruksi operasi register dalam AVR memiliki akses langsung ke semua register. Kecuali untuk lima instruksi aritmatika logika yang mengoperasikan register konstanta (SBCI, SUBI, CPI, ANDI, dan ORI) dan LDI yang mengoperasikan pemuatan data imediat. Instruksi-instruksi tersebut dioperasikan hanya pada separo lokasi register terakhir GPR (R16 sampai R31). Instruksi untuk operasi umum seperti SBC, SUB, CP, AND, OR, dan operasi lainnya yang mengoperasikan dua register atau satu register dapat melakukan akses terhadap seluruh register. Arsitektur dari *General Purpose Register* Atmega8535 ditunjukkan dalam Gambar 2.8.



Gambar 2.8. General Purpose Register Atmega8535.

2.2.3. I/O Port

Atmega8535 memiliki empat buah port I/O yaitu PortA, PortB, PortC dan

PortD. Berikut ini penjelasan singkat mengenai keempat port I/O tersebut.

2.2.3.1. PORT A

Port A merupakan port I/O 8-bit *bi-directional* yang masing-masing pin-nya dapat dikonfirmasi secara individual. Masing-masing dalam port ini juga memiliki fasilitas resistor *pull-up* internal yang berguna untuk memberikan kondisi yang tentu (tidak ngambang) pada saat konfigurasi sebagai *input*, tanpa harus memberikan *pull-up* eksternal. Untuk mendukung penggunaan port ini, terdapat tiga buah alamat memori yang khusus digunakan untuk menangani fungsi port A. Alamat memori tersebut adalah:

- Data register Port A, berlokasi pada \$1B(\$3B). Register ini bisa ditulis/baca.

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	
\$1B (\$3B)	PORTA7	PORTA6	PORTA5	PORTA4	PORTA3	PORTA2	PORTA1	PORTA0	PORTA
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	

- Data *Direction Register* port A (DDRA), berlokasi pada \$1A(\$3A). Register ini bisa ditulis/ baca.

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	
\$1A (\$3A)	DDA7	DDA6	DDA5	DDA4	DDA3	DDA2	DDA1	DDA0	DDRA
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	

- Port A *Input Pin* (PIN A), berlokasi pada \$19(\$39). PIN A bukanlah suatu register, namun pin-pin fisik pada *hardware* mikrokontroler. PIN A ini hanya bisa dibaca. Ketika PORT A dibaca, maka pada data *Latch* dari Port A akan dibaca, sedangkan bila PIN A dibaca, maka logika yang sedang terjadi pada pin-pin Port A yang akan dibaca.

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	
\$19 (\$39)	PINA7	PINA6	PINA5	PINA4	PINA3	PINA2	PINA1	PINA0	PINA
Read/Write	R	R	R	R	R	R	R	R	
Initial Value	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	

Beberapa pin pada port A memiliki fungsi alternatif, yang bisa digunakan sesuai dengan kebutuhan. Pin-pin tersebut adalah PA7...PA0. Adapun Fungsi dari masing-masing pin tersebut ditunjukkan dalam Tabel 2.2.

Tabel 2.2. Fungsi Alternatif Port A

Pin Port A	Fungsi Alternatif
PA7	ADC7 (ADC input channel 7)
PA6	ADC6 (ADC input channel 6)
PA5	ADC5 (ADC input channel 5)
PA4	ADC4 (ADC input channel 4)
PA3	ADC3 (ADC input channel 3)
PA2	ADC2 (ADC input channel 2)
PA1	ADC1 (ADC input channel 1)
PA0	ADC0 (ADC input channel 0)

2.2.3.2.PORT B

Sebagai mana Port A, Port B juga memiliki tiga buah lokasi memori yang berkaitan dengan penggunaannya sebagai port I/O. Memori tersebut adalah PORTB, DDRB dan PINB.

- PORTB (Data Direction), berlokasi pada \$18(\$38).

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	
\$18 (\$38)	PORTB7	PORTB6	PORTB5	PORTB4	PORTB3	PORTB2	PORTB1	PORTB0	PORTB
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	

- DDRB (Data Direction Register port B), berlokasi pada \$17(\$37).

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	
\$17 (\$37)	DDB7	DDB6	DDB5	DDB4	DDB3	DDB2	DDB1	DDB0	DDRB
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	

- PINB (Port B Input Pin), berlokasi pada \$16(\$36). PINB bukanlah register, dan berbeda dengan dua memori yang lain, PINB hanya bisa dibaca.

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	
\$16 (\$36)	PINB7	PINB6	PINB5	PINB4	PINB3	PINB2	PINB1	PINB0	PINB
Read/Write	R	R	R	R	R	R	R	R	
Initial Value	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	

Format port B mirip dengan port A dalam hal konfigurasi I/O dan penggunaan resistor *pull-up*. Seperti halnya port A, port B juga memiliki fungsi alternatif seperti ditunjukkan dalam Tabel 2.3.

Tabel 2.3. Fungsi Alternatif Port B.

Pin Port B	Fungsi Alternatif
PB7	SCK (SPI Bus Serial Clock)
PB6	MISO(SPI Bus Master Input/ Slave Output)
PB5	MOSI (SPI Bus Master Input/ Slave Input)
PB4	SS(SPI Slave Select Input)
PB3	AIN1 (Analog Comparator Negative Input) OC0 (Timer / Counter 0 Output Compare Match Output)
PB2	AIN0 (Analog Comparator Positive Input) INT2 (Eksternal Interrupt 2 Input)
PB1	T1 (Timer/Counter 1 Eksternal Counter Input)
PB0	T0 (Timer/ Counter 0 Eksternal Counter Input) XCK (UASRT Eksternal Clock Input / Output)

2.2.3.3.PORT C

Sebagai mana port A dan port B, Port C juga memiliki tiga buah lokasi memori yang berkaitan dengan penggunaannya sebagai port I/O. Memori tersebut adalah PORTC, DDRC dan PINC.

- PORTC (*Data Direction*), berlokasi pada \$15(\$35).

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	
\$15 (\$35)	PORTC7	PORTC6	PORTC5	PORTC4	PORTC3	PORTC2	PORTC1	PORTC0	PORTC
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	

- DDRC (Data Direction Register port C), berlokasi pada \$14(\$34).

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	
\$14 (\$34)	DDC7	DDC6	DDC5	DDC4	DDC3	DDC2	DDC1	DDC0	DDRC
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	

- PINC (Port C Input Pin), berlokasi pada \$13 (\$33). PINB bukanlah register, dan berbeda dengan dua memori yang lain, PINB hanya bisa dibaca.

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	
\$13 (\$33)	PINC7	PINC6	PINC5	PINC4	PINC3	PINC2	PINC1	PINC0	PINC
Read/Write	R	R	R	R	R	R	R	R	
Initial Value	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	

Format port C mirip dengan port A dan port B dalam hal konfigurasi I/O dan penggunaan resistor *pull-up*. Seperti halnya port A dan port B. Port C juga mempunyai fungsi alternatif seperti ditunjukkan dalam Tabel 2.4.

Tabel 2.4. Fungsi Alternatif Port C

Pin PORT C	Fungsi Alternatif
PC7	TOSC2 (Timer Oscilator pin 2)
PC6	TOSC1 (Timer Oscilator pin 1)
PB1	SDA (Two-wire Serial Bus Data Input/Output Line)
PB0	SCL (Two-wire Serial Bus Clock Line)

2.2.3.4.PORT D

Sebagai mana port A, port B, dan port C, port D juga memiliki tiga buah lokasi memori yang berkaitan dengan penggunaannya sebagai port I/O. Memori tersebut adalah PORTD, DDRD, dan PIND.

- PORTD (Data Direction), berlokasi pada \$12(\$32).

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	
\$12 (\$32)	PORTD7	PORTD6	PORTD5	PORTD4	PORTD3	PORTD2	PORTD1	PORTD0	PORTD
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	

- DDRD (Data Direction Register port D), berlokasi pada \$11(\$31).

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	
\$11 (\$31)	DDD7	DDD6	DDD5	DDD4	DDD3	DDD2	DDD1	DDD0	DDRD
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	

- PIND(Port D Input Pin), berlokasi pada \$10(\$30). PINB bukanlah register, dan berbeda dengan dua memori yang lain, PINB hanya bisa dibaca.

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	
\$10 (\$30)	PIND7	PIND6	PIND5	PIND4	PIND3	PIND2	PIND1	PIND0	PIND
Read/Write	R	R	R	R	R	R	R	R	
Initial Value	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	

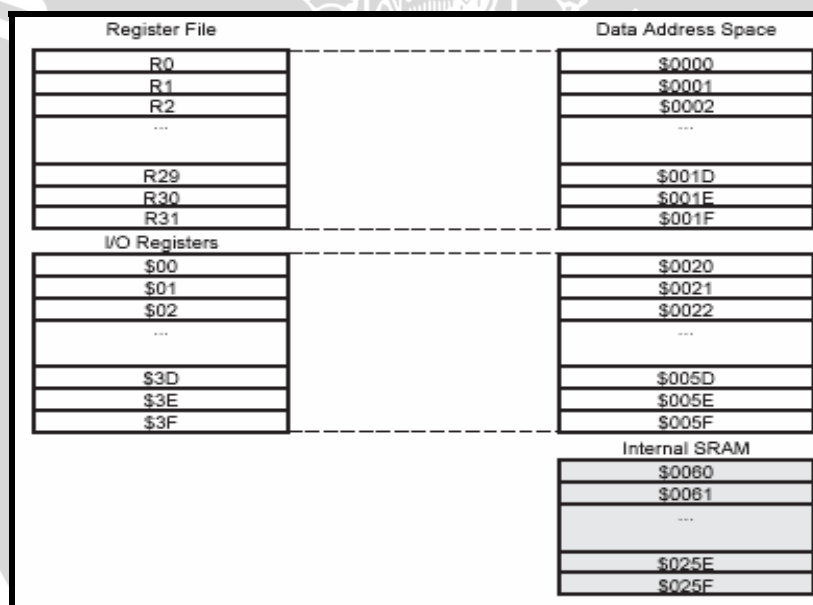
Format port D mirip dengan port A, port B dan port C. Dalam hal konfigurasi I/O dan penggunaan resistor *pull-up*. Seperti halnya port A, port B dan port C, port D juga memiliki fungsi alternatif seperti ditunjukkan dalam Tabel 2.5.

Tabel 2.5. Fungsi alternatif port D

Pin Port D	Fungsi Alternatif
PD7	OC2 (Timer / Counter 2 Output Compare Match Output)
PD6	ICPI (Timer / Counter 1 Input Capture Pin)
PD5	OC1A (Timer / Counter 1 Output Compare A Match Output)
PD4	OC1B (Timer / Counter 1 Output Compare B Match Output)
PD3	INT1 (Eksternal Interrupt 1 Input)
PD2	INT0 (Eksternal Interrupt 0 Input)
PD1	TXD (UASRT Output Pin)
PD0	RXD (UASRT Input Pin)

2.2.4. SRAM

Mikrokontroler Atmega8535 memiliki memori yang berupa SRAM (*Static RAM*) yang berkapasitas 512 byte. Lokasi memori SRAM dalam peta Memori AVR Atmega8535 ditunjukkan dalam Gambar 2.9.



Gambar 2.9. SDRAM Dalam Organisasi Memori Atmega8535.

Memori data AVR Atmega8535 terdiri dari 608 lokasi yang digunakan untuk alamat register file (GPR), I/O register dan SDRAM. Pengalamatan memori data mencakup lima mode pengalamatan, yaitu mode langsung, mode tidak langsung dengan penggeseran, mode tak langsung dengan *pre-decrement* dan mode tak langsung dengan *post-increment*. Seluruh register GPR dapat diakses menggunakan mode-mode pengalamatan tersebut.

2.2.5. Register I/O

Register I/O seperti telah ditunjukkan dalam Gambar 2.8, menempati lokasi pada ruang memori data \$0020 hingga \$005F. Register I/O merupakan register yang sangat penting karena register ini berfungsi untuk mengatur dan melakukan kontrol terhadap berbagai peripheral mikrokontroler. Definisi masing-masing register I/O dapat dilihat pada *data sheet*.

Semua peripheral termasuk I/O dari Atmega8535 ditempatkan pada ruang tersebut. Lokasi I/O dapat diakses menggunakan instruksi *IN* dan *OUT* untuk melakukan transfer data dari dan ke register I/O. Register I/O dapat diakses secara per bit menggunakan instruksi *SBI* dan *CBI* melalui alamat register pada range \$00 hingga \$1F. Bit – bit dalam register ini dapat dicek menggunakan instruksi *SBIS* dan *SBIC*. Bila kita menggunakan instruksi *IN* dan *OUT*, maka alamat I/O yang digunakan haruslah dalam rentang \$00 - \$3F. Sedangkan bila pengaksesan dilakukan SRAM, maka nilai \$20 harus kita tambahkan pada alamat ini.

Meskipun semua register I/O penting, namun register I/O yang paling banyak digunakan adalah register STATUS (*SREG*) yang beralamat pada \$3F (\$5F). Register ini berisi status yang dihasilkan setiap operasi yang dilakukan ketika suatu instruksi dieksekusi.

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	
	I	T	H	S	V	N	Z	C	SREG
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	

➤ Bit7 – 1: *Global Interrupt Enable*.

Bit ini harus diset untuk meng-*enable*-kan interupsi. Setelah itu, kita dapat mengaktifkan interupsi mana yang akan kita gunakan dengan cara meng-*enable* bit kontrol register yang bersangkutan secara individual. Bit ini akan di-*clear* apabila terjadi suatu interupsi yang dipicu oleh *hardware* dan tidak akan mengijinkan terjadinya interupsi serta akan diset kembali oleh instruksi *RET1*.

➤ Bit6 – T: *Bit Copy Storage*.

Instruksi *BLD* dan *BST* menggunakan bit-T sebagai sumber atau tujuan dalam operasi bit yang dilakukan. Suatu dalam sebuah register GPR dapat disalin ke bit-T ini menggunakan instruksi *BST* dan sebaliknya bit-T dapat disalin

kembali ke suatu bit dalam register GPR dengan menggunakan instruksi BLD.

➤ Bit5 – H:Half Carry Flag.

Bit ini mengindikasikan *Half-carry* pada beberapa operasi aritmatika.

➤ Bit4 – S:Stop Bit.

Bit –S merupakan hasil operasi Ex-OR antara flag–N (negatif) dan flag–V (komplemen dua *overflow*).

➤ Bit3 – V:Two's Complement Overflow Flag.

Bit ini berguna untuk mendukung operasi aritmatika.

➤ Bit2 – N:Negative Flag

Bit suatu operasi menghasilkan bilangan negatif, maka flag–N akan diset

➤ Bit1 – Z:Zero Flag.

Bit ini akan diset bila hasil operasi yang diperoleh adalah nol.

➤ Bit0 – C:Carry Flag.

Bila suatu operasi menghasilkan *carry*, maka bit ini akan diset.

2.2.6. Reset dan Interupsi

Atmega8535 menyediakan beberapa sumber interupsi yang berbeda. Interupsi-interupsi tersebut dan vektor pemisah reset masing-masing memiliki vektor pemisah program dalam memori program. Semua interupsi yang ditentukan oleh bit pengaktif individual harus diset pada logik 1 (*high*) bersama bit -1 pada status register untuk mengaktifkan perintah interupsi.

Alamat terendah dalam ruang memori program secara otomatis didefinisikan sebagai *Reset* dan Vektor Interupsi. Daftar *reset* dan vektor interupsi secara lengkap ditunjukkan dalam Tabel 2.6 .

Tabel 2.6 Reset dan Vektor Interupsi.

Vektor No.	Program Address	Source	Interrupt Definition
1	0x000	RESET	External Pin, Power – on Reset, Brown – out Reset and Watchdog Reset
2	0x001	INT0	External Interrupt Request 0
3	0x002	INT1	External Interrupt Request 1
4	0x003	TIMER2 COMP	Timer/Counter2 Compare Match
5	0x004	TIMER2 OVF	Timer/Counter2 Overflow
6	0x005	TIMER1 CAPT	Timer/Counter1 Capture Event

7	0x006	TIMER1 COMPA	Timer/Counter1 Compare Match A
8	0x007	TIMER1 COMPB	Timer/Counter1 Compare Match B
9	0x008	TIMER1 OVF	Timer/Counter1 Overflow
10	0x009	TIMER0 OVF	Timer/Counter0 Overflow
11	0x00A	SPI, STC	Serial Transfer Complete
12	0x00B	USART, RXC	USART, Rx Complete
13	0x00C	USART, UDRE	USART Data Register Empty
14	0x00D	USART, TXC	USART, Tx Complete
15	0x00E	ADC	ADC Conversion Complete
16	0x00F	EE_RDY	EEPROM Ready
17	0x010	ANA_COMP	Analog Comparator
18	0x011	TW1	Two – wire Serial Interface
19	0x012	INT2	External Interrupt Request 2
20	0x013	TIMER0 COMP	Timer / Counter0 Compare Match

Tabel diatas juga membatasi tingkat prioritas dari interupsi yang berbeda. Alamat yang terendah merupakan prioritas tertinggi, reset merupakan prioritas tertinggi dan selanjutnya adalah INT0 (*External Interrupt Request 0*).

Interupsi eksternal dipicu (*trigger*) oleh pin INT1 dan INT0. Interupsi akan aktif jika pin INT1/INT0 dikonfigurasi sebagai output.

Atmega8535 memiliki tiga sumber *reset* yaitu:

1. *Power-On Reset*.

MCU akan di reset secara otomatis jika tegangan catu daya lebih rendah dari tegangan ambang batas reset (*Power-On Reset Thresholt- V_{POT}*). Tegangan V_{POT} berkisar antara 0,4 sampai 1,0.

2. *External Reset*.

MCU akan direset jika kaki RESET bernilai “0” dalam waktu lebih lama dari 50 ns.

3. *Watchdog Reset*.

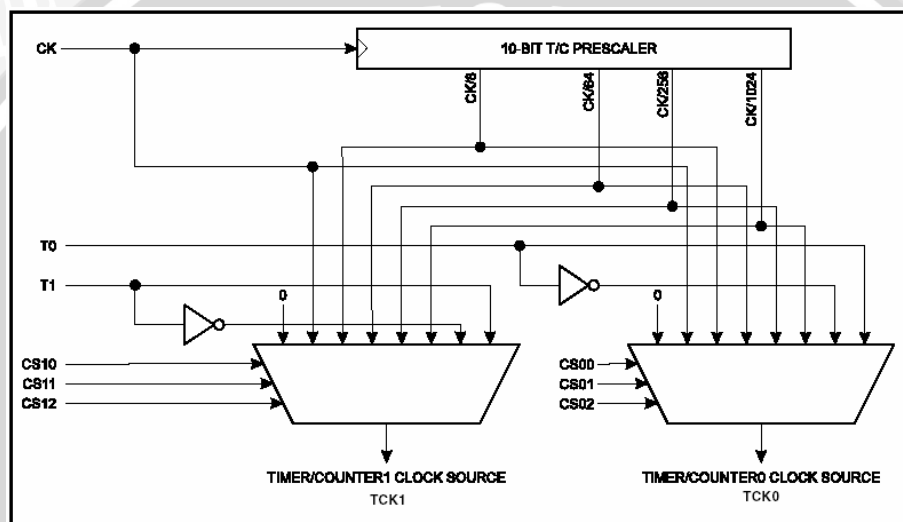
Jika sistem *Watchdog* diaktifkan, MCU akan direset jika dalam batas waktu yang ditentukan *Watchdog timer* tidak juga diaktifkan.

2.2.7. Peripheral Atmega8535

Peripheral utama Atmega8535 meliputi *Timer/Counter*, *WatchDog Timer*, *EEPROM*, *analog Comparator*, *UART* dan *ADC*.

2.2.7.1. Timer/Counter

Timer/Counter pada AVR dibagi menjadi tiga, yaitu 8 bit (*Timer/Counter*), 16 bit (*Timer/Counter1*) dan 8 bit (*Timer/Counter2*). *Clock timer/counter* dapat berupa *clock* internal CPU atau *clock* eksternal dari pin T0/T1. *Timer/counter* pada AVR memiliki pembagi frekuensi *clock* dari CPU (CK). Dengan masukkan *clock* internal CPU, dapat dipilih frekuensi CK, CK/8, CK/64, CK/256, dan CK/1024, blok diagram dari *timer/counter* ditunjukkan dalam Gambar 2.10 dibawah ini.



Gambar 2.10. Blok Diagram Clock Timer/Counter.

Saat *timer/counter* menggunakan *clock* eksternal, sinyal eksternal disinkronkan dengan frekuensi osilator CPU. Untuk mendapatkan sampling *clock* eksternal yang sesuai, waktu minimum antara dua transisi *clock* eksternal harus sedikitnya satu periode *clock* internal CPU. Sinyal *clock* eksternal disampling pada tepi naik *clock* internal CPU. Tabel 2.5 memperlihatkan pemilihan *clock* dari *timer/counter* pada mikrokontroler AVR yang ditunjukkan dalam Tabel 2.7 .

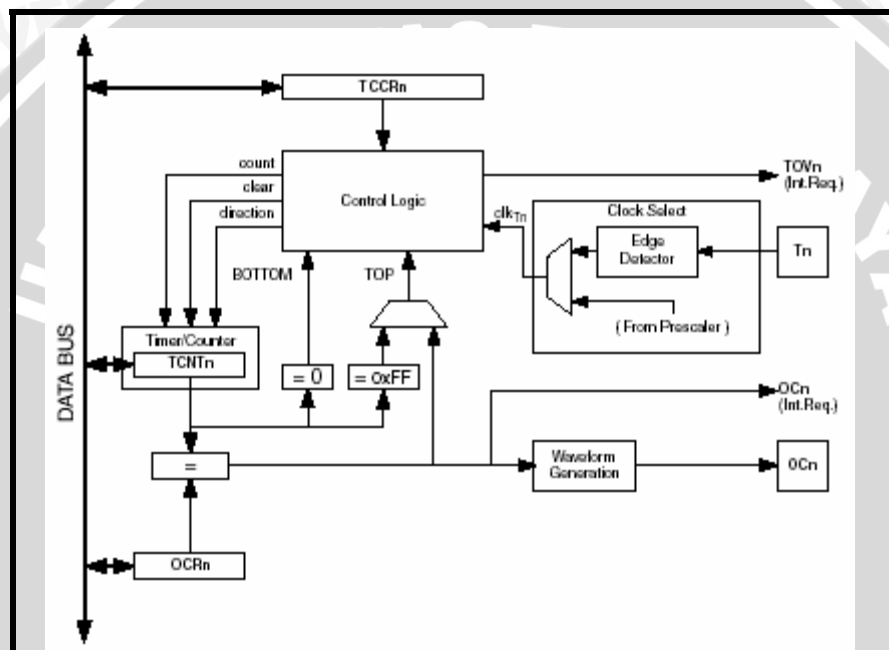
Tabel 2.7. Pemilihan clock timer/counter pada AVR.

CSX2	CSX1	CSX0	KETERANGAN
0	0	0	Stop
0	0	1	CK
0	1	0	CK/8
0	1	1	CK/64
1	0	0	CK/256
1	0	1	CK/1026

1	1	0	Pin TX, sisi turun
1	1	1	Pin TX, sisi naik

Keterangan: X = 0 atau 1

Timer/Counter0 merupakan *up counter* 8 bit (TCNT0) dengan akses baca dan tulis. Saat *timer/counter0 overflow*, akan dibangkitkan sinyal TOV0 yang dapat digunakan untuk membangkitkan *interrupt* dengan men-set bit TOIE dalam *Timer Interrupt Mask Register* (TIMSR). Blok diagram *timer/counter0* ditunjukkan dalam Gambar 2.11.



Gambar 2.11. Blok diagram *Timer/Counter0*

Timer/counter1 merupakan *up/down counter* 16 bit (*down counter* hanya bisa digunakan saat mode PWM). *Timer/Counter1* dapat dibaca atau ditulis dengan mengakses *Timer/counter1 High* (TCNT1H) dan *Timer/Counter1 Low* (TCNT1L). Saat CPU menulis ke TCNT1L, data dari CPU dikombinasikan dengan data di *register* TEMP ditulis ke *Timer/Counter1*, sehingga penulisan ke *Timer/Counter1* harus diawali dengan penulisan ke TCNT1H. Sedangkan saat pembacaan TCNT1L, data TCNT1L dikirimkan ke CPU dan data TCNT1H disimpan ke *register* TEMP. Saat CPU membaca data dari TCNT1H, CPU menerima data dari *register* TEMP, sehingga pembacaan ke *Timer/Counter1* harus diawali dengan pembacaan ke TCNT1L. Blok diagram *Timer/Counter1* ditunjukkan dalam Gambar 2.12.



Fungsi *Timer/Counter1* yang lain adalah *pulse width modulation* (PWM) dan *input capture*. Lebih lanjut tentang dua fungsi ini dapat ditunjukkan dalam Tabel 2.8.

COM1X1	COM1X0	Deskripsi
0	0	Timer/Counter1 tidak terhubung dengan OC1X
0	1	Toggle keluaran OC1X
1	0	Clear keluaran OC1X
1	1	Set keluaran OC1X

2.2.7.2. WatchDog Timer

WDT merupakan sebuah *timer* dengan *clock* terpisah dari osilator chip

[illegible]

- EEDR (*EEPROM Data Register*)

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	

- EECR (*EEPROM Control Register*)

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	

EEAR merupakan register yang digunakan untuk menempatkan alamat memori EEPROM yang akan diakses. Sedangkan EEDR merupakan register untuk menempatkan data sementara pada pengaksesan EEPROM. Pada operasi penulisan EEPROM yang ditunjuk dalam register EEAR, sedangkan pada operasi pembacaan EEPROM, register ini berisi data yang dibaca dari alamat EEPROM yang ditunjuk dalam EEAR.

Register EECR merupakan register yang mengontrol proses akses terhadap EEPROM. Bit yang digunakan dalam register ini adalah bit EEMWE, EEWE dan EERE yang masing – masing mempunyai bit 0, bit 1, dan bit 2 dalam register tersebut.

2.2..7.5. *Analog Comparator*

Analog comparator atau juga disebut pembanding tegangan pada Atmega8535 dibentuk dengan sebuah Op-Amp (*Opertional Amplifier*) yang ditempatkan di dalam chip, input V+ dari Op-Amp dihubungkan ke kaki PB2 (AIN0), input V- dihubungkan ke kaki PB3 (AIN1). Sedangkan output Op-Amp tidak dihubungkan keluar chip, sehingga chip tersebut yang berfungsi sebagai pembanding tegangan, tidak bisa dipakai sebagai penguat karena tidak dipasang resistor antara *output* dan *input*-nya sebagai komponen *feedback*.

Tegangan AIN0 dan AIN1 selalu dibandingkan oleh Op-Amp, jika tegangan pada AIN0 lebih positif maka output Op-Amp bernilai “1”, sebaliknya jika tegangan pada AIN1 lebih positif dari AIN0 maka output Op-Amp bernilai “0”. Keadaan output Op-Amp bisa dipakai untuk membangkitkan sinyal permintaan layanan interupsi. Sinyal ini dibangkitkan saat output Op-Amp berubah dari “0” ke “1”, atau sebaliknya. Dari proses tersebut dapat ditunjukkan dalam Gambar 2.13.



Mikrokontroler Atmega8535 memiliki internal ADC 10 bit dengan metode pendekatan beruntun. Masukkan ADC ini dimultiplex menjadi delapan *channel input* yang terhubung dengan port A. ADC ini memiliki rangkaian cuplik dan genggam untuk menstabilkan tegangan input ADC pada saat proses konversi sedang berlangsung.

[illegible]

Gambar 2.14. ADC Internal Mikrokontroler Atmega8535.

Sinyal analog dapat dikodekan dalam bentuk bilangan biner menggunakan pengubah analog ke digital. Pegubahan analog ke digital ini dilakukan karena banyak sistem atau peralatan digital yang memerlukan masukan berupa sinyal-sinyal analog atau digunakan untuk pemrosesan sinyal analog yang akan lebih mudah dan akurat jika dilakukan secara digital oleh peralatan digital. Hal yang perlu diperhatikan dalam penggunaan ADC ini adalah:

a. Waktu Konversi

Waktu yang diperlukan ADC untuk menghasilkan suatu kode biner yang tepat untuk tegangan masukan yang diberikan. Sebuah konverter disebut berkecepatan tinggi jika mempunyai waktu konversi yang rendah.

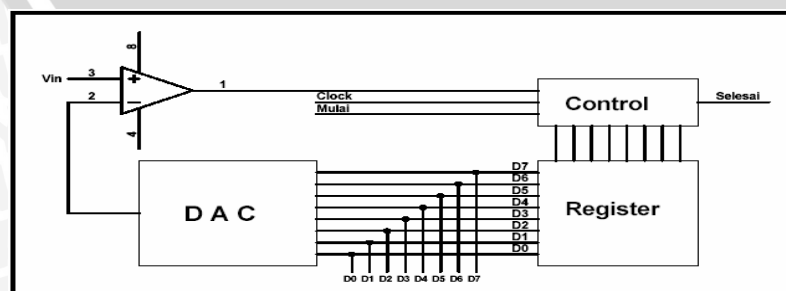
b. Resolusi

Perubahan terkecil yang terjadi pada keluaran analog sebagai suatu hasil dari perubahan pada masukan digital. Resolusi selalu sama dengan bobot dari LSB (*step size*), karena *step size* merupakan besarnya perubahan tegangan keluaran pada saat kode masukan berubah dari satu step ke step berikutnya.

c. Akurasi

Perbedaan antara tegangan masukan secara ideal yang dibutuhkan untuk menghasilkan suatu kode biner tertentu terhadap tegangan masukan sebenarnya.

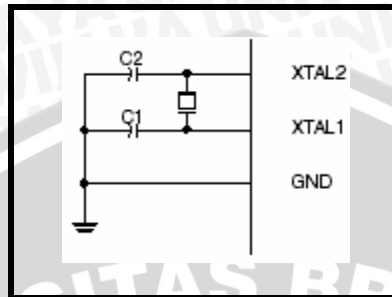
Dalam pengubahan sinyal analog ke digital ada tiga metode, yaitu metode langsung, metode pencacah dan metode pendekatan beruntun. Metode pendekatan beruntun adalah metode yang paling banyak digunakan. Diagram kotak metode ini ditunjukkan dalam Gambar 2.14. Data hasil konversi ADC didapat bila tegangan dari DAC sama dengan tegangan masukan ADC yang seperti ditunjukkan dalam Gambar 2.15.



Gambar 2.15. ADC Dengan Pendekatan Beruntun

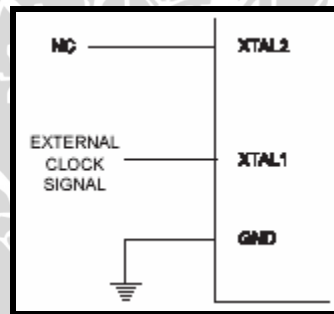
2.2.8. Osilator Kristal

XTAL1 dan XTAL2 adalah *input* dan *output* dan *inverting amplifier* yang dikonfigurasi untuk digunakan sebagai osilator didalam chip yang ditunjukkan dalam Gambar 2.16.



Gambar 2.16. Koneksi Osilator

Untuk menjalankan dari sumber *clock* eksternal XTAL2 tidak terhubung ke XTAL1 seperti ditunjukkan dalam Gambar 2.17.



Gambar 2.17. Konfigurasi Drive *External Clock*

2.2.9. Pemrograman ATmega8535

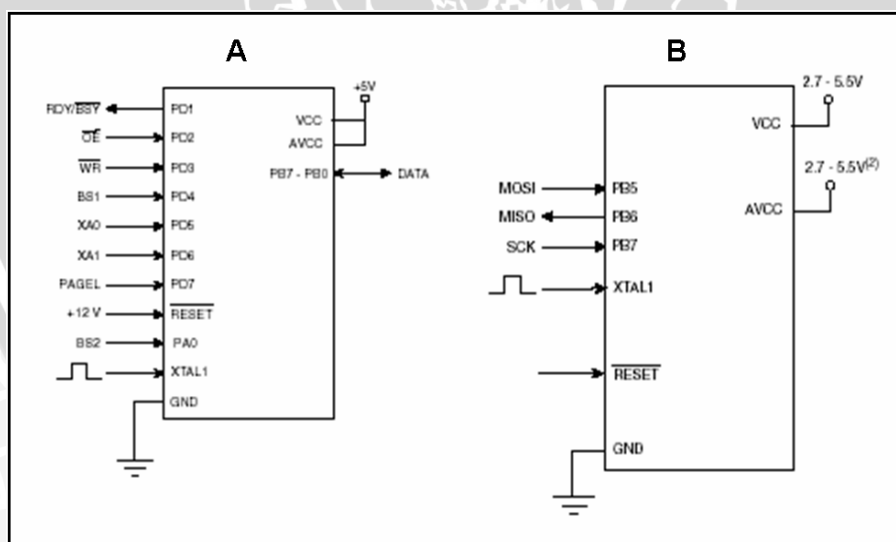
Atmega8535 memiliki 130 buah instruksi. Sebagian besar instruksi dieksekusi dalam satu siklus *clock*. Secara umum instruksi-instruksi dalam AVR dapat dibagi menjadi empat kelompok yaitu: aritmatika dan logika, percabangan, transfer data, serta bit dan bit – test.

Instruksi dalam AVR disimpan dalam memori *flash* internal dalam pasangan 16 bit. Besarnya memori *flash* bergantung dari tipe AVR, berkisar antara 1K sampai 128k byte. Memori *flash* AVR memiliki *endurance* 1,000 siklus *write/erase*.

AVR mempunyai dua mode pemrograman berbeda yaitu mode pemrograman paralel (mode paralel) dan mode pemrograman serial (mode ISP),

pemrograman paralel dan pemrograman serial ditunjukkan dalam Gambar 2.17. Pada mode pemrograman paralel, alat yang akan diprogram dipasang pada *programer* dan tegangan pemrograman sebesar +12Volt dikenakan pada pin *reset*. Komunikasi antara *programer* dan AVR dilakukan secara paralel, sehingga kecepatan program lebih cepat dari mode serial.

Pada mode serial, komunikasi antara AVR dan *programmer* dilakukan secara serial. Mode ini hanya memerlukan tiga jalur sinyal tanpa tegangan +12V, sehingga AVR dapat di program saat masih berada dalam sistem. Mode serial juga biasa disebut sebagai mode ISP (*In System Programming*). Pada banyak kasus mode serial mempermudah pengembangan program karena program dapat diganti sewaktu-waktu tanpa melepas *mikrokontroler* dari sistem. Namun, mode pemrograman serial tidak bisa digunakan untuk memprogram *fase bit* pada beberapa tipe AVR dan beberapa tipe tidak mempunyai fasilitas ISP. Pada kasus seperti itu pemrograman harus dilakukan dalam mode paralel. Sebagai pengecualian, tipe-tipe AVR yang hanya memiliki 8 pin menggunakan mode pemrograman serial yang menggunakan tegangan pemrograman +12V. Detail pemrograman masing-masing tipe AVR dapat ditunjukkan dalam Gambar 2.18.



Gambar 2.18. Pemrograman paralel (A) dan pemrograman serial (B) pada Atmega8535

2.3. Transduser

Transduser adalah sebuah alat yang digerakkan oleh energi di dalam sebuah sistem transmisi, menyalurkan energi kedalam bentuk yang sama atau

dalam bentuk yang lain ke sistem transmisi yang lain. Transmisi energi ini bisa berupa energi listrik, mekanik, kimia, optik/radiasi, atau *termal*/panas.

Berdasarkan dengan jenisnya transduser dapat dikelompokkan menjadi dua macam antara lain:

1. Transduser Pasif.

Transduser ini tidak dapat menghasilkan tegangan sendiri tetapi dapat menghasilkan perubahan nilai resistansi, kapasistansi, atau induktansi, apabila mengalami perubahan kondisi sekeliling.

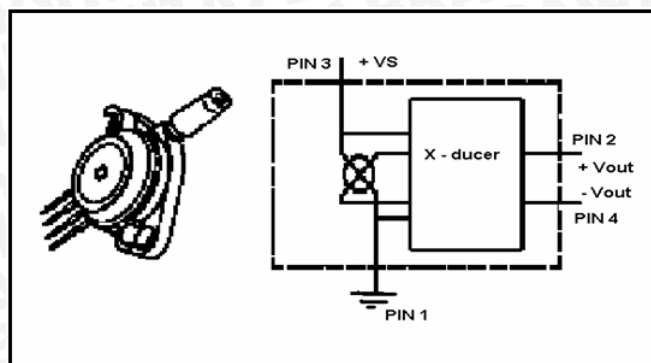
Jika transduser ini mengalami perubahan kondisi pada lingkungan sekelilingnya, maka nilai resistansinya akan berubah. Perubahan ini selanjutnya menyebabkan perubahan besar tegangan atau kuat arus yang dihasilkan transduser. Perubahan ini dapat bernilai positif (nilai resistansi bertambah) berarti tegangannya juga meningkat atau negatif (nilai resistansi berkurang) berarti tegangannya juga berkurang. Perubahan tegangan inilah yang dimanfaatkan untuk mengetahui keadaan yang ingin diukur.

2. Transduser Aktif.

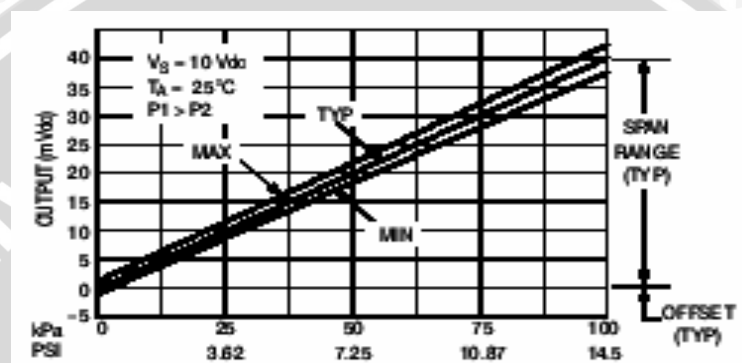
Transduser ini tidak memerlukan catu daya eksternal. Transduser ini dapat menghasilkan energi listrik.

2.3.1. Transduser Tekanan.

Transduser tekanan adalah alat untuk mengubah energi tekanan menjadi tegangan. Transduser tekanan ini termasuk dalam golongan transduser piezeroresistive, yaitu perubahan tahanan listrik dari sebuah konduktor yang disebabkan karena perubahan dimensi dari material (konduktor). Bentuk fisik dan susunan kaki sensor tekanan yang digunakan ditunjukkan dalam Gambar 2.19(a) dan perpindahan karakteristik pada sensor MPX2050 ditunjukkan dalam Gambar 2.19(b).



(a). Bentuk Fisik dan Susunan Kaki Transduser Tekanan.

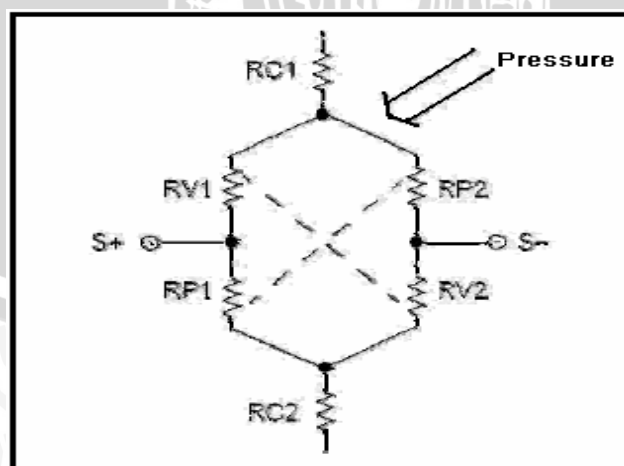


(b) Perpindahan karakteristik sensor MPX2050

Gambar 2.19. Sensor Tekanan MPX2050

Sumber: www.freeschale.com

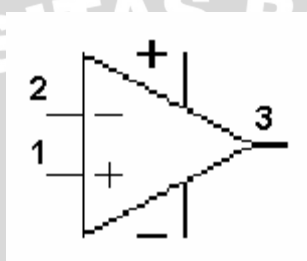
Rancang bangun dari suatu transduser tekanan dengan jenis piezoresistive adalah terbuat dari resistor yang dengan model rangkaian jembatan *wheatstone*, model tersebut dapat ditunjukkan dalam Gambar 2.20.



Gambar 2.20. Equivalen Sensor

2.4. Kerja (Op-Amp)

Penguat kerja atau op-amp adalah suatu peralatan elektronika yang sangat berguna dalam pembentukan suatu sumber arus atau tegangan dan mempunyai model matematika yang sederhana. Lambang op-amp ditunjukkan dalam gambar 2.15. Op-amp pada dasarnya merupakan suatu peralatan elektronika dengan kutub jamak, tetapi untuk kepentingan analisa hanya ditunjukkan tiga kutub saja. Kutub 1 (bertanda +) merupakan kutub masukan tak membalik, kutub 2 (bertanda -) merupakan kutub masukan membalik dan kutub 3 merupakan keluaran yang ditunjukkan dalam Gambar 2.21.



Gambar 2.21. Simbol Op -Amp.

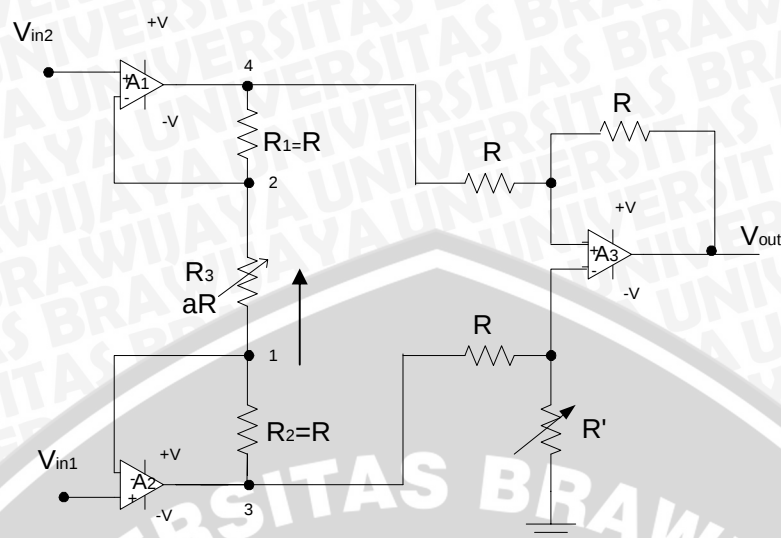
Op-amp mempunyai beberapa karakteristik yang paling diketahui oleh seorang perancang tetapi model op-amp yang ideal hanya mempunyai dua sifat yang diperlukan dalam analisa rangkaian yaitu:

- Arus yang masuk ke dalam kutub masukkannya sama dengan 0.
- Tegangan diantara dua kutub masukkannya sama dengan 0.

Berikut ini akan dibahas fungsi op-amp sebagai penguat instrumentasi, penguat tak membalik, penjumlah tak membalik dan pengikut tegangan.

2.4.1. Op-Amp Sebagai Penguat Instrumentasi

Penguat instrumentasi ini dibuat dari 3 penguat dan tujuh tahanan. Penguat instrumentasi ini dibuat dengan menghubungkan sebuah penguat tersangga ke sebuah penguat diferensial dasar (op amp A_3). Op amp A_3 dan 4 tahanan R yang sama membentuk penguat diferensial dengan gain sebesar 1. Tahanan R' dapat diubah-ubah untuk menyeimbangkan setiap tegangan mode bersama. Hanya tahanan aR yang digunakan untuk menyetel gain. Gambar 2.22 menunjukkan rangkaian instrumentasi.



Gambar 2.22. Rangkaian Instrumentasi

Sumber : Penguat Operasional dan Rangkaian Terpadu Linear, 1994:168

Tegangan error dari op amp A_1 dan A_2 kecil sekali dianggap 0 V, sehingga tegangan di titik 1 (terhadap ground) adalah V_{in1} dan di titik 2 (terhadap ground) sama dengan V_{in2} . Tegangan yang melintasi tahanan R_3 (aR) adalah $V_{in1}-V_{in2}$ dengan asumsi V_{in1} lebih positif dari V_{in2} . R_1 dan R_2 bernilai sama dan dalam perhitungan dianggap bernilai R , sehingga $R_1 = R_2 = R$. Tahanan aR merupakan sebuah potensiometer yang digunakan untuk menyetel gain. Arus mengalir dari keluaran op amp A_1 ke keluaran op amp A_2 dan melalui aR karena V_{in1} lebih positif dari V_{in2} , sehingga arus yang melalui aR adalah sebagai berikut :

$$I = \frac{V_{in1} - V_{in2}}{aR}$$

Tegangan pada titik 3 merupakan jumlah tegangan di titik 1 dengan tegangan yang melintasi R_2 karena titik 3 lebih positif dari titik 1, sehingga didapatkan :

$$V_{o1} = V_{in1} + \left(\frac{V_{in1} - V_{in2}}{aR} \right) R_2$$

Tegangan pada titik 4 merupakan selisih antara tegangan di titik 2 dengan tegangan yang melintasi R_1 karena titik 4 lebih negatif dari titik 2, sehingga didapatkan :

$$V_{o2} = V_{in2} - \left(\frac{V_{in1} - V_{in2}}{aR} \right) R1$$

V_{o1} diterapkan pada masukan (+) pada rangkaian penguat diferensial (op amp A3) sedangkan V_{o2} diterapkan pada masukan (-) pada rangkaian penguat diferensial (op amp A3), sehingga didapatkan keluaran rangkaian adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} V_{out} &= V_{o1} - V_{o2} \\ &= \left(V_{in1} + \frac{V_{in1} - V_{in2}}{a} \right) - \left(V_{in2} - \frac{V_{in1} - V_{in2}}{a} \right) \\ &= (V_{in1} - V_{in2}) \left(1 + \frac{2}{a} \right) \end{aligned}$$

2.5. *Band-Pass Filter*

Band-pass filter adalah sebuah rangkaian yang dirancang hanya untuk melewatkan isyarat dalam suatu pita frekuensi tertentu agar menolak semua isyarat diluar pita ini. Rangkaian *band-pass* filter dan tanggapan frekuensi dari sebuah *band-pass* filter ditunjukkan dalam Gambar 2.23. Jenis filter ini mempunyai tegangan keluaran maksimum V_{max} , atau gain tegangan maksimum A_r , pada suatu *frekuensi resonan* ω_r jika frekuensi diubah-ubah dari resonansinya, tegangan keluarannya turun.

Ada satu frekuensi diatas ω_r dan satu dibawah ω_r dimana gain tegangannya adalah $0,707 A_r$. Frekuensi ini diberi tanda dengan ω_h , frekuensi *cutoff* atas dan ω_h , frekuensi *cutoff* bawah. Pita frekuensi antara ω_h dan ω_l adalah lebar pita, B:

$$B = \omega_h - \omega_l \dots \dots \dots (2-11)$$

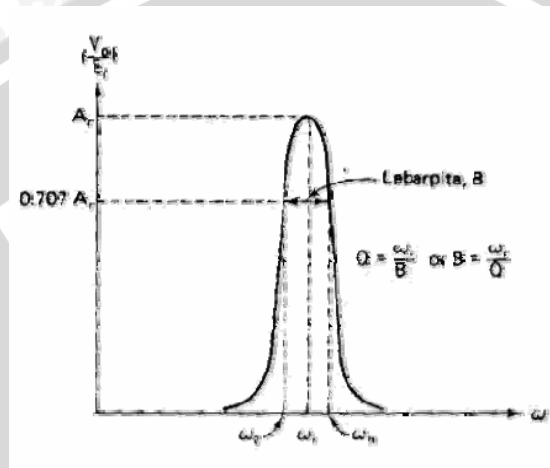
Filter-filter *band-pass* digolongkan sebagai pita-sempit atau pita-lebar. Pita-sempit adalah sebuah filter yang mempunyai lebar pita lebih kecil dari sepersepuluh frekuensi resonannya ($B < 0,1 \omega_r$). Jika lebar pitanya lebih besar sepersepuluh frekuensi resonannya ($B > 0,1 \omega_r$), filter tersebut merupakan sebuah filter pita-lebar. Perbandingan frekuensi resonan terhadap lebar pita dikenal sebagai faktor kualitas Q, dari rangkaiannya. Q menunjukkan selektifitas

rangkaianannya. Makin tinggi harga Q , semakin selektif rangkaianannya. Dalam bentuk persamaan,

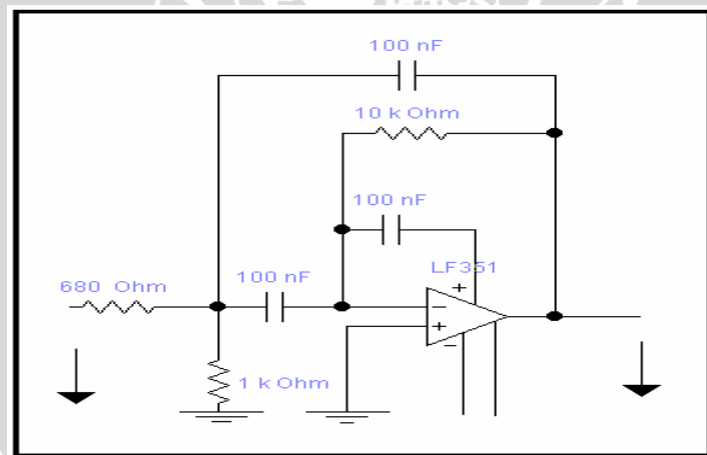
$$Q = \frac{\omega_r}{B} \quad (2-12)$$

atau

$$B = \frac{\omega_r}{Q} \text{ rad/s} \quad (2-13)$$



(a) Tanggapan frekuensi dari sebuah band-pass filter



(b) Filter Band-pass

Gambar 2.23. Band-pass Filter dan Tanggapan Frekuensi

Untuk filter-filter pita-sempit, Q dari rangkaian lebih besar dari 10, dan untuk filter-filter pita-lebar, Q lebih kecil dari 10.

2.6. LCD (*Liquid Crystal Display*)

LCD banyak digunakan pada alat-alat elektronika yang memerlukan penampil, sehingga pemakai dapat mengerti dengan informasi yang ditampilkan oleh alat. Keunggulan dari LCD adalah bentuknya yang kecil dan dapat menampilkan karakter ASCII pada tampilannya juga membutuhkan daya yang kecil, sehingga sangat praktis apabila digunakan pada peralatan yang hemat daya.

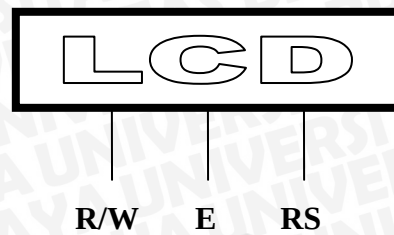
2.6.1. Terminal I/O LCD

Konfigurasi terminal I/O pada sebuah LCD ditunjukkan dalam Tabel 2.10. berikut ini:

Tabel 2.10. Tabel terminal I/O pada LCD

No	Symbol	Level	Fungsi	
1	Vs	-	Power Supply	0V
2	Vcc	-		5V±10%
3	Vee	-		Kontras LCD
4	Rs	H/L	H=Data Input L=Instruction Input	
5	R/W	H/L	H=read L=write	
6	E	H to L	Enable signal	
7	DB0	H/L	Data Bus	
8	DB1	H/L		
9	DB2	H/L		
10	DB3	H/L		
11	DB4	H/L		
12	DB5	H/L		
13	DB6	H/L		
14	DB7	H/L		
15	V+BL	-	Back Light	4 - 4,2V
16	V-BL	-		0V (GND)

Dari Tabel 2.10. terlihat bahwa LCD TM16ABC mempunyai 8 bit data (*bidirectional bus*) dan 3 buah sinyal kontrol RS, R/W, dan E. Secara diagram blok terlihat dalam Gambar 2.24.



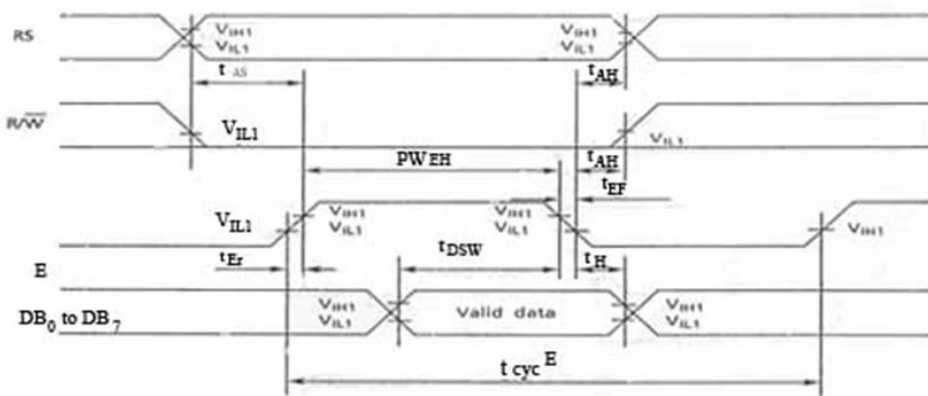
Gambar 2.24. Diagram Blok Driver LCD

Ketiga sinyal kontrol tersebut mempunyai fungsi sebagai berikut:

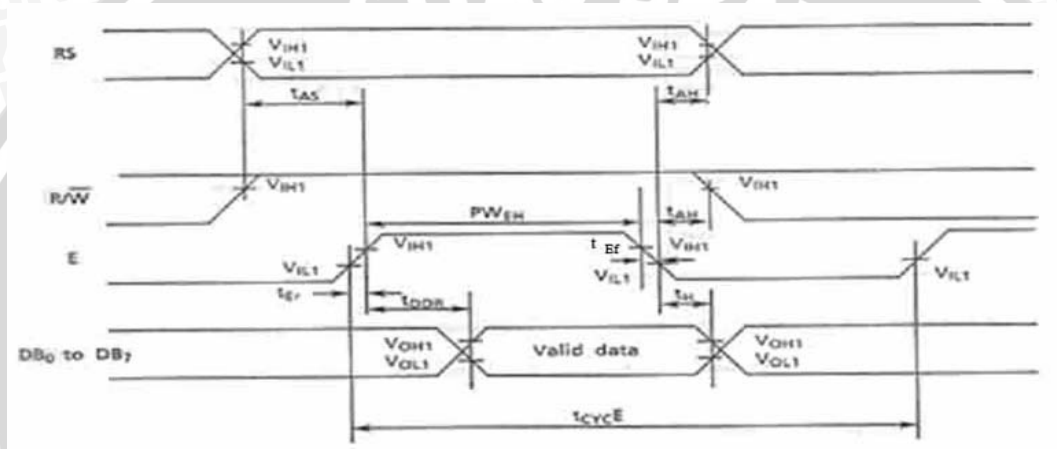
- 1) **RS** digunakan untuk memilih *register* yaitu *register* IR (*instruction register*) atau DR (*data register*)
- 2) **R/W** digunakan untuk memilih fungsi yaitu kita membaca atau menulis pada kedua *register* IR atau DR.
- 3) **E** berguna untuk memberikan sinyal bahwa data akan ditulis atau dibaca ke *register*.

Dengan ketiga sinyal kontrol tersebut hubungan antara *hardware* dan *software* sangatlah erat, banyak sekali cara dalam memprogram LCD ini dikarenakan penyusunan *hardware* yang berbeda. Tetapi jika kita melihat lagi pada hasil keluaran *mikrokontroler* atau alat yang menggunakan LCD pasti mempunyai kesamaan yaitu bentuk sinyal kontrol yang sama pada saat menulis ke *register* atau pun membacanya. Timing diagram membaca atau menulis ditunjukkan dalam Gambar 2.28 dan 2.29.

Dalam proses timing diagram seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 2.31 dan 2.32 terlihat sinyal kontrol **R/W** seperti pada sinyal *enable* pada pengalamatan memori *mikrokontroler* sedangkan sinyal *enable* lebih terlihat sinyal R/W pada *mikrokontroler*. Dengan kesamaan tersebut maka timing diagram sangatlah penting dalam perancangan *hardware* suatu alat. Dalam hal ini ditunjukkan dalam Gambar 2.25 dan Gambar 2.26



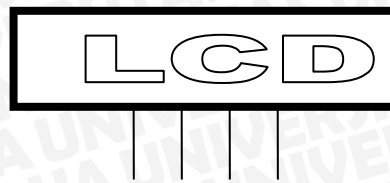
Gambar 2.25. Timing Diagram Proses Menulis (write)



Gambar 2.26. Timing Diagram Proses Membaca (read)

Mode pengiriman data antara MPU dengan LCD dapat dilakukan dengan dua macam mode, yaitu:

- *Mode interface data 4 bit*, hanya 4 buah jalur data bus (DB4 sampai DB7) yang digunakan untuk transfer data. Jalur bus data D0 sampai D3 diabaikan. Proses transfer data antara kontroler LCD dengan MPU akan lengkap setelah 4 bit data dikirim sebanyak 2 kali. Pada mode ini 4 bit data MSB dikirim terlebih dahulu, kemudian 4 bit LSB. Busy flag harus diperiksa setelah 4 bit data ditransfer dua kali. Transfer data dengan mode 4 bit ditunjukkan dalam Gambar 2.26.



D4 D5 D6 D7

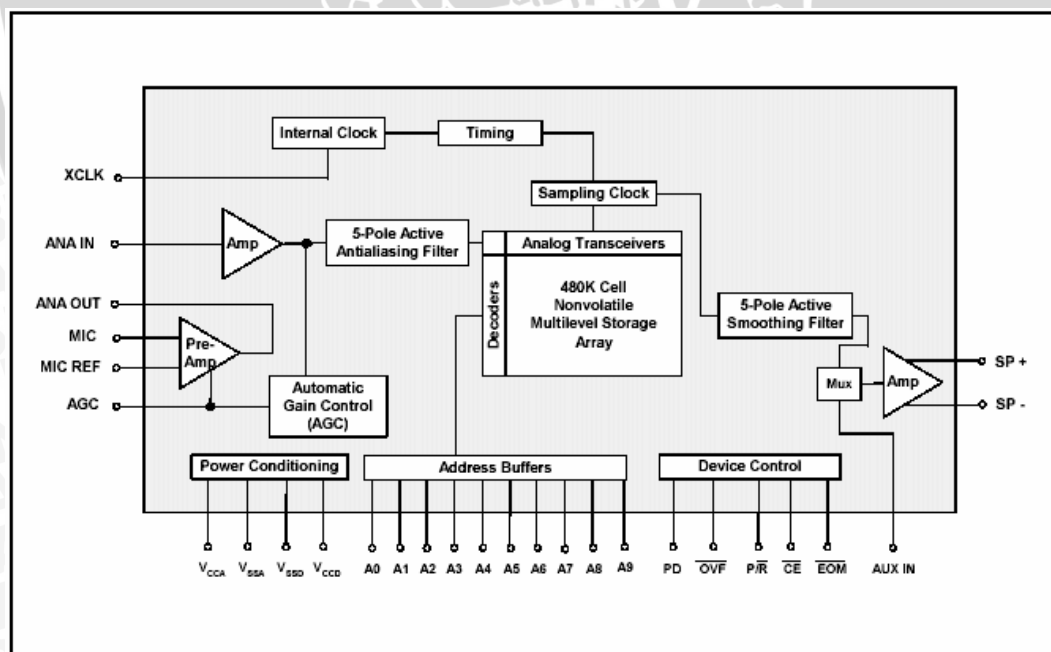
Gambar 2.26. Transfer data mode 4 bit

- Mode transfer data 8 bit, semua jalur bus data (D0 sampai D7) digunakan dalam proses pengiriman.

2.7. Information Store Device 2590.

ISD 2590 merupakan seri chip perekam yang menyediakan kualitas tinggi. Chip tunggal *record/play* untuk 90 detik. Perangkat CMOS ini dilengkapi internal oscillator, *preamplifier microphone*, kontrol penguat otomatis, filter yang jernih, penguat *speaker*, dan penyimpanan multilevel dengan kapasitas yang besar.

Sebagai tambahan ISD 2590 dapat digabungkan dengan mikrokontroler yang menyediakan pembuat pesan yang banyak dan dapat dialamatkan. Pada blok diagram ISD tersebut dapat ditunjukkan dalam Gambar 2.27.



Gambar 2.27. Blok Diagram ISD2500 series.
Sumber: datasheet ISD2500

Penjelasan pin ISD 2590:

- *Microphone Input* (MIC).
Sinyal dari *microphone* diteruskan ke preamplifier dimana sinyal tersebut dikontrol oleh *Automatic Gain Control* (AGC) dalam batas -15 s/d 24 dB. Batas frekuensi yang diijinkan adalah frekuensi rendah cut-off.
- *Microphone Reference Input* (MIC REF).
Dihubungkan seri dengan kapasitor dan di *ground*-kan. Jika tidak digunakan maka pin ini dibiarkan tidak terhubung.
- *Analog Output* (ANA OUT).
Pin ini menyediakan preamplifier output untuk digunakan oleh pengguna. Penguatan tegangan ditentukan oleh level tegangan pada AGC.
- *Analog Input* (ANA IN).
Sinyal pada pin ini diteruskan pada chip internal untuk proses perekaman. Jika menggunakan input lain selain *microphone* maka pin ANA IN ini dipasang kopling kapasitor. Dan jika menggunakan *microphone input* (MIC) maka ANA IN harus dihubungkan seri melalui kapasitor terhadap ANA OUT.
- *Automatic Gain Control Input* (AGC).
AGC secara terus-menerus mengatur penguatan pada *preamplifier* untuk mengimbangi lebar batas level *microphone* input. AGC mengizinkan hingga batas maksimal suara untuk direkam dengan perubahan yang minimum.
- *Speaker Output* (SP+/SP-).
Semua perangkat pada seri ISD2500 memiliki driver internal differential speaker dengan kemampuan 50 miliwatt dengan hambatan 16Ω.
- *Power Down* (PD).
Pada saat tidak diperlukan proses perekaman dan *play*, PD harus di set tinggi (=1)
- *Chip Enable Input* (CE).
Pin CE diset rendah (=0) untuk memperoleh seluruh operasi rekam/*play*. Input pengalamatan dan input rekam/*play* hanya dapat dikontrol oleh CE dalam kondisi sinyal turun (*falling edge*).
- *Playback/Record Input* (P/R).
P/R dikontrol oleh sinyal turun (*falling edge*) oleh pin CE. Jika P/R diset pada

level tinggi maka saat itu adalah mode *play* sedangkan P/R diset pada level yang rendah maka saat itu adalah mode rekam/*record*.

- **Address Input/Mode Input (A0 –A9).**

Address input/mode input mempunyai dua fungsi tergantung pada dua *Most Signifikan Bits* (MSB) *address* yaitu A8 dan A9.

- **External Clock Input (XCLK).**

Perangkat ISD2500 dikonfigurasi pada titik frekuensi *clock* dengan internal sampling hingga 1% dari spesifikasi dapat ditunjukkan dalam Tabel 2.11.

Tabel 2.11. Clock XCLK

Port Number	Simple Rate	Required Clock
ISD2560	8,0KHz	1024 KHz
ISD2575	6,4KHz	8192 KHz
ISD2590	5,3KHz	682,7 KHz
ISD25120	4,0KHz	512 KHz

Ketentuan kecepatan *clock* ini tidak berpengaruh. Sebab anti-aliasing dan *smoothing filter* diset tetap. Dan aliasing dapat terjadi masalah jika contoh kecepatan berbeda dengan ketentuan yang ada. Pada pembuatan alat ini XCLK tidak digunakan, maka input pin ini harus dihubungkan terhadap *ground*.

- **End Of Message/RUN Output (OEM).**

Dalam proses perekaman secara otomatis *non-volatile storage* pada perangkat ISD2500 akan menandakan akhir dari tiap pesan/message. Ini sebagai tanda saat pesan telah selesai dan melampaui maka pulsa *output* EOM akan rendah dalam waktu T_{EOM} yaitu 18,75 msec/ISD2590 pada akhir tiap pesan.

- **Overflow Output (OVF).**

Sinyal pulsa ini akan rendah pada saat akhir dari kapasitas *memory*, yang mengindikasikan bahwa memori telah penuh terisi dan pesan mengalami *overflow/kelebihan*. *Output* OVF akan mengikuti input CE hingga pulsa PD melakukan reset pada perangkat.

- **Auxiliary Input (AUX IN).**

AUX IN di-*multiplex*-kan keluaran melalui pin *amplifier output* dan *speaker output* ketika CE diset tinggi dan *play* telah selesai dilakukan, atau jika pada

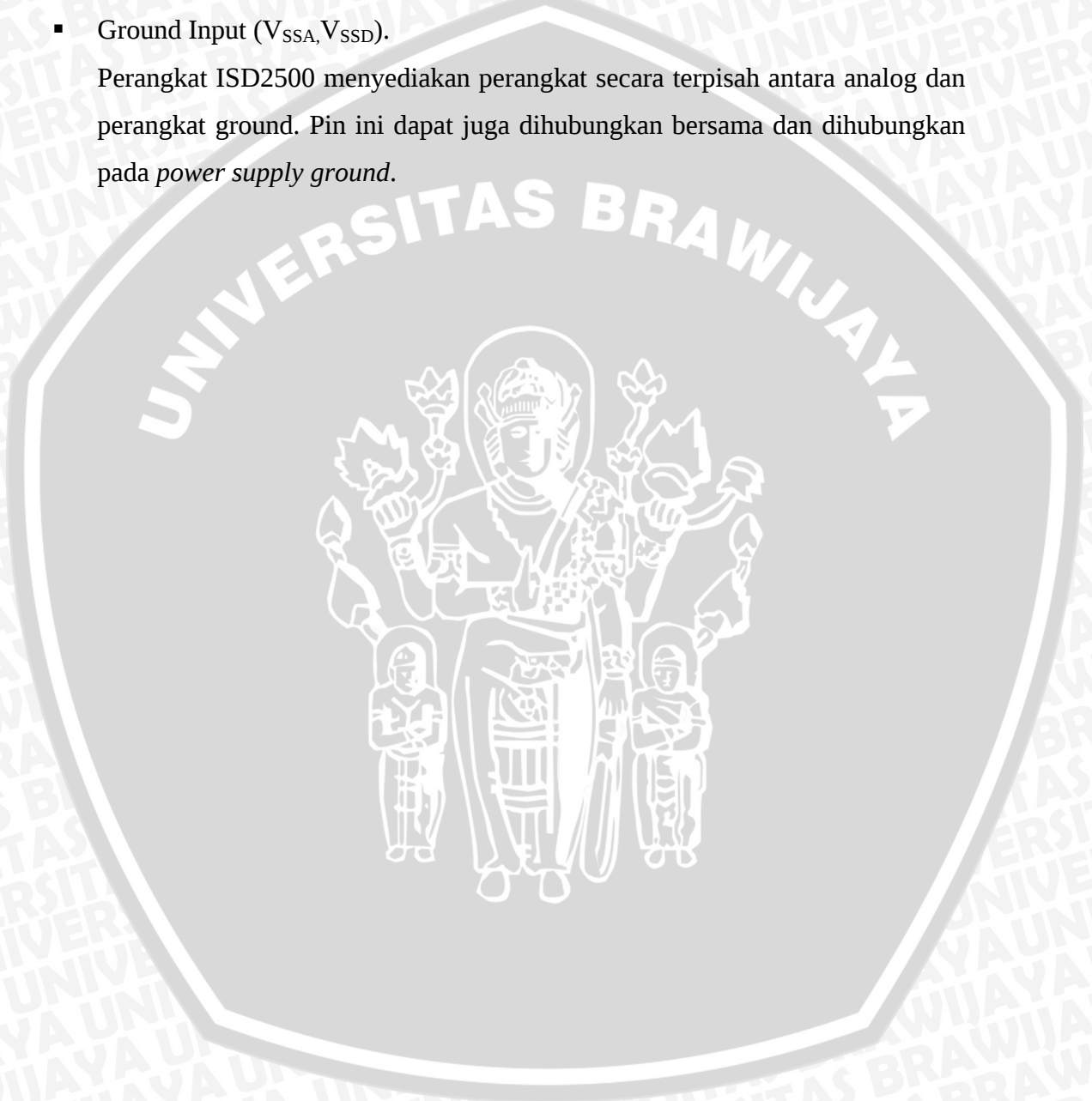
perangkat ini mengalami *overflow*. Pin ini digunakan jika terdapat *input* tambahan dari perangkat lain.

- *Voltage Input* (V_{CCA}, V_{CCD}).

Untuk meminimalkan derau, rangkaian analog dan digital pada ISD2500 harus memisahkan sumber tegangannya dan jika perlu ditambahkan kopel.

- *Ground Input* (V_{SSA}, V_{SSD}).

Perangkat ISD2500 menyediakan perangkat secara terpisah antara analog dan perangkat ground. Pin ini dapat juga dihubungkan bersama dan dihubungkan pada *power supply ground*.



BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

Metodologi yang digunakan dalam perancangan dan pembuatan tensimeter digital dengan menggunakan voice ini antara lain: studi literatur, perancangan alat, pengujian dan analisa alat, dan pengambilan kesimpulan.

3.1. Studi Literatur

Studi literatur adalah bagian yang terpenting dari proses desain sebuah rangkaian terpadu. Sistem-sistem studi literatur yang dilakukan dalam proses desain sebuah rangkaian terpadu sebagai berikut:

1. Studi mengenai proses untuk mendapatkan data Tekanan darah dengan menggunakan MPX 2050 sebagai sensornya.
2. Studi mengenai mikrokontroler yaitu bagaimana membuat bahasa pemrograman sehingga dapat mengolah data *Tensimeter* Digital yang diperoleh dari sensor yang kemudian disimpan pada eeprom sehingga data dapat diolah dan ditampilkan pada LCD dan *Voice*.
3. Studi mengenai rangkaian yang digunakan sebagai detektor koneksi apabila denyut jantung dideteksi oleh mikrokontroler sehingga data dapat diolah.
4. Studi mengenai sistem rangkaian Instrumentasi terhadap sensor MPX2050
5. Studi mengenai sistem *BandPass* Filter untuk mendeteksi detak jantung

3.2. Perancangan Alat

Perancangan ini disesuaikan dengan fungsi dari komponen – komponen yang digunakan sesuai dengan literatur yang dipelajari. Sehingga terbentuk rangkaian elektronika yang siap untuk direalisasikan. Adapun pada perancangan "Perencanaan dan Pembuatan Tensi Meter Digital Dengan Menggunakan Voice" dibagi ke dalam dua perancangan yaitu perancangan *hardware* (perangkat keras) dan *software* (perangkat lunak). Dan perancangan tersebut meliputi :

- Perancangan *hardware* (perangkat keras) meliputi perancangan blok diagram rangkaian secara keseluruhan dan pembuatan rangkaian perblok yang meliputi

rangkaian mikrokontroller, rangkaian sensor menggunakan MPX 2050, dan rangkaian tampilan *LCD dan Voice*.

- Perancangan *software* (perangkat lunak) dilakukan dengan membuat algoritma program.

3.3. Pengujian dan Analisis Alat

Pengujian dan analisis alat ini meliputi pengujian *hardware* (perangkat keras) dan *software* (perangkat lunak), antara lain :

- Pengujian *hardware* (perangkat keras) meliputi pengujian perblok rangkaian secara keseluruhan yaitu pengujian rangkaian mikrokontroller, rangkaian sensor, rangkaian Instrumentasi dan rangkaian LCD.
- Pengujian *software* (perangkat lunak) meliputi pengujian subrutin dan keseluruhan program.

3.4. Prosedur yang Digunakan

Prosedur yang digunakan dalam perancangan dan pembuatan "tensimeter digital" meliputi :

- Studi literatur yaitu pengambilan data untuk mengetahui spesifikasi komponen yang akan digunakan dalam merencanakan pembuatan *hardware* (perangkat keras)
- Pemilihan komponen yang digunakan berdasarkan data literatur untuk merealisasikan perencanaan dan pembuatan PCB (*Printed Circuit Board*). Pemilihan komponen berdasarkan data book yang disesuaikan dengan komponen yang ada di pasaran
- Pembuatan rangkaian perblok yang meliputi rangkaian mikrokontroller, rangkaian instrumentasi, rangkaian band pass filter, rangkaian sensor menggunakan MPX 2050, rangkaian LCD, dan voice.
- Merakit semua komponen yang sudah digunakan ke dalam PCB (*Printed Circuit Board*) rangkaian
- Perencanaan dan pembuatan perangkat lunak (*software*) berdasarkan perangkat keras (*hardware*) dari diagram alir yang telah dibuat dengan bahasa pemrograman

- Pengujian alat meliputi pengujian perangkat keras (*hardware*) dan perangkat lunak (*software*)

3.5. Pengambilan Kesimpulan

Kesimpulan ditarik berdasarkan analisa dari rangkaian yang telah dibuat yaitu rangkaian mikrokontroller, rangkaian instrumentasi, rangkaian sensor, rangkaian bandpass filter, rangkaian tampilan LCD yang telah dirangkai secara keseluruhan. Dan begitu juga dengan analisa perangkat lunak yang telah dihubungkan dengan perangkat keras.



BAB IV

PERANCANGAN DAN METODE

Prosedur kerja dari alat ini adalah manset dibelitkan melingkar pada lengan atas pasien pada titik pertengahan antara siku dan bahu. Kemudian manset dikembangkan sehingga tekanan udara yang dipompa ke dalam manset kira-kira 200 mmHg, diatas tekanan sistolic rata-rata, yaitu 120 mmHg. Setelah itu, udara dilepaskan secara perlahan-lahan sehingga tekanan udara di dalam manset dikurangi. Bersamaan dengan mengempesnya manset secara perlahan-lahan, dapat dilakukan pengukuran saat getaran kecil terjadi pada tekanan udara dalam manset. Tekanan sistolic akan muncul lewat suara dan LCD saat terjadinya getaran tersebut. Untuk mendeteksi nilai ukur tekanan saat getaran tersebut terjadi digunakan MCU. Selanjutnya, tekanan udara dalam manset akan terus berkurang. Tekanan diastolic akan muncul lewat suara dan LCD pada nilai terukur seiring dengan menghilangnya getaran tersebut.

Dalam perancangannya alat ini menggunakan sensor tekanan yaitu mengubah tekanan udara yang terdapat di dalam manset menjadi energi listrik. Lalu pada bagian motor valve berfungsi menghasilkan tekanan untuk menggembungkan manset. Manset adalah alat yang diletakkan pada tangan, dan dapat menggembung untuk menghentikan sementara aliran darah yang ada di dalam arteri di lengan user. Kemudian sensor tekanan yang berada dalam manset oleh mikrokontroler data yang dihasilkan diproses dan diolah masuk melalui pin-pin inputan. Agar denyut nadi dapat terdeteksi dengan baik pada saat dilakukan pengukuran tekanan darah, maka diperlukan rangkaian penguat instrumentasi, yaitu rangkaian penguat amplifier berfungsi sebagai penguat outputan yang berasal dari sensor tekanan dan band pas filter adalah untuk memberikan signal tambahan yang berasal dari amplifier, sehingga frekuensi tinggi dan rendah cukup baik dalam menghasilkan signal AC, yang dimana pada bagian output band-pass filter akan diberikan ke ADC pada mikrokontroler ATmega8535. Dengan penambahan rangkaian penguat instrumentasi tersebut, maka karakter hasil pemrosesan dari mikrokontroler mampu ditampilkan lewat LCD dan juga ISD yang berfungsi menampilkan hasil dari mikrokontroler berupa suara.

Pada prinsipnya alat ini mengubah besaran tekanan yang terdapat pada sarung tangan yang bersifat analog menjadi besaran digital agar dapat dibaca oleh mikrokontroler serta dapat ditampilkan pada LCD dan ISD sebagai outputan suara. Sistem kerja yang digunakan dari alat ini dengan metode osilometri. Dari hasil pengukuran tekanan darah melalui metode osilometri ini mampu diperoleh hasil%, dibanding dengan metode auskultasi. Hal ini membuktikan bahwa dengan metode osilometri ini lebih praktis dibanding dengan metode auskultasi. Ke praktisan ini dapat dilihat dari segi konstruksi alat maupun dari segi penggunaan alat. Karena alat ini sifatnya yang portable, sehingga dapat kemana-mana dan tidak perlu datang ke dokter hanya untuk mengukur dan mengetahui tekanan darah.

4.1. Analisis Plant

Pada perancangan dan pembuatan tensimeter digital ini terdapat 2 permasalahan yang akan dianalisa, yaitu:

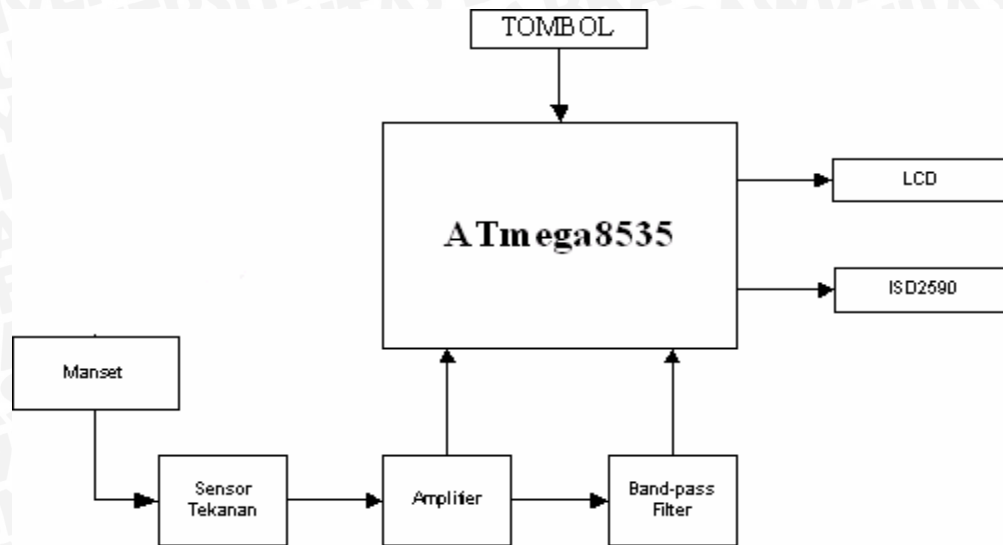
- a) Mengukur dan membandingkan tingkat ketelitian alat yang bersifat digital dengan alat yang bersifat analog dalam mendeteksi tekanan darah.
- b) Mengatur out-put tegangan pada setiap blok-blok rangkaian.

Maksud dan tujuan dari analisis plant tersebut, adalah agar dapat diketahui tingkat ketelitian pengukuran alat dalam mendeteksi tekanan darah yaitu dengan mengatur out-put tegangan pada setiap blok – blok rangkaian.

Dari 2 permasalahan yang dianalisa tersebut, maka didapatkan suatu model alat yang akan dibuat. Model alat yang akan dibuat ini terdapat 2 tahap dalam hal perancangan, yaitu perancangan *hardware* dan perancangan *software*. Berikut ini merupakan tahap perancangan:

4.2.1. Perancangan Hardware

Pada perancangan hardware ini meliputi: konstruksi alat, rangkaian kelistrikan, dan program. Konstruksi dari alat ini dapat dilihat secara diagram blok yang ditunjukkan dalam Gambar 4.1.



Gambar 4.1. Diagram Blok Pengukur Tekanan Darah

KETERANGAN :

- Tombol.
Tombol berfungsi sebagai alat pengontrol bagi user.
- Motor
Bagian motor berfungsi untuk menghasilkan tekanan untuk mengembungkan manset
- Manset (*Hand Cuff*).
Manset adalah alat yang diletakkan pada tangan, manset dapat mengembungkan untuk menghentikan sementara aliran darah yang ada di dalam arteri di lengan user.
- Sensor Tekanan.
Sensor tekanan berfungsi mengubah tekanan udara yang terdapat di dalam manset menjadi energi listrik.
- Penguat (*Amplifier*)
Amplifier pada bagian ini berfungsi sebagai penguat output yang berasal dari sensor tekanan.
- *Band-pass Filter*.
Band-pass filter disini adalah untuk memberikan signal tambahan yang

berasal dari amplifier, sehingga frekuensi tinggi dan rendah cukup baik dalam menghasilkan signal AC, yang dimana pada bagian output band-pass filter akan diberikan ke ADC pada mikrokontroler ATmega8535.

- Mikrokontroler.

Mikrokontroler berfungsi sebagai pengendali serta pemroses utama dari data yang dihasilkan dan yang masuk pada pin-pin input.

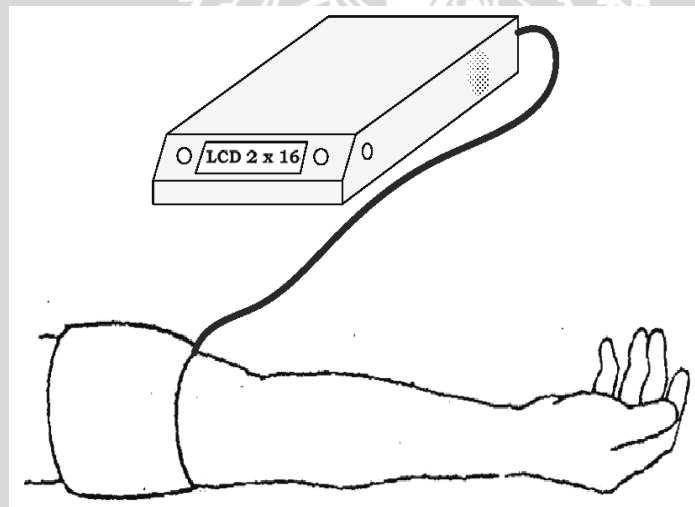
- LCD (*Liquid Crystal Display*).

LCD berfungsi untuk menampilkan karakter hasil pemrosesan dari mikrokontroler

- ISD (*Information Store Device*) 2590

Sama dengan halnya LCD, ISD juga menampilkan hasil dari mikrokontroler tetapi berupa suara.

Prototype dari perancangan alat pengukur tekanan darah seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 4.2



Gambar 4.2. Prototype Perancangan Alat Pengukur Tekanan Darah

Pada rangkaian kelistrikan ini akan dibahas secara terblok yang meliputi: rangkaian minimum sistem Atmega8535; rangkaian sensor tekanan MPX 2050; rangkaian penguat instrumentasi, yaitu: rangkaian amplifier dan band-pass filter; rangkaian ISD 1420; rangkaian motor valve dan rangkaian LCD. Rangkaian-rangkaian tersebut dapat dijelaskan sebagai berikut:

Gambar 4.3. Rangkaian Mikrokontroler ATmega8535

Adapun port-port yang digunakan adalah sebagai berikut :

- ✓ Port B0 – B7.
Port ini digunakan sebagai output data untuk input data tampilan LCD.
- ✓ Port D5 – D6.
Port ini digunakan sebagai *Register Select* dan *enable* pada fungsi LCD.
- ✓ Port A0.
Port ini digunakan sebagai ADC yang menerima input dari rangkaian penguat instrumentasi.
- ✓ Port A1.
Port ini digunakan sebagai ADC yang menerima input dari rangkaian Band-pass filter.
- ✓ Port C1.
Port ini digunakan sebagai Penggerak Valve untuk mengeluarkan angin yang terdapat pada manset.
- ✓ Port C2.
Port ini digunakan sebagai penggerak motor untuk memberikan angin agar manset dapat mengembung.
- ✓ Port C2 – C4.
Port ini digunakan sebagai tombol START, RESET dan DARURAT.
- ✓ XTAL1 – XTAL2.
Port ini digunakan sebagai input dari Crystal Oscillator sebesar 12 Mhz
- ✓ Reset.
Port ini digunakan untuk me-reset mikrokontroler ATmega8535.

4.2.1.1.2. Internal ADC pada Mikrokontroler ATmega8535.

Agar tegangan yang dikeluarkan oleh rangkaian penguat instrumentasi dan rangkaian Band-pass filter dapat dibaca oleh mikrokontroler ATmega8535, maka nilai tegangan tersebut harus diubah menjadi bentuk data digital. Untuk itu digunakan Konverter Analog Ke Digital (ADC). ADC yang digunakan dalam perancangan ini adalah ADC internal dari mikrokontroler ATmega8535 yang merupakan ADC dengan 8 masukan analog yang dimultipleks menjadi data digital 10 bit. Dalam perancangan alat ini digunakan dua buah input analog yaitu IN_0 dan

IN₁. untuk itu maka address yang tidak diperlukan pada ADC dihubungkan dengan ground.

Dikarenakan tegangan yang terukur cukup kecil maka tingkat resolusi ADC internal mikrokontroler ini diharapkan cukup kecil, sehingga digunakan $V_{ref} = 2.56$ volt, Dimana tingkat resolusi ADC internal ini adalah :

$$\text{Resolusi} = \frac{V_{\text{referensi}}}{(2^{10} - 1)}$$

(4.1)

Jadi besarnya resolusi adalah sebesar :

$$\text{Resolusi} = \frac{2,56}{(2^{10} - 1)} = 0,0025 \text{ V}$$

(4.2)

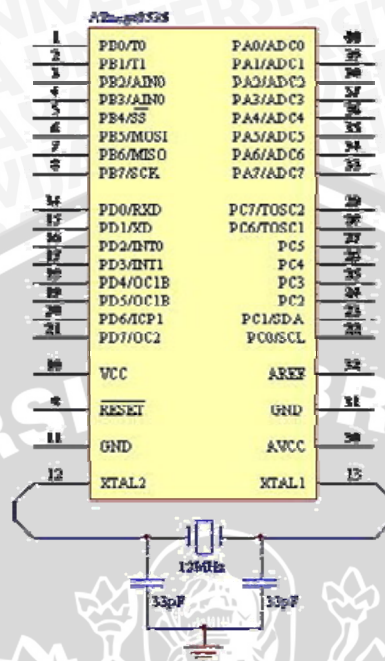
Sehingga dengan perubahan input analog 0,0025 volt maka output dari ADC akan mengalami perubahan 1 bit. Output keluaran dari ADC internal pada mikrokontroler ATmega8535 dapat langsung dibaca oleh program melalui register ADCH untuk 8 bit atas dan register ADCL untuk 8 bit bawah.

4.2.1.1.3 Rangkaian Clock.

Pada mikrokontroler ATmega8535 terdapat *oscillator* sebagai pembangkit pulsa. Untuk mengaktifkan *Oscillator*, port XTAL1 dan XTAL2 harus dihubungkan ke sebuah crystal 12Mhz dan dua buah *ceramic capacitor* masing-masing 33pF atau sesuai dengan yang di spesifikasikan. *Clock* ini menghasilkan *interval* pewaktu yang dinamakan pulsa. Untuk sebuah instruksi program terkecil diperlukan beberapa pulsa yang dikelompokkan menjadi 6 keadaan (*state*) yang dinamakan 1 siklus mesin, sebuah keadaan yang menunjukkan dasar dari interval waktu yang menandakan suatu operasi. Persamaan untuk menghitung interval waktu adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} t_{\text{interv}} &= \frac{\text{Waktu 1 Siklus Mesin}}{\text{Frek Oscillator}} \dots\dots\dots (4.3) \\ &= \frac{1 \times 12}{12 \times 10^6} \\ &= 1\mu\text{S} \end{aligned}$$

Berikut ini merupakan susunan rangkaian Clock yang menggunakan crystal 12 MHz seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 4.4:



Gambar 4.4. Rangkaian Clock Mikrokontroler ATmega8535

4.2.1.2. Transduser Tekanan.

Transduser yang digunakan dalam perancangan ini berupa sensor tekanan. Sensor ini berfungsi untuk mengubah besar tekanan menjadi tegangan. Pada umumnya satuan tekanan yang dipakai sensor tekanan berupa kPa atau PSI, untuk mendapatkan nilai satuan mmHg harus mengkonversikan dari PSI ke mmHg.

$$1 \text{ PSI} = 51,7149 \text{ mmHg} \quad (\text{www.setra.com/tra/app/app_pcc.htm})$$

$$0,1 \text{ PSI} = 5,17149 \text{ mmHg}$$

$$1,8 \text{ PSI} = 93,08682 \text{ mmHg}$$

$$1,8 \text{ PSI} = 12,5 \text{ kPa} \quad (\text{menurut datasheet Transducer MPX 2050 kPa})$$

$$1 \text{ kPa} = 7,4469456 \text{ mmHg}$$

$$0,134 \text{ kPa} = 1 \text{ mmHg}$$

Dari data sheet sensor MPX2050 mampu mengukur tekanan sampai dengan 50 kPa mempunyai tegangan V_{fss} (Full Scale Span) antara 0 sampai 40mV.

$$\begin{aligned} \text{Sensitivitas} &= \frac{40 \text{ mV}}{50 \text{ kPa}} \dots\dots\dots (4.4) \\ &= 0,8 \text{ mV/kPa} \end{aligned}$$

Jadi Setiap kenaikan 1 kPaI maka tegangan akan bertambah sebesar 0,8 mV. Pada Data Sheet tegangan offset (V_{off}) adalah sebesar 1 mV dan V_{out} dapat ditentukan dengan rumus sebagai berikut:

$$V_{\text{out}} = V_{\text{off}} + (\text{Sensitivity} \times \text{Pressure}) \dots\dots\dots (4.5)$$

Dimana: V_{out} = Tegangan keluaran sensor

V_{off} = Tegangan offset sensor (1 mV)

Sensitivity = Nilai tekanan sensor yang diukur

Sehingga tegangan yang akan dikeluarkan untuk mengukur tekanan sebesar minimal 50 mmHg dan 200 mmHg adalah sebesar,

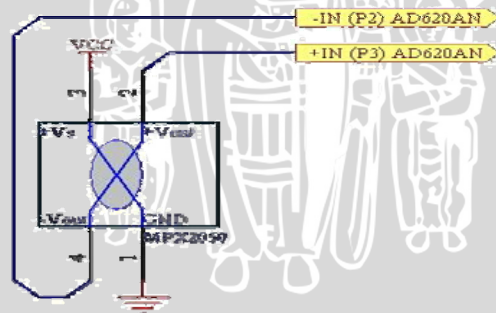
>>>> Untuk tekanan 50 mmHg:

$$\begin{aligned} \text{Keluaran Sensor Min} &= 1 \text{ mV} + (0,8 \text{ mV} \times 6,7 \text{ kPa}) \\ &= 5,36 \text{ mV} \end{aligned}$$

>>>> Untuk tekanan 200 mmHg:

$$\begin{aligned} \text{Keluaran Sensor Max} &= 1 \text{ mV} + (0,8 \text{ mV} \times 26,8 \text{ kPa}) \\ &= 21,44 \text{ mV} \end{aligned}$$

Potongan schematic dari sensor tekanan MPX2050 seperti ditunjukkan dalam Gambar 4.5



Gambar 4.5. Schematic MPX2050

4.2.1.3. Rangkaian Penguat Instrumentasi.

Fungsi penguat instrumentasi yaitu menguatkan besar tegangan yang dihasilkan oleh sensor tekanan. Rangkaian dari penguat instrumentasi ditunjukkan dalam Gambar 4.6.

Penguat deferensial ini terdiri dari dua bagian yaitu penguat penyangga dan penguat deferensial dasar. Pada saat keadaan jembatan setimbang V_o yang

dihasilkan adalah 0. Nilai keluaran dari penguat penyangga 1 dan 2 juga 0. Ini dikarenakan tidak terjadi perubahan pada rangkaian jembatan.

Dengan hasil ini dapat dianggap bahwa $V_o = E_1 - E_2$. Variabel resistor pada rangkaian ini digunakan untuk menentukan titik 0 (offset nol).

Pada rangkaian ini dilakukan penguatan sebesar 200 kali. Maka diperlukan nilai-nilai R yang sesuai dengan penguatan. Ini dapat dicari dengan:

Nilai-nilai R dapat ditentukan dengan

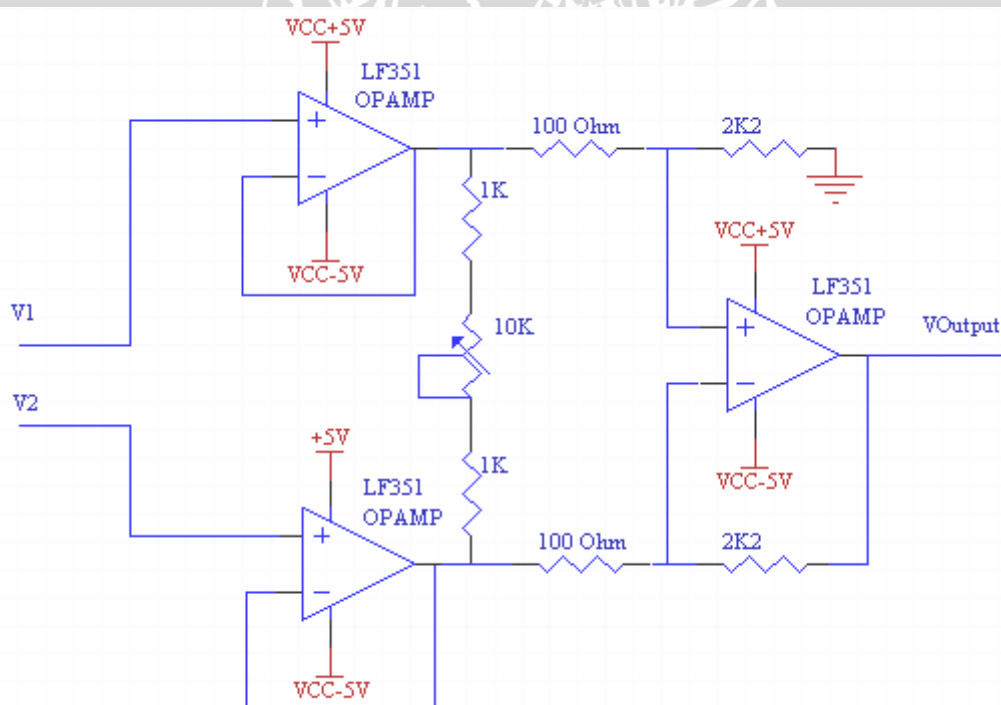
$$R_1 = R_a ; R_f = R_b ; R_2 = R_4 ;$$

$$\frac{V_o}{V_1} = \left[1 + \frac{2 \times R_2}{R_3} \right] \frac{R_f}{R_1}$$

$$\frac{V_o}{V_1} = \left[1 + \frac{2 \times 1K}{1K} \right] \frac{2K2}{100\Omega}$$

$$\frac{V_o}{V_1} = 223 \text{ Kali}$$

Berikut ini merupakan susunan rangkaian Penguat Instrumentasi seperti ditunjukkan dalam Gambar 4.6.

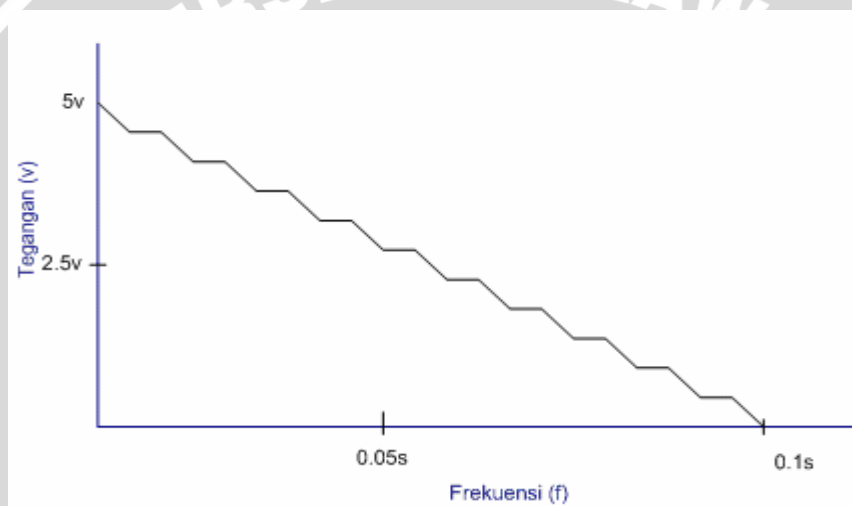


Gambar 4.6. Gambar Rangkaian Penguat Instrumentasi

4.2.1.4. Rangkaian Filter

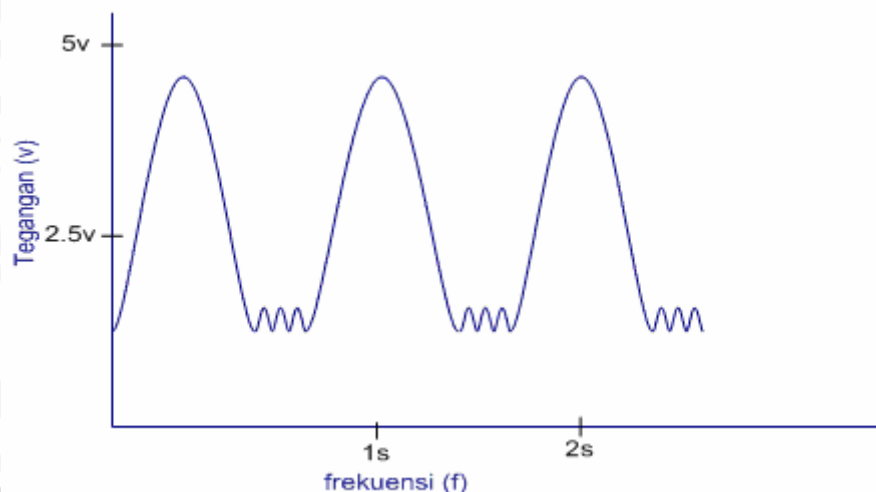
Perancangan band-pass filter disini adalah sebagai alat penjelas denyut nadi yang terdapat pada lengan user sehingga tekanan sistolik dan diastolik pada user dapat diketahui dan proses pengukuran pun dapat dilakukan.

Rangkaian dari *Band-pass Filter* didesain atas dua rangkaian *Band-pass Filter* aktif. Alasan dari penggunaan dua rangkaian *Band-pass Filter* ini agar dapat menghasilkan penguatan yang besar tanpa distorsi dan respon frekuensi dari filter tersebut akan mempunyai frekuensi *cut off* yang lebih tajam dari pada menggunakan *Band-pass Filter* tunggal. Tekanan manset saat udara didalamnya dikeluarkan secara perlahan seperti ditunjukkan dalam Gambar 4.7.



Gambar 4.7. Tekanan Manset Saat Udara di Dalamnya di Keluarkan Secara Perlahan

Rangkaian HPF berfungsi untuk mendeteksi saat transduser menerima sinyal tekanan detak jantung. Dari keluaran rangkaian HPF ditunjukkan dalam Gambar 4.8.



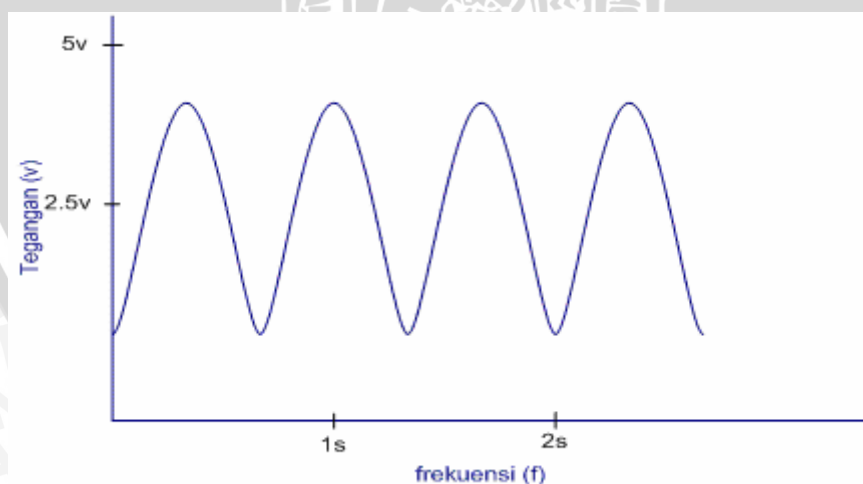
Gambar 4.8. Keluaran Rangkaian HPF Saat Menerima Tekanan Detak Jantung

Sinyal keluaran rangkaian HPF masih terdapat noise, sehingga digunakan rangkaian LPF untuk mengurangi noise dari sinyal detak jantung. Jadi secara keseluruhan akan diperlukan HPF. Untuk ini digunakan dua kanal BPF masing-masing orde kedua

$$HR = 60 \text{ bpm} \implies T = 1 \text{ s} \implies F = 1 \text{ Hz}$$

$$HR = 120 \text{ bpm} \implies T = 0,5 \text{ s} \implies F = 2 \text{ Hz}$$

Sinyal keluaran dari rangkaian LPF ditunjukkan dalam Gambar 4.9:



Gambar 4.9. Hasil pengujian keluaran rangkain Lpf

Untuk mendapatkan frekuensi cut off rendah (0.338Hz) pada band-pass pertama dan kedua dengan menetapkan nilai resistor sebesar 10 k Ω , maka dapat ditentukan nilai kapasitor sebesar:

$$f = \frac{1}{2\pi.R.C}$$

$$0,338 \text{ Hz} = \frac{1}{2 \times 3,14 \times (10 \cdot 10^{-3}) \times C}$$

$$C = \frac{1}{(62,8 \times 10^{-3}) \times 0,338}$$

$$C = \frac{1}{21,22 \cdot 10^{-3}} = 47 \cdot 10^{-6} \text{ F}$$

Pada frekuensi tinggi *Band-pass Filter* pertama yang diinginkan adalah sebesar 6,631Hz, dengan menetapkan nilai resistor sebesar 120 kΩ. Agar didapatkan penguatan sebesar 12 kali, dengan menggunakan rumus yang sama akan didapatkan nilai kapasitornya adalah sebagai berikut:

$$f = \frac{1}{2\pi.R.C}$$

$$6,631\text{Hz} = \frac{1}{2 \times 3,14 \times (120 \cdot 10^3) \times C}$$

$$6,631\text{Hz} = \frac{1}{(753,6 \cdot 10^3) \times C}$$

$$C = \frac{1}{(753,6 \cdot 10^3) \times 6,631}$$

$$C = \frac{1}{4997,12 \cdot 10^3} = 200,11 \cdot 10^{-9} \text{ F}$$

Sedangkan untuk frekuensi cut off tinggi *Band-pass Filter* yang kedua diinginkan adalah sebesar 2 Hz, dengan besarnya penguatan adalah sebesar 33 kali, dengan menentukan nilai resistor yaitu sebesar 330 kΩ, maka dapat ditentukan nilai dari kapasitor yaitu sebagai berikut:

$$f = \frac{1}{2\pi.R.C}$$

$$20\text{Hz} = \frac{1}{2 \times 3,14 \times (330 \cdot 10^3) \times C}$$

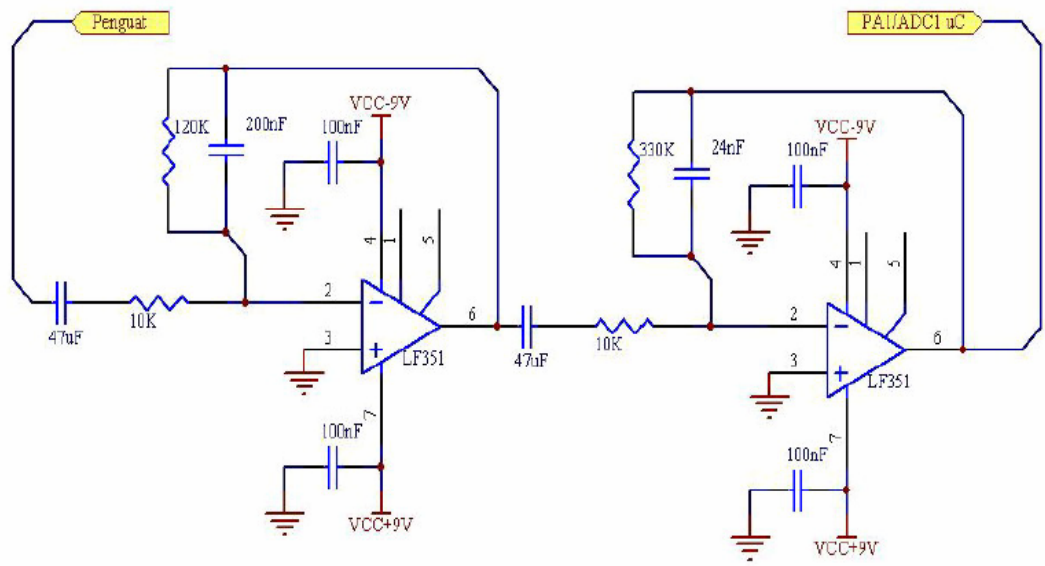
$$20\text{Hz} = \frac{1}{(2072,4 \cdot 10^3) \times C}$$

$$C = \frac{1}{(2072,4 \cdot 10^3) \times 20}$$

$$C = \frac{1}{41448 \cdot 10^3} = 24,12 \cdot 10^{-9} \text{ F}$$

Schematic rangkaian *Band-pass Filter* tersebut ditunjukkan dalam Gambar

4.10.



Gambar 4.10. Rangkaian *Band-pass Filter*

Berikut ini adalah hasil dari potongan (*cut off*) frekuensi rendah dan tinggi dari rangkaian *Band-pass Filter* tersebut adalah sebagai berikut:

✓ *Band-pass Filter* pertama.

Potongan frekuensi rendah

$$\begin{aligned} f_{Low} &= \frac{1}{2\pi \times (47 \mu F) \times (10K)} \\ &= \frac{1}{2 \times 3,14 \times (47 \times 10^{-6}) \times (10 \times 10^3)} \\ &= 0,338Hz \end{aligned}$$

Potongan frekuensi tinggi

$$\begin{aligned} f_{High} &= \frac{1}{2\pi \times (200nF) \times (120K)} \\ &= \frac{1}{2 \times 3,14 \times (200 \times 10^{-9}) \times (120 \times 10^3)} \\ &= 6,631Hz \end{aligned}$$

Gain (penguatan)

$$A = -\frac{120K}{10K} = -12$$

✓ *Band-pass Filter* kedua.

Potongan frekuensi rendah

$$\begin{aligned} f_{Low} &= \frac{1}{2\pi \times (47\mu F) \times (10K)} \\ &= \frac{1}{2 \times 3,14 \times (47 \times 10^{-6}) \times (10 \times 10^3)} \\ &= 0,338\text{Hz} \end{aligned}$$

Potongan frekuensi tinggi

$$\begin{aligned} f_{High} &= \frac{1}{2\pi \times (24nF) \times (330K)} \\ &= \frac{1}{2 \times 3,14 \times (24 \times 10^{-9}) \times (330 \times 10^3)} \\ &= 20,1\text{Hz} \end{aligned}$$

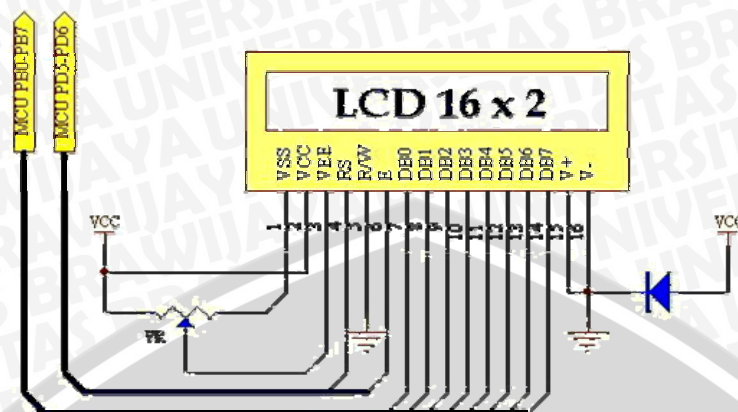
Gain (penguatan)

$$A = -\frac{330K}{10K} = -33$$

4.2.1.5. LCD (*Liquid Crystal Display*)

Sebagai penampil data digunakan display LCD dot matrik 2 X 16 karakter. Signal-signal yang dipergunakan oleh LCD adalah data bus, RS, R/W dan E. Signal E dihubungkan ke *port* D0 untuk mengaktifkan LCD. LCD akan aktif jika mikrokontroler memberi intruksi tulis pada alamat LCD. Sedang *port* D1 diberikan untuk memberikan signal RS yang membedakan data yang diberikan pada LCD. Signal RS diberikan pada LCD untuk membedakan signal antara instruksi program atau instruksi penulisan data.

Untuk pin R/W akan berlogika low (0) apabila dihubungkan dengan ground maka LCD difungsikan hanya untuk menuliskan program atau data ke display. Untuk mengambil data dari mikrokontroler maka pin-pin data dihubungkan dengan *port* B0 sampai B7 yang merupakan pin-pin data dari mikrokontroler yang ditunjukkan dalam Gambar 4.11.



Gambar 4.11. Rangkaian LCD

VR pada pin 3 (VEE) digunakan untuk mengatur kontras dari karakter yang ditampilkan, sedangkan pin 15 (V+) diberi dioda gunanya agar tegangan yang masuk sesuai dengan data datasheet yaitu 4,5 V.

Jika Diketahui : Tegangan Dioda = 0,6 V

$$VCC = 5 \text{ V}$$

Maka tegangan Input adalah $= 5\text{V} - 0,6\text{V}$

$$= 4,4 \text{ V}$$

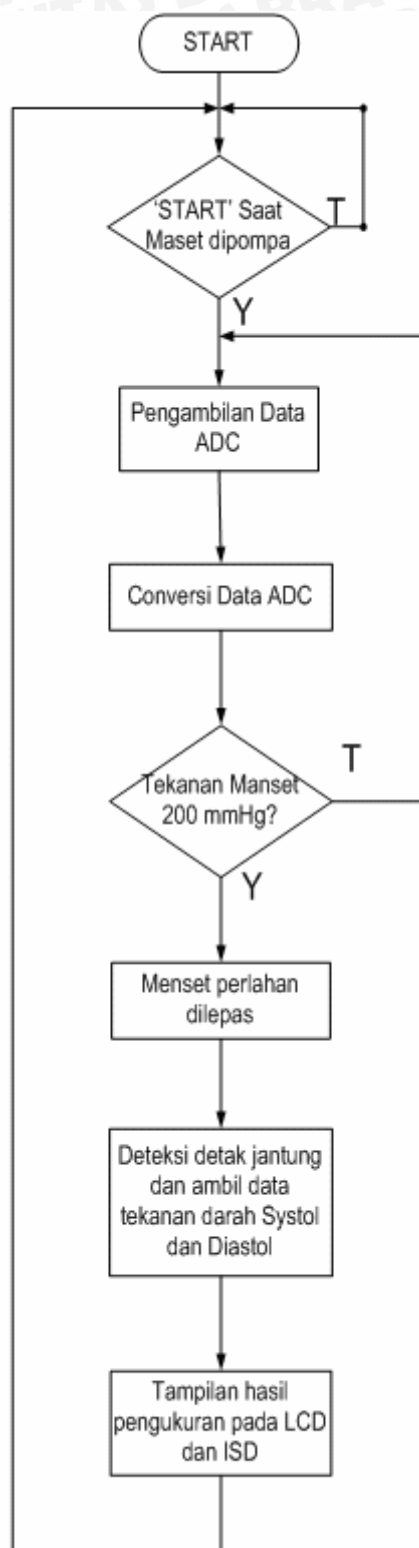
4.2.1.6. Perancangan Rangkaian ISD (Information Store Device)

Rangkaian ISD 2590 dengan mikrokontroler ATmega8535 untuk memutar suara ditunjukkan dalam Gambar 4.12.

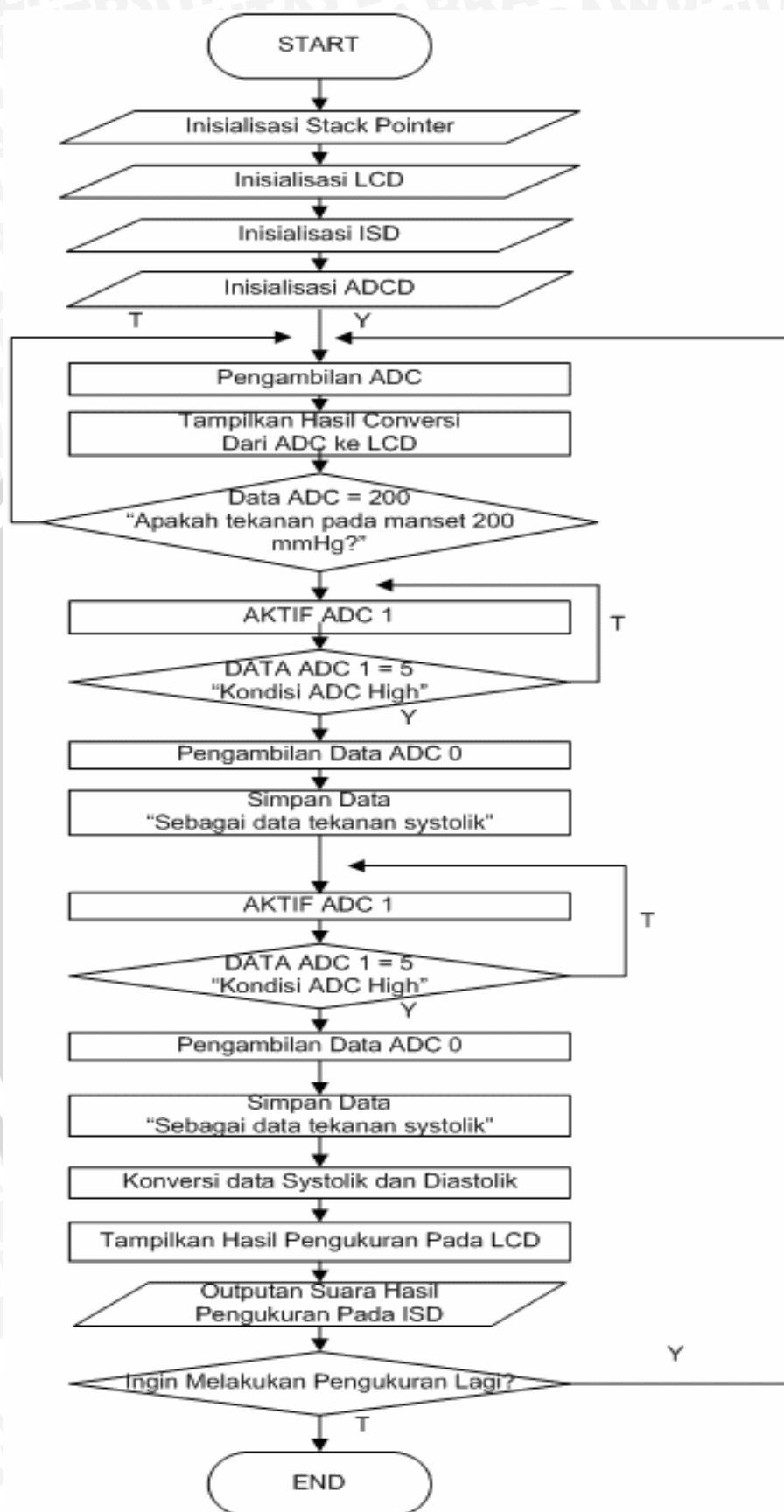


4.2.2. Perancangan Software.

Jalannya program alat ini dapat dilihat dalam flowchart yang ditunjukkan dalam Gambar 4.13.



Gambar 4.13. Flowchart Sistem Keseluruhan



Gambar 4.14. Flowchart Program.

BAB V

HASIL PENGUJIAN DAN ANALISIS

Bab ini akan membahas pengujian dan analisa alat yang telah dibuat. Pengujian meliputi pengujian perangkat keras yaitu berupa blok-blok alat yang dibuat serta pengujian perangkat lunak. Hasil pengujian kemudian dibandingkan dengan hasil perencanaan. Hasil perbandingan ini selanjutnya dianalisa.

5.1. Pengujian Sensor

5.1.1. Tujuan

Pengujian sensor ini bertujuan untuk mengetahui besar kesalahan dan tingkat akurasi pada tekanan yang diharapkan.

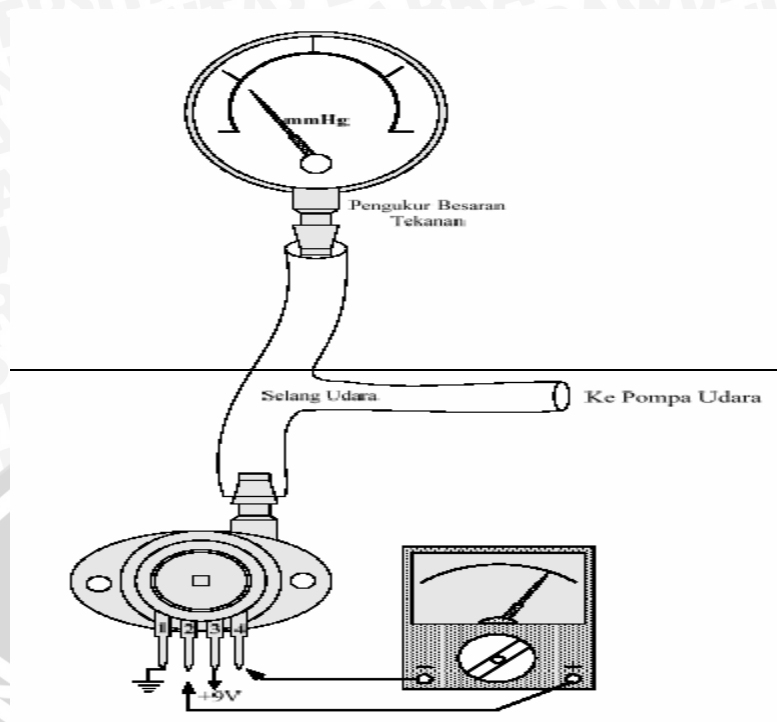
5.1.2. Peralatan yang digunakan

- 1) Pengukur besaran tekanan
- 2) Selang udara
- 3) Pompa udara
- 4) Power supply
- 5) Alat ukur

5.1.3. Prosedur pengujian

- 1) Merangkai segala peralatan seperti ditunjukkan dalam Gambar 4.1
- 2) Menjalankan pompa untuk memberikan tekanan pada sensor
- 3) Mengamati secara bersamaan keluaran tekanan pada pengukuran besaran tekanan serta voltmeter
- 4) Mencatat keluaran tegangan yang tertera pada voltmeter

Pengujian sensor MPX 2050 ditunjukkan dalam Gambar 5.1.



Gambar 5.1. Pengujian Sensor tekanan MPX 2050

5.1.4. Hasil pengujian

Untuk mengetahui *Error* dari sensor maka, hasil pengukuran dibandingkan dengan hasil perhitungan. Contoh perhitungan keluaran sensor adalah sbb :

$$0,125KPa = 1mmHg$$

$$\Delta V = S \times \Delta P$$

$$= 0,8 \times 25KPa = 20$$

Hasil dan pengujian sensor yang dilakukan dapat ditunjukkan dalam Tabel

5.1

Tabel 5.1. Hasil Pengujian Sensor Tekanan MPX2050

Tekanan (mmHg)	Tegangan Keluaran		Error (%)
	Pengukuran (mV)	Perhitungan (mV)	
200	20,75	20	0,037
180	18,94	18	0,029
160	16,93	16	0,028
140	15	14	0,071
120	13,37	12	0,114
100	11,62	10	0,14
80	9,25	8	0,15
50	7,25	5	0,45
Total			1.019

Perhitungan prosentase kesalahan dalam pengujian menggunakan persamaan:

$$\% \text{Kesalahan} = \frac{\text{Perhitungan} - \text{Pengukuran}}{\text{Perhitungan}} \times 100\%$$

Misalnya untuk tekanan 20mmHg, hasil perhitungan adalah 21,34V, sedang hasil pengukuran adalah 20,75V. Prosentase kesalahan (*error*) adalah sebagai berikut:

$$\% \text{Kesalahan} = \frac{20 - 20,75}{20} \times 100\%$$

$$\begin{aligned} \% \text{ Kesalahan rata-rata} &= \frac{\sum \% \text{kesalahan}}{n} \\ &= \frac{1,019\%}{8} = 0,127\% \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan dan pengukuran sensor tekanan dalam Gambar 5.2 menunjukkan bahwa hasil pengukuran dan perhitungan beda kesalahan sebesar 0,0845 %.

5.2. Pengujian Rangkaian Instrumentasi Amplifier.

5.2.1. Tujuan

Pengujian rangkaian instrumenasi ampliflier ini bertujuan untuk mengetahui nilai penguatan yang dihasilkan.

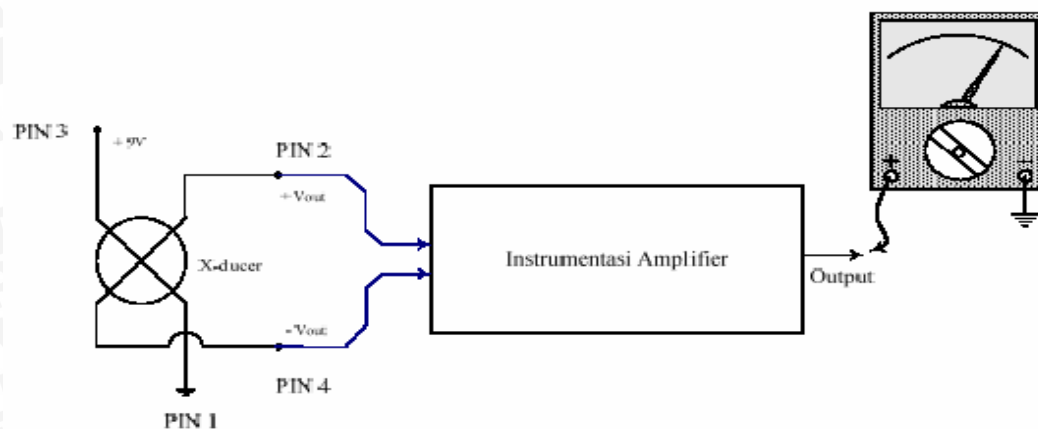
5.2.2. Peralatan yang digunakan

- 1) Sensor MPX2050
- 2) Motor (yang digunakan untuk memberi tekanan udara pada sensor)
- 3) Power supply
- 4) Pengukur besaran tekanan
- 5) Alat ukur

5.2.3. Prosedur pengujian

- 1) Rangkaian dibuat seperti ditunjukkan dalam Gambar 5.2.
- 2) Menjalankan pompa untuk memberikan tekanan pada sensor
- 3) Mengamati secara bersamaan keluaran tekanan pada pengukur besaran tekanan serta voltmeter
- 4) Mencatat keluaran tegangan yang tertera pada voltmeter

Pengujian penguat Instrumentasi yang ditunjukkan dalam Gambar 5.3 dan Tabel 5.2:



Gambar 5.2. Pengujian Penguat Instrumentasi.

5.2.4. Hasil pengujian

Untuk mengetahui *Error* dari penguat Instrumentasi maka, hasil pengukuran dibandingkan dengan hasil perhitungan. Contoh perhitungan output instrumentasi adalah sbb :

$$\begin{aligned} V_{out} &= A \times V_{in}(\text{sensor}) \\ &= 230 \times 20 \\ &= 4.6 \text{ V} \end{aligned}$$

Hasil pengujian penguat instrumentasi yang ditunjukkan dalam Tabel 5.2

Tabel 5.2. Hasil Pengujian Penguat Instrumentasi

Tekanan (mmHg)	Tegangan Keluaran		Error (%)
	Pengukuran (V)	Perhitungan (V)	
200	4,8	4,6	0,038
180	4,42	4,3	0,016
160	3,6	3,4	0,077
140	3,4	3,5	0,028
120	3,3	3,1	0,065
100	2,9	2,7	0,074
80	2,5	2,2	0,136
50	1,4	1,2	0,167
Total			0,601

$$\begin{aligned} \% \text{Kesalahan rata - rata} &= \frac{\sum \% \text{Kesalahan}}{n} \\ &= \frac{0,601\%}{8} = 0,075\% \end{aligned}$$

5.3. Pengujian Rangkaian *Band – Pass Filter*.

5.3.1. Tujuan

Tujuan dari pengujian rangkaian *Band-pass* filter adalah untuk mengetahui hasil dari frekuensi yang diharapkan.

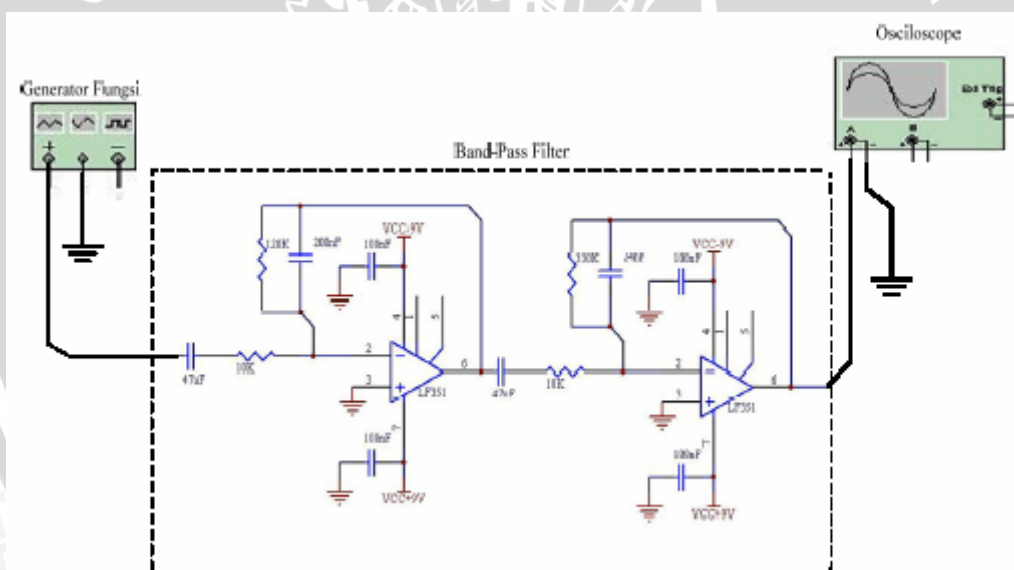
5.3.2. Peralatan yang digunakan

- 1) Power supply
- 2) Generator fungsi
- 3) Oscilloscope

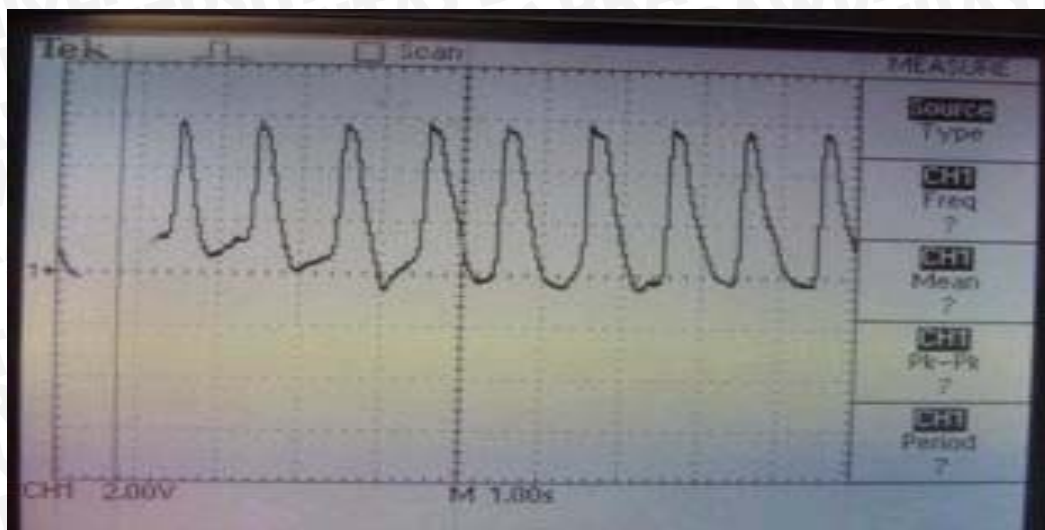
5.3.3. Prosedur Pengujian

- 1) Rangkaian dibuat seperti pada Gambar 5.3.
- 2) Mengamati hasil keluaran pada band – pass filter pertama
- 3) Mengamati hasil keluaran pada band – pass filter kedua

Pengujian BandPass Filter seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 5.3.



Gambar 5.3. Pengujian Band – Pass Filter



Gambar 5.4. Respon Filter Dengan Menggunakan Band – Pass

5.3.4. Pengujian Sistem keseluruhan.

Pengujian seluruh sistem dilakukan dengan membandingkan nilai tekanan darah dari alat yang dirancang dengan alat konvensional yang biasa dipergunakan umumnya. Dengan demikian didapatkan suatu kalibrasi dan tingkat error dari alat yang dirancang. Berikut beberapa pengujian yang dilakukan pada 5 pengguna dengan 5 kali percobaan setiap pemakai, yang ditunjukkan dalam Gambar 5.5.



Gambar 5.5. Sistem Pengujian Alat Perancangan Vs Alat Konvensional

➤ Orang pertama yang diukur

Hasil Pengujian Alat Pada User Pertama yang ditunjukkan dalam Tabel 5.3

Tabel 5.3. Hasil Pengujian Alat Pada Orang laki-laki umur 25 th

Percobaan	Tekanan Sistolik dan Diastolik (mmHg)		Error (%)
	Alat yg Dibuat	Alat Referensi	
1	116/83	120/81	1,6/2,4
2	114/81	120/78	5/3,7
3	114/81	120/80	5/1,2
4	115/82	120/83	5,7/1,2
5	116/83	120/74	3,3/10,8
Jumlah			19,9/19,3

Kesalahan rata – rata orang pertama:

- Tekanan Sistolik

$$\% \text{ Kesalahan rata-rata} = \frac{19,9}{5} = 3,98\%$$

- Tekanan Diastolik

$$\% \text{ Kesalahan rata-rata} = \frac{19,3}{5} = 3,86\%$$

- Orang kedua yang diukur.

Hasil Pengujian Alat Pada User Pertama yang ditunjukkan dalam Tabel 5.4

Tabel 5.4. Hasil Pengujian Alat Pada Orang laki-laki umur 24 th

Percobaan	Tekanan Sistolik dan Diastolik (mmHg)		Error (%)
	Alat yg Dibuat	Alat Referensi	
1	113/78	120/80	5,8/2,5
2	115/82	125/80	8/2,5
3	118/85	123/80	4/1,1
4	117/84	120/80	2,5/7,6
5	118/85	126/80	6,3/2,5
Jumlah			26,6/16,2

Kesalahan rata-rata orang kedua:

- Tekanan Sistolik

$$\% \text{ Kesalahan rata-rata} = \frac{26,6}{5} = 5,32\%$$

- Tekanan Diastolik

$$\% \text{ Kesalahan rata-rata} = \frac{16,2}{5} = 3,24\%$$

- Orang ketiga yang diukur.

Hasil Pengujian Alat Pada User Pertama yang ditunjukkan dalam Tabel 5.5

Tabel 5.5. Hasil Pengujian Alat Pada Orang laki-laki umur 23 th

Percobaan	Tekanan Sistolik dan Diastolik (mmHg)		Error (%)
	Alat yg Dibuat	Alat Referensi	
1	119/86	120/80	0,8/9,3
2	117/84	120/80	2,5/4,7
3	117/84	123/80	4,8/4,7
4	116/83	120/81	4,7/3
5	117/84	120/80	2,5/4,7
Jumlah			15,3/26,4

Kesalahan rata-rata user pertama:

- Tekanan Sistolik

$$\% \text{ Kesalahan rata – rata} = \frac{15,3}{5} = 3,06\%$$

- Tekanan Diastolik

$$\% \text{ Kesalahan rata-rata} = \frac{26,4}{5} = 05,28\%$$

- Orang keempat yang diukur

Hasil Pengujian Alat Pada User Pertama yang ditunjukkan dalam Tabel 5.6

Tabel 5.6. Hasil Pengujian Alat Pada Orang laki-laki umur 41 th

Percobaan	Tekanan Sistolik dan Diastolik (mmHg)		Error (%)
	Alat yg Dibuat	Alat Referensi	
1	124/91	123/90	0,8/1
2	122/89	118/86	3,2/2,2
3	122/89	125/90	2,4/1,1

4	122/89	123/84	0,8/5,6
5	123/90	130/93	5,34/3,2
Jumlah			12,5/13,1

Kesalahan rata-rata orang keempat:

- Tekanan Sistolik

$$\% \text{ Kesalahan rata-rata} = \frac{12,5}{5} = 2,5\%$$

- Tekanan Diastolik

$$\% \text{ Kesalahan rata-rata} = \frac{13,1}{5} = 2,62\%$$

- Orang kelima yang diukur

Hasil Pengujian Alat Pada User Pertama yang ditunjukkan dalam Tabel 5.7

Tabel 5.7. Hasil Pengujian Alat Pada Orang laki-laki umur 41 th

Percobaan	Tekanan Sistolik dan Diastolik (mmHg)		Error (%)
	Alat yg Dibuat	Alat Referensi	
1	115/82	100/91	4,3/9
2	115/82	100/90	4,3/8,8
3	114/81	109/84	4,3/3,5
4	115/82	105/87	8,6/4,3
5	115/82	105/90	8,6/2,2
Jumlah			30,1/46,8

Kesalahan rata-rata pengguna kelima:

- Tekanan Sistolik

$$\% \text{ Kesalahan rata – rata} = \frac{30,1}{5} = 01,204\%$$

- Tekanan Diastolik

$$\% \text{ Kesalahan rata – rata} = \frac{46,8}{5} = 9,36\%$$

Dari percobaan diatas maka dapat diambil nilai kesalahan rata-rata secara keseluruhan dari kelima *user* tersebut. Prosentase kesalahannya adalah sebagai berikut:

- Prosentase kesalahan tekanan sistolik

$$\% \text{ Kesalahan rata – rata} = \frac{\sum \% \text{kesalahan}}{n}$$

$$\% \text{ Kesalahan rata – rata} = \frac{44,96}{5} = 8,9\%$$

- Prosentase kesalahan tekanan diastolik

$$\% \text{ Kesalahan rata – rata} = \frac{\sum \% \text{kesalahan}}{n}$$

$$\% \text{ Kesalahan rata – rata} = \frac{16,82}{5} = 3,364\%$$



BAB VI PENUTUP

6.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis alat maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

- 1) Dari hasil perancangan alat ini nilai tingkat keakuratan dalam mendeteksi tekanan darah *diastolic* sekitar 3,364%, sedangkan tekanan darah *sistolic* sekitar 8,9 %.
- 2) Dari hasil pengujian, sensor kurang sensitif untuk pengukuran tekanan darah tersebut.

6.2. Saran

Alat pengukur tekanan darah ini dapat dikembangkan lagi agar lebih sempurna dalam penggunaannya, diantaranya dapat dilakukan dengan:

- 1) Menambahkan pompa otomatis dengan menggunakan dinamo untuk memompa manset dan diberi tambahan valef untuk mengeluarkan udara dari manset secara perlahan.
- 2) Desain prodak lebih diminimalkan agar tampak lebih portable.

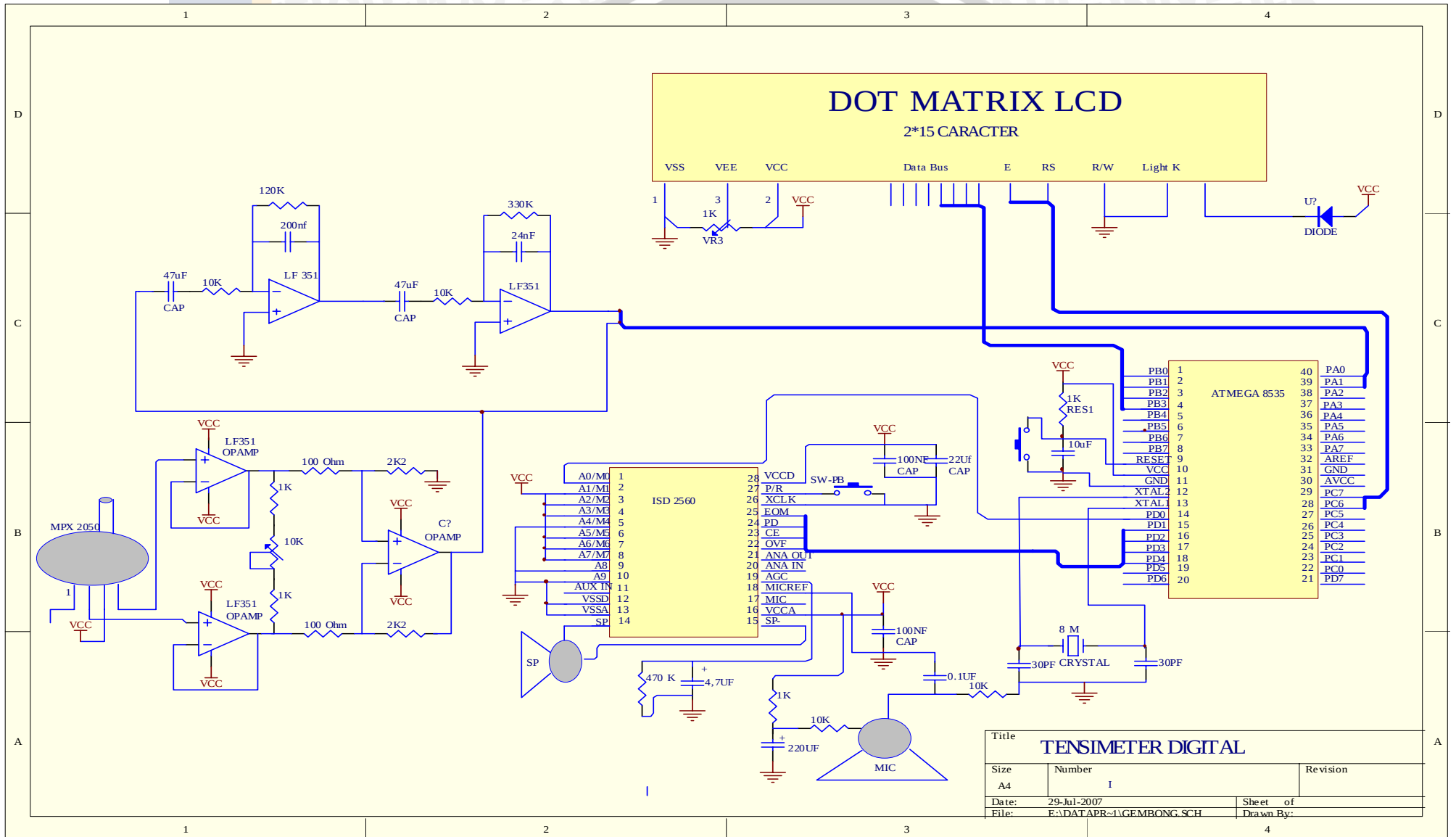
DAFTAR PUSTAKA

- Agus Pracoyo. 2001. ATMEGA 8535 *Instruction Set, Architecture dan Hardware Design*, Politeknik Negeri Malang, Malang.
- Anonymous. 2007. Lf 351. <http://ustr.net/opampd/index.html>. Akses: 22/03/2007.
- Anonymous. 2007. *Blood Pressure*. <http://www.medicalclinic.com>. Akses: 22/03/2007.
- Anonymous. 2007. *How to measure the blood pressure*. <http://www.drbloodpressure.com/05-mesurer8.shtml>. Akses: 22/03/2007.
- Intan Susilo Rini . 2007. Ilmu Kedokteran : *Analisa Tekanan Darah Pada Manusia..* <http://iddhien.ilmukedokteranUI.com/data/artikel/darah.pdf>. Akses: 03/11/2007.
- Motorola. 2002.MPX 2050 GP.<http://sbprojects.com/knowledge/ir/ir.pdf>. Akses: 22/03/2007.
- Malvino, Albert Paul. 1987. *Prinsip-prinsip Elektronika*. Jilid 2, Cetakan ketiga, terjemahan Prof. M. Barmawi, Ph.D, M.O Tjia, Ph.D. Jakarta : Erlangga.
- Habib Alamdari, . 2004. Tekanan Darah Menggunakan Metode Osilometri, Skripsi Elektro Universitas Brawijaya, Malang
- Rahardjo, Didit Putra Erlangga dan Yulvianus Harjono. 2006. *KPID Jabar Tegur Keras Stasiun Televisi*. [Http://kompas.com/berita/acaratelevisi.htm](http://kompas.com/berita/acaratelevisi.htm). Kompas. Indonesia. Akses: 09/12/2006.
- Singgih, Hariyadi. *Teknik Digital Prinsip-prinsip dan Pemakaian*. Politeknik Negeri Malang, Malang.

LAMPIRAN







=====TensiMeter Digital Dengan Menggunakan ATMEGA 8535L==
 ===== Dilengkapi Voice =====

```
.include "m8535def.inc"
.def    datalcd    =R25
.def    data_adcL  =R24
.def    data_adcH  =R23
.def    dataalamat =R22
;=====
.equ    lcdrs      =PD1
.equ    lcde       =PD2

;kontrol isd
.equ    isd_A0     =Pc1
.equ    isd_A4     =Pc2
.equ    isd_recled  =Pc3
.equ    isd_playD   =Pc0

.equ    satuan     =0x0060
.equ    puluhan    =0x0061
.equ    ratusan    =0x0062
.EQU    SIMPAN     =0x0063

.equ    S_satuan    =0x0066
.equ    S_puluhan   =0x0067
.equ    S_ratusan   =0x0068

.equ    D_satuan    =0x0069
.equ    D_puluhan   =0x006a
.equ    D_ratusan   =0x006b

.equ    Data_Systol =0x006c
.equ    Data_Diastol =0x006d
.equ    simpan_atas  =0x006e
.equ    simpan_bawah =0x006f

.cseg
.org    $0
    ldi    r16,LOW(RAMEND)          ;inisialisasi stack Pointer
    out    sph,r16 ;
    ldi    r16,HIGH(RAMEND)        ;
    out    spl,r16 ;
    ldi    r16,0b00000000
;INIALISASI PORT SEBAGAI INPUT

    out    DDRA,r16
    ldi    r16,0b11111111          ;INIALISASI
    out    DDRB,r16
    ldi    r16,0b11111111          ;INIALISASI
```

```

out      DDRC,r16
ldi      r16,0b11100111      ;INIALISASI
out      DDRD,r16
rjmp     MULAI

```

```

.ORG 0X000E
LDI     R29,2
RETI

```

```

INIALSIASA_LCD:
;

```

```

ldi      datalcd,0x30      ; inisialisasi LCD
rcall    write_inst
ldi      datalcd,0x38
rcall    write_inst
ldi      datalcd,0x20
rcall    write_inst
ldi      datalcd,0x28
rcall    write_inst
ldi      datalcd,0x08
rcall    write_inst
ldi      datalcd,0x01
rcall    write_inst
ldi      datalcd,0x0E
rcall    write_inst
ldi      datalcd,0x06
rcall    write_inst
ldi      datalcd,0x0D
rcall    write_inst
ldi      datalcd,0x0C
rcall    write_inst
RET

```

```

;
write_inst:
cbi      PORTD,lcdrs
write_LCD:
out      PORTB,datalcd
sbi      PORTD,lcde
cbi      PORTD,lcde
NOP
NOP
SWAP     DATALCD
Out      PORTB,datalcd
sbi      PORTD,lcde
cbi      PORTD,lcde
rcall    delay
ret

```

```

write_data:
sbi      PORTD,lcdrs

```

```

        rjmp      write_LCD

delay:   ldi      r19,0
delay1:  ldi      r20,0x25
dely1:   dec      r20
        brne     dely1
        dec      r19
        brne     delay1
        ret

ldelay:  ldi      R21,0x50
ld1:     rcall    delay
        dec      R21
        brne     ld1
        ret

mdelay:  ldi      R21,0x30
ld3:     rcall    delay
        dec      R21
        brne     ld3
        ret

barisa:  ldi      datalcd,0x80      ; menulis di baris atas
tul16:   ldi      R17,0x16          ; sebanyak 16 character
        rcall    write_inst
tul1:    lpm
        mov      datalcd,r0
        rcall    write_data
        adiw     zl,1
        dec      r17
        brne     tul1
        ret

barisb:  ldi      datalcd,0xC0      ; menulis di baris bawah
        rjmp     tul16

```

===pengambilan ADC 0 Untuk Pengukuran Tekanan

```

ADCKU0:  ldi      r16,0b11000000
        out      ADMUX,r16
        ldi      r16,0b11101100;1
        out      ADCSRA,r16

```

SEI

```

ASX:     CPI      R29,2
        BRNE     ASX
        CLI

```

```

CBI      ADCSRA,ADEN
LDI      R29,$00
IN       DATA_ADCL,ADCL
IN       DATA_ADCH,ADCH
LSR      DATA_ADCH
ROR      DATA_ADCL
;
LSR      DATA_ADCH
;
ROR      DATA_ADCL
Mov      r16,Data_ADCL
RET

```

===pengambilan ADC 1 Untuk Pengambilan Systole dan Diastole
ADCKu1:

```

ldi      r16,0b11000001;0
out      ADMUX,r16
ldi      r16,0b11101100;1
out      ADCSRA,r16

```

ASs:

```

CPI      R29,2
BRNE ASs
CLI
CBI      ADCSRA,ADEN
LDI      R29,$00
IN       DATA_ADCL,ADCL
IN       DATA_ADCH,ADCH
;
LSR      DATA_ADCH
;
ROR      DATA_ADCL
;
LSR      DATA_ADCH
;
ROR      DATA_ADCL
Mov      r16,Data_ADCL
RET

```

=====

conversi:

```

LDI      R30,9
LDI      R21,$00
LDI      R18,10
LDI      R20,$00
;
;DATA

```

SISA PEMBAGIAN

```

LDI      R17,9
;R16 DATA

```

YANG AKAN DICONVERSI

```

CP       R17,R16

```

;MEMBANDINGKAN DATA APAKAH KURANG DARI 10
BRCC LANGSUL

;LEBIH DARI 10

```

KKK: LDI      R18,10
;

```

```

L_KUR: DEC    R16
DEC          R18

```

```

BRNE L_KUR

```

	INC	R21	;HASIL
PEMBAGIAN	cp	r30,r16	
	BRCC	kkX	
	RJMP	KKK	
KKX:	STS	SATUAN,R16	
	CP	R17,R21	
	BRCC	LUNGSUL	
	MOV	R16,R21	
	LDI	R21,\$00	
DSF:	LDI	R18,10	
KURR:	DEC	R16	
	DEC	R18	
	BRNE KURR		
	INC	R21	
	CP	R30,R16	
	BRCC HJF		
	RJMP DSF		
HJF: STS	PULUHAN,R16		
	STS	RATUSAN,R21	
	ret		
LUNGSUL:			
	LDI	R20,\$00	
	STS	PULUHAN,R21	
	STS	RATUSAN,R20	
	RET		
LANGSUL:			
	LDI	R20,\$00	
	STS	SATUAN,R16	
	STS	PULUHAN,R20	
	STS	RATUSAN,R20	
	RET		
.....			
tampilan_Tekanan:			
	ldi	dataalamat,0xc8	
	lds	datalcd,satuan	
	rcall	tampilan	
	ldi	dataalamat,0xc7	
	lds	datalcd,puluhan	
	rcall	tampilan	
	ldi	dataalamat,0xc6	
	lds	datalcd,ratusan	
	rcall	tampilan	
	LDI	R18,00	
	sts	satuan,r18	
	sts	puluhan,r18	
	sts	ratusan,r18	
	ret		

```
tampilan_Systole:
    ldi    dataalamat,0x8b
    lds    datalcd,satuan
    rcall  tampilan
    ldi    dataalamat,0x8a
    lds    datalcd,puluhan
    rcall  tampilan
    ldi    dataalamat,0x89
    lds    datalcd,ratusan
    rcall  tampilan
    LDI    R18,00
    sts    satuan,r18
    sts    puluhan,r18
    sts    ratusan,r18
    ret
```

```
tampilan_Diastole:
    ldi    dataalamat,0xcb
    lds    datalcd,satuan
    rcall  tampilan
    ldi    dataalamat,0xca
    lds    datalcd,puluhan
    rcall  tampilan
    ldi    dataalamat,0xc9
    lds    datalcd,ratusan
    rcall  tampilan
    LDI    R18,00
    sts    satuan,r18
    sts    puluhan,r18
    sts    ratusan,r18
    ret
```

=====

```
;=====
Tampilan:
    LDI    R17,00
    mov    r13,datalcd
    mov    datalcd,dataalamat
    RCALL  WRITE_INST
    ldi    zh,high(2*ANGKA)
    ldi    zl,low(2*ANGKA)
```

```
    lpm    R17,R13
    CP     LCDF
    BRNE   SSS
    RJMP   SSS
lcdf:
    adiw   zl,1
    dec    r13
    brne   lcdf
```

```
    LPM    DATALCD,R0
    MOV    WRITE_DATA,R0
    RCALL  WRITE_DATA
    RET
```

Deteksi_jantung:

Rcall	adcku0	
Tambah:	Mov	r17,r16
	Nop	
	Nop	
	Nop	
	Rcall	adcku0
	Cp	r17,r16
	Brcc	tambah ;Apakah lebih dari
	Ret	

=====
 ;;;=====AWAL PROGRAM=====;,,,,,,,,,,,,,
 mulai:

	RCALL	INIALSIASA_LCD	
	ldi	zh,high(2*set1)	
	ldi	zl,low(2*set1)	
	rcall	barisa	
	ldi	zh,high(2*set2)	
	ldi	zl,low(2*set2)	
	rcall	barisB	
	rcall	delay	
	rcall	delay	
	rcall	delay	
lahii:	ldi	zh,high(2*set3)	
	ldi	zl,low(2*set3)	
	rcall	barisa	
	ldi	zh,high(2*set4)	
	ldi	zl,low(2*set4)	
	rcall	barisB	
XALI:	rcall	adcku0	
	Rcall	tampilan_tekanan	
	ldi	r17,200	
	Mov	r16,Data_ADCL	
	CP	R17,R16	
	BRCC	XALI	
	ldi	zh,high(2*set7)	
	ldi	zl,low(2*set7)	
	rcall	barisa	
	ldi	zh,high(2*set8)	
	ldi	zl,low(2*set8)	
	rcall	barisB	
	rcall	deteksi_jantung	;systole
	rcall	adcku	
	sts	Data_Systol,r16	
	sts	Simpan_Atas,R16	

;Untuk Diastole

Rcall	deteksi_jantung	;Diastole
rcall	adcku1	;Distole

```

sts      Data_Diastol,r16
sts      Simpan_Bawah,R16

LDs      r16,Data_sysstol
rcall    conversi
rcall    tampilan_Systole
LDs      r16,Data_Diastol
rcall    conversi
rcall    tampilan_Diastole
rcall    isdd
rjmp     1      ahii

```

isdd:
 ===ISD

```

rcall    suara_awal
lds      r16,simpan_atas
rcall    conversi
rcall    Suara_Jumlah_Pengukuran
rcall    suara_Hidro
rcall    delay
rcall    suara_per
lds      r16,simpan_bawah
rcall    conversi
rcall    Suara_Jumlah_Pengukuran
rcall    suara_Hidro
rcall    suara_terimakasih
ret

```

;;;;;;;;;Sub routinn ISD

;Tekanan,darah,anda,per,1,2,3,4,5,6,7,8,9,SE,PULUH,RATUS,Belas,hydrogiom,terim
 akasih

```

;=====
;.equ    isd_A0    =PD0      diplay A0=0 dan Playe clock aktif LOW
;.equ    isd_A4    =PD1      dicepatkan A0=1 terus
;.equ    isd_recdl =PD0      playe diclock nunggu Recled aktif low
;.equ    isd_playe =PD2      diredet A4=dinol kan

```

suara_awal:

```

rcall    reset_isd
rcall    clock_playd      ;Tekanan
rcall    clock_playd      ;Darah
rcall    clock_playd      ;anda
ret

```

suara_terimakasih:

```

rcall    reset_isd
ldi      r17,18
rcall    skip
rcall    clock_playd
rcall    clock_playd

```



```

rcall reset_isd
lds r16,puluhan
ldi r17,00
cpse r16,r17
rjmp Li_satu
rjmp ke_satu

Li_satu:
lds r16,puluhan
ldi r17,1
cpse r16,r17
rjmp nyala_puluh ;mulai dari 20
lds r16,satuan ;apakah 1
ldi r17,0
cpse r16,r17
rjmp alham
rjmp v_sepuluh
alham:
ldi r17,1
cpse r16,r17
rjmp bismi ;
rcall reset_isd
ldi r17,13
rcall skip
rcall clock_playd ;se
ldi r17,2
rcall skip
rcall clock_playd ;belas
ret
bismi: rcall reset_isd
ldi r17,3 ;meloncati
rcall skip
mov r17,r16 ;
rcall skip
rcall clock_playd ;
rcall reset_isd
ldi r17,16 ;meloncati
rcall skip
rcall clock_playd ;
ret
nyala_puluh:
rcall reset_isd
ldi r17,3 ;meloncati
rcall skip
mov r17,r16 ;
rcall skip
rcall clock_playd ;
rcall reset_isd
ldi r17,14 ;puluh
rcall skip
rcall clock_playd ;

```



```
rcall    delay_isd
sbi      Portc,isd_A4
ret
```

```
delay_isd:
ldi      r19,200
ya1:     dec    r19
brne     ya1
ret
```

```
delay_isdxx:
ldi      r19,20
ya2:     dec    r19
brne     ya2
ret
```

Kalibrasi:

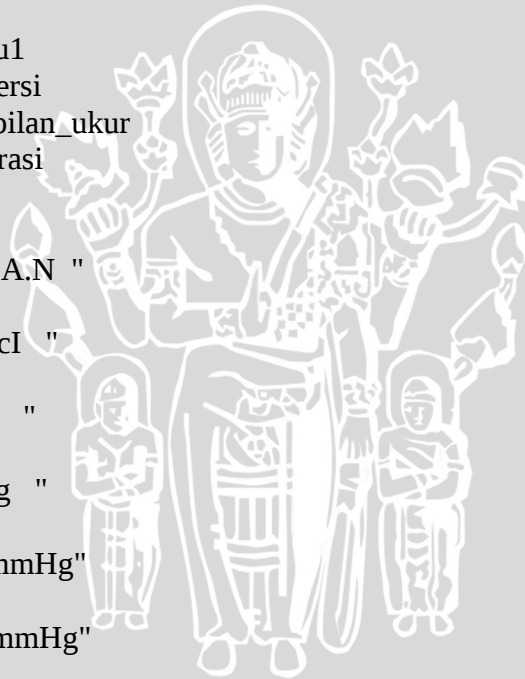
```
rcall    adcku1
rcall    conversi
;
rcall    Tampilan_ukur
rjmp     kalibrasi
```

```
set1:
.db      "By: Vickry A.N "
set2:
.db      " Product Hcl "
set3:
.db      "Pressure:  "
set4:
.db      "      mmHg  "
Set5:
.db      "Systole : mmHg"
set6:
.db      "Diastole: mmHg"
Set7:
.db      "====loading===="
set8:
.db      "      "
```

```
Angka:
.db      "012345678900000-"

.exit
```

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



Cara Penggunaan Tenseimeter Digital

- Tekan tombol ON pada PushBotton,
- Tekan reset jika terjadi tidak ada tampilan.
- Letakkan Manset pada lengan kanan.
- Manset dipompa pada tekanan 200 mmHg.
- Regulator angin diatur pelan-pelan agar angin keluar sedikit demi sedikit.
- Tunggu sampai tampilan Loading medeteksi hentakan jantung.
- Akan tampak hasil Systol dan Diastole.
- Jika manset sudah tidak mengeluarkan tekanan tetapi Loading tetap silakan ulangi lagi tekan tombol reset.

By Vikry