

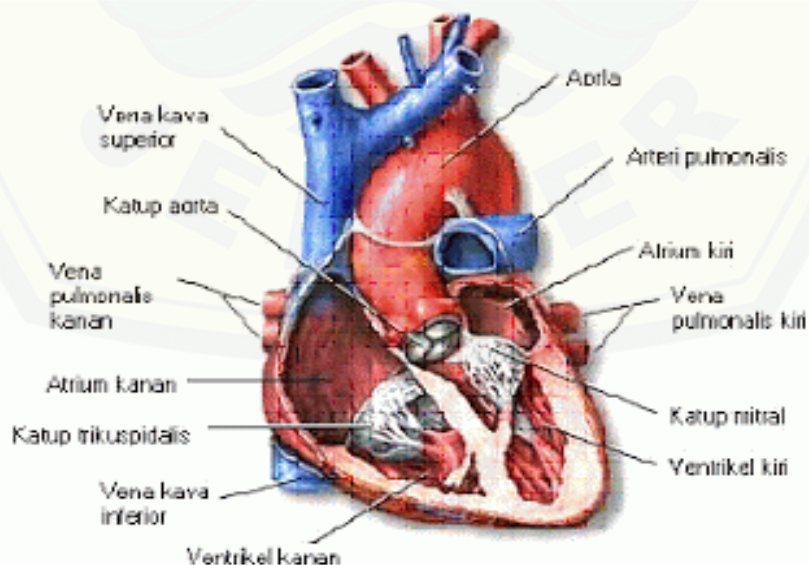
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Jantung

Jantung adalah organ muskular yang berfungsi sebagai pompa ganda sistem kardiovaskular. Sisi kanan jantung memompa darah ke paru-paru sedangkan sisi kiri memompa darah ke seluruh tubuh. Jantung mempunyai empat ruangan, serambi kanan dan kiri, bilik kanan dan kiri. Serambi berdinding tipis sedangkan bilik berdinding lebih tebal dengan bilik kiri berdinding paling tebal karena dia memompa darah ke seluruh tubuh. Jantung terbuat dari jaringan otot khusus yang tidak terdapat dimanapun di seluruh tubuh.

2.1.1. Bentuk dan Ukuran Jantung

Jantung merupakan organ utama dalam sistem kardiovaskuler. Jantung dibentuk oleh organ-organ *muscular*, *apex* dan *basis cordis*, *atrium* kanan dan kiri serta *ventrikel* kanan dan kiri. Ukuran jantung panjangnya kira-kira 12 cm, lebar 8-9 cm seta tebal kira-kira 6 cm. Berat jantung sekitar 7-15 ons atau 200 sampai 425 gram dan sedikit lebih besar dari kepalan tangan. Setiap harinya jantung berdetak 100.000 kali dan dalam masa periode itu jantung memompa 2000 galon darah atau setara dengan 7.571 liter darah. (Abdul Majid, 2005)



Gambar 2.1. Jantung Manusia. (Lily, 1996)

Posisi jantung terletak diantar kedua paru dan berada ditengah tengah dada, bertumpu pada *diaphragma thoracis* dan berada kira-kira 5 cm diatas *processus xiphoideus*. Pada tepi kanan *cranial* berada pada tepi *cranialis pars cartilaginis costa III dextra*, 1 cm dari tepi *lateral sternum*. Pada tepi kanan *caudal* berada pada tepi *cranialis pars cartilaginis costa VI dextra*, 1 cm dari tepi *lateral sternum*. Tepi kiri *cranial* jantung berada pada tepi *caudal pars cartilaginis costa II sinistra* di tepi *lateral sternum*, tepi kiri *caudal* berada pada *ruang intercostalis 5*, kira kira 9 cm di kiri *linea medioclavicularis*. Selaput yang membungkus jantung disebut *perikardium* dimana terdiri antara lapisan *fibrosa* dan *serosa*, dalam *cavum pericardii* berisi 50 cc yang berfungsi sebagai pelumas agar tidak ada gesekan antara *perikardium* dan *epikardium*. *Epikardium* adalah lapisan paling luar dari jantung, lapisan berikutnya adalah lapisan *miokardium* dimana lapisan ini adalah lapisan yang paling tebal. Lapisan terakhir adalah lapisan *endokardium*. (Abdul Majid, 2005)

Anatomi dalam, jantung terdiri dari empat ruang yaitu *atrium* kanan dan kiri, serta *ventrikel* kanan dan kiri dipisahkan oleh *septum*. *Atrium* kanan, darah *vena* mengalir kedalam jantung melalui *vena kava superior* dan *inferior* masuk ke dalam *atrium* kanan, yang tertampung selama fase sistol *ventrikel*. Secara anatomis *atrium* kanan terletak agak ke depan dibanding dengan *ventrikel* kanan atau *atrium* kiri. Pada bagian *antero-superior atrium* kanan terdapat lekukan ruang atau kantung berbentuk daun telinga disebut *aurikel*. Permukaan *endokardium atrium* kanan tidak sama; pada *posterior* dan *septal* licin dan rata, tetapi daerah *lateral* dan *aurikel* permukaannya kasar dan tersusun dari serabut – serabut otot yang berjalan paralel yang disebut otot *pektinatus*. Tebal rata – rata dinding *atrium* kanan adalah 2 mm. (Abdul Majid, 2005)

Ventrikel kanan, letak ruang ini paling depan di dalam rongga dada, yaitu tepat dibawah *manubrium sterni*. Sebagian besar *ventrikel* kanan berada di kanan depan *ventrikel* kiri dan di *medial atrium* kiri. Perbedaan bentuk kedua *ventrikel* dapat dilihat pada potongan melintang. *Ventrikel* kanan berbentuk bulan sabit atau setengah bulatan, berdinding tipis dengan tebal 4 –5 mm. Secara fungsional *ventrikel* kanan dapat dibagi dalam alur masuk dan alur keluar. Ruang alur masuk

ventrikel kanan (*right ventricular inflow tract*) dibatasi oleh katup *trikuspid*, *trabekula anterior* dan dinding *inferior ventrikel* kanan. Sedangkan alur keluar *ventrikel* kanan (*right ventricular outflow tract*) berbentuk tabung atau corong, berdinding licin terletak dibagian *superior ventrikel* kanan yang disebut *infundibulum* atau *konus arteriosus*. Alur masuk dan alur keluar dipisahkan oleh *krista supraventrikuler* yang terletak tepat di atas daun katup *trikuspid*. (Abdul Majid, 2005)

Atrium kiri, menerima darah dari empat *vena pulmonal* yang bermuara pada dinding *postero-superior* atau *postero-lateral*, masing-masing sepasang *vena* kanan dan kiri. Letak *atrium* kiri adalah di *posterior-superior* ari ruang jantung lain, sehingga pada foto sinar tembus dada tidak tampak. Tebal dindingnya 3 mm, sedikit lebih tebal daripada dinding *atrium* kanan. Endokardiumnya licin dan otot *pektinati* hanya ada pada aurikelnya. (Abdul Majid, 2005)

Ventrikel kiri, berbentuk lonjong seperti telur, dimana bagian ujungnya mengarah ke *antero-inferior* kiri menjadi *apeks kordis*. Bagian dasar *ventrikel* tersebut adalah *anulus mitral*. Tebal dinding *ventrikel* kiri adalah 2-3 kali lipat diding *ventrikel* kanan. Tebal dinding *ventrikel* kiri saat diastol adalah 8-12 mm. (Abdul Majid, 2005)

Katup jantung terdiri atas 4 yaitu katup *trikuspid* yang memisahkan *atrium* kanan dengan *ventrikel* kanan, katup *mitral* atau *bikuspid* yang memisahkan antara *atrium* kiri dengan *ventrikel* kiri setra dua katup *semilunar* yaitu katup *pulmonal* dan katup *aorta*. Katup *pulmonal* adalah katup yang memisahkan *ventrikel* kanan dengan *arteri pulmonalis*. Katup *aorta* adalah katup yang memisahkan *ventrikel* kiri dengan *aorta*.

Jantung dipersarafi oleh sistem saraf otonom yaitu saraf simpatis dan parasimpatis. Serabut-serabut saraf simpatis mempersarafi daerah *atrium* dan *ventrikel* termasuk pembuluh darah koroner. Saraf parasimpatis terutama memberikan persarafan pada *nodus sinoatrial*, *atrioventrikular* dan serabut-serabut otot *atrium*, dapat pula menyebar ke *ventrikel* kiri.

Persarafan simpatis *eferen preganglionik* berasal dari *medulla spinalis torakal* atas, yaitu *torakal 3-6*, sebelum mencapai jantung akan melalui *pleksus kardialis* kemudian berakhir pada *ganglion servikalis superior, medial, atau inferior*. Serabut *post-ganglionik* akan menjadi *saraf kardialis* untuk masuk ke dalam jantung. Persarafan parasimpatis berasal dari pusat *nervus vagus* di *medulla oblongata*; serabut – serabutnya akan bergabung dengan serabut simpatis di dalam *pleksus kardialis*. Rangsang simpatis akan dihantar oleh *asetilkolin*.

2.1.2. Kontraksi Jantung

Kontraksi otot jantung untuk mendorong darah dicetuskan oleh potensial aksi yang menyebar melalui membran sel otot. Jantung berkontraksi atau berdenyut secara berirama akibat potensial aksi yang ditimbulkan sendiri, suatu sifat yang dikenal dengan otoritmisitas. Terdapat dua jenis khusus sel otot jantung yaitu 99% sel otot jantung kontraktile yang melakukan kerja mekanis, yaitu memompa. Sel – sel pekerja ini dalam keadaan normal tidak menghasilkan sendiri potensial aksi. Sebaliknya, sebagian kecil sel sisanya adalah, sel otoritmik, tidak berkontraksi tetapi mengkhususkan diri mencetuskan dan menghantarkan potensial aksi yang bertanggungjawab untuk kontraksi sel – sel pekerja. (<http://www.persify.com/id/perspectives/medical-conditions-diseases/bradikardia>)

Kontraksi otot jantung dimulai dengan adanya aksi potensial pada sel *otoritmik*. Penyebab pergeseran potensial membran ke ambang masih belum diketahui. Secara umum diperkirakan bahwa hal itu terjadi karena penurunan siklus fluks pasif K^+ keluar yang langsung bersamaan dengan kebocoran lambat Na^+ ke dalam. Di sel – sel *otoritmik* jantung, antara potensial – potensial aksi permeabilitas K^+ tidak menetap seperti di sel saraf dan sel otot rangka. Permeabilitas membran terhadap K^+ menurun antara potensial – potensial aksi, karena saluran K^+ diinaktifkan, yang mengurangi aliran keluar ion kalium positif mengikuti penurunan gradien konsentrasi mereka. Karena influks pasif Na^+ dalam jumlah kecil tidak berubah, bagian dalam secara bertahap mengalami depolarisasi dan bergeser ke arah ambang. Setelah ambang tercapai, terjadi fase naik dari potensial aksi sebagai respon terhadap pengaktifan saluran Ca^{2+} dan influks Ca^{2+}

kemudian; fase ini berbeda dari otot rangka, dengan influks Na^+ bukan Ca^{2+} yang mengubah potensial aksi ke arah positif. Fase turun disebabkan seperti biasanya, oleh efluks K^+ yang terjadi karena terjadi peningkatan permeabilitas K^+ akibat pengaktifan saluran K^+ . Setelah potensial aksi usai, inaktivasi saluran – saluran K^+ ini akan mengawali depolarisasi berikutnya. Sel – sel jantung yang mampu mengalami otortmisitas ditemukan pada nodus SA, nodus AV, berkas His dan serat purkinje. (<http://www.persify.com/id/perspectives/medical-conditions-diseases/bradikardia>)

Tabel 2.1. Kecepatan normal pembentukan potensial aksi di jaringan otoritmik jantung

Jaringan	Potensial aksi per menit
Nodus SA (pemicu normal)	70 – 80
Nodus AV	40 – 60
Berkas His dan serat – serat purkinje	20 – 40

2.2. Gangguan Irama Jantung

Gangguan irama jantung (*aritmia*) adalah pola dan/atau perubahan yang cepat dari denyut jantung normal. Beberapa pasien ada yang sama sekali tidak sadar adanya *aritmia*, juga terdapat pasien mengeluh tentang gejala-gejala termasuk *palpitasi*, perasaan lompatan atau getaran jantung, pusing, sesak napas atau nyeri dada. *Palpitasi* itu sendiri adalah perasaan (sensasi) yang tidak menyenangkan yang disebabkan oleh denyut jantung yang tidak teratur. Beberapa orang dengan *palpitasi-palpitasi* (jantung berdebar), tidak menderita penyakit jantung atau kelainan irama jantung (abnormal) dan penyebab jantung berdebarnya tidak diketahui. (<http://www.persify.com/id/perspectives/medical-conditions-diseases/bradikardia>)

Berikut ini adalah macam-macam dari aritmia :

1. TACHYCARDIA (Takikardia) adalah *aritmia* cepat (denyut jantung lebih cepat dari 100 detak/menit).

2. BRADYCARDIA (Bradikardi) adalah *aritmia* lambat (denyut jantung lebih lambat dari 60 detak/menit).
3. FIBRILLATION atau fibrilasi adalah irama jantung yang tidak teratur.
4. PREMATURE CONTRACTION adalah satu detak jantung yang terjadi lebih dini dari normal dan ini dapat menyebabkan perasaan denyut jantung yang dipaksakan.
5. KELAINAN (ABNORMALITIES) pada serambi (atrium), bilik (ventricle) dan sistim penghantar listrik jantung (SA, *Sino-Atrial Node* dan AV, *Atrio-Ventricular Node*) dapat menjurus ke *aritmia* yang menyebabkan *palpitasi* (jantung berdebar).

SA node adalah pacemaker (pacu jantung) dan berlokasi pada atrium kanan. Sinyal-sinyal elektrik yang diawali pada SA node dipancarkan ke atria dan ventricles untuk menstimulasi kontraksi-kontraksi otot jantung (denyut-denyut jantung). AV node adalah jaringan khusus jantung yang beraksi sebagai station relai elektrik antara atria dan ventricles. Sinyal-sinyal elektrik dari SA node dan atria harus lewat melalui AV node untuk mencapai ventricles. (<http://www.persify.com/id/perspectives/medical-conditions-diseases/bradikardia>)

2.2.1. Sinus Bradikardia

Bradikardia adalah suatu kondisi medis yang ditandai dengan denyut jantung yang lebih lambat daripada denyut jantung normal. Biasanya jantung orang dewasa berdetak sebanyak 60 sampai 100 kali per menit pada kondisi istirahat. Pada bradikardia, jantung biasanya berdetak kurang dari 60 detakan per menit karena adanya gangguan impuls elektrik yang mengatur detak jantung. Hal ini dapat menjadi masalah yang serius apabila jantung tidak cukup memompa darah yang kaya akan oksigen ke tubuh. Namun, pada sebagian orang, keadaan ini tidak menyebabkan terjadinya gejala ataupun komplikasi. Bradikardia dapat dirawat dengan menggunakan alat pemacu jantung yang diimplantasi. Ada tiga jenis bradikardia yang dibedakan berdasarkan mekanisme penyebabnya: Sinus Bradikardia (suatu denyut jantung perlahan yang abnormal karena malfungsi dari pemacu jantung alami, *nodus sinus*), Sindroma Sinus Sakit (suatu denyut jantung

perlahan yang abnormal karena malfungsi dari pemacu jantung alami, *nodus sinotrialis*) dan blokade Jantung (suatu denyut jantung perlahan yang abnormal karena adanya hambatan impuls elektrik pada sistem konduksi jantung). (Lily, 1996)

Sinus bradikardia dapat terjadi karena perlambatan dari sinyal-sinyal elektrik yang diawali oleh SA *node*, kondisi yang disebut sinus bradikardia. Bradikardia dapat juga berakibat dari derajat-derajat yang bervariasi dari "*heart block* (rintangan jantung)", dimana obat-obat tertentu atau penyakit-penyakit sistim konduksi elektrik jantung menghalangi transmisi (pengantaran) sinyal-sinyal dari *atria* ke *ventricles* (lihat bagian "Bradycardias" dibawah). (Lily, 1996)

2.2.2. Sinus Takikardia

Sinus Takikardia adalah peningkatan denyut jantung yang normal dan teratur. Kondisi ini terjadi ketika *nodus sinoatrial* (alat pacu jantung alami) mengirimkan sinyal-sinyal listrik lebih cepat dari biasanya. Denyut jantung cepat, tetapi jantung bekerja dengan benar. Takikardia sinus dapat disebabkan oleh kecemasan, ketakutan, demam, olahraga atau kondisi seperti anemia, hipertiroidisme, serangan jantung atau gagal jantung, dan perdarahan berat. (Lily, 1996)

Pada sinus takikardia denyut nadi bisa melebihi 100 denyut/menit, dengan frekuensi sinus saat istirahat adalah 65 – 80 denyut /menit. Sinus takikardia tidak seperti gangguan sinusitis yang bisa menyebabkan komplikasi. Sinus takikardia jarang sekali menimbulkan komplikasi yang serius. Namun pasien dengan penyakit jantung organik dan sinus takikardia bisa mengalami CHF (*Congestive Hearth Failure* /gagal jantung kongestif) atau iskemia. Pada pasien jantung organik, sinus takikardia menyebabkan waktu untuk mengisi ventikular semakin pendek, turunnya curah jantung, meningkatnya konsumsi oksigen *miokardium* dan penurunan darah koroner. (Lily, 1996)

Sinus takikardia dan kontraksi-kontraksi prematur (*premature contractions*) terjadi karena aktivitas elektrik atria yang abnormal, mereka disebut *atrial tachycardias* dan *premature atrial contractions* (PACs). Ketika *tachycardias* dan *premature contractions* terjadi karena aktivitas elektrik

ventricles yang abnormal, mereka disebut *ventricular tachycardias* dan *premature ventricular contractions* (PVCs).

Premature contractions adalah denyut-denyut jantung yang terisolasi yang terjadi lebih awal daripada yang diharapkan. *Premature contraction* diikuti oleh istirahat, ketika sistim elektrik jantung "me-reset" dirinya. Kontraksi setelah istirahat biasanya lebih kuat daripada kontraksi-kontraksi normal. Pasien-pasien seringkali merasakan kontraksi-kontraksi yang lebih kuat ini sebagai *palpitasi-palpitasi*.

2.3. Stetoskop

Stetoskop adalah alat diagnosis yang digunakan oleh beberapa ahli medis untuk mendengarkan atau auskultasi jantung, paru-paru, variasi titik pulsa dan perut pada pasien. Stetoskop digunakan sebagai bagian uji non invasive. Umumnya, digunakan mendengar untuk kongesti di paru-paru dan untuk suara detak jantung yang tidak teratur. Selain itu, stetoskop digunakan untuk mengecek tekanan darah. (<http://medistation.wordpress.com/2012/02/09/stetoskop/>)

Sebelum ditemukannya stetoskop, ahli medis menempelkan telinganya secara langsung pada dada atau punggung pasien dalam melakukan pemeriksaan. Pada tahun 1816, Dr. Rene Theophile Hyacinthe Laennec menemukan stetoskop pertama dengan bentuk silinder dari beberapa lembar kertas dan menggunakannya untuk pasien perempuan muda. Dia menemukan bahwa suara internal dapat diisolasi dan diperkuat melalui pipa, sehingga pengujian mudah diinterpretasikan. (<http://medistation.wordpress.com/2012/02/09/stetoskop/>)

Stetoskop original berbentuk silinder kaku dengan corong yang terbuat dari kayu. Kemudian stetoskop ini dikembangkan menjadi alat modern yang memiliki dua *chest piece* dan *earpieces* yang dihubungkan oleh pipa. Dr. Laennec menyempurnakan alat tersebut menggunakan tabung kayu dan menamakannya "Stetoskop", yang berasal dari bahasa Yunani yang berarti dada (*sthetos*) dan melihat (*scope*). (<http://medistation.wordpress.com/2012/02/09/stetoskop/>)

Stetoskop modern terdiri dari alat yang berbentuk bel dengan diafragma kadafer, yang tersambung ke telinga oleh selang fleksibel dan *headset* logam

berlubang. Bagian *chest piece* diletakkan secara langsung pada kulit pasien. Selama pasien mengambil nafas dalam-dalam atau jantungnya berdetak, suara diperkuat melalui diafragma atau bel. Suara tersebut kemudian dilanjutkan melalui selang fleksibel dan *headset*, dan akhirnya sampai ke telinga penguji melalui *earpieces*. Pada intinya, penguji dapat mendeskripsikan suara yang didengar tersebut sehingga dapat digunakan untuk diagnosis dan pengobatan. (<http://medistation.wordpress.com/2012/02/09/stetoskop/>)

2.4. Rangkaian Pengkondisi Sinyal Korotkof

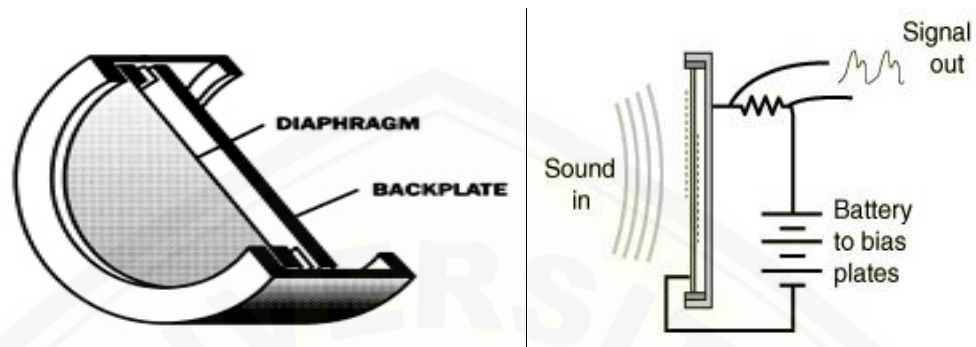
Rangkaian ini berfungsi untuk mendapatkan pulsa *trigger* yang berasal dari detak jantung untuk masukan ke *port* mikrokontroler. Komponen - komponen penyusunnya terdiri dari:

2.4.1. Condenser Microphone

Condenser berarti kapasitor, sebuah komponen elektronik yang mempunyai kemampuan untuk menyimpan energi di dalam bentuk *medan elektrostatik*. *Condenser microphone* menggunakan kapasitor untuk mengkonversi *acoustical energy* menjadi *electrical energy*. *Condenser microphone* memerlukan tenaga dari baterai atau sumber dari eksternal, jenis ini menghasilkan sinyal audio yang lebih kuat apabila dibandingkan dengan *dynamic microphone*. *Condenser microphone* cocok untuk menangkap efek suara tertentu dalam suara audio, tidak cocok untuk dipakai pada volume tinggi dan sensitivitasnya membuat peka terhadap distorsi. (<http://elib.unikom.ac.id/files/disk1/395/>)

Cara kerja dari *condenser microphone* menggunakan dua lempengan pada kapasitor yang mempunyai beda tegangan. Pada *condenser microphone* salah satu lempengan dari kapasitor dibuat dari bahan yang ringan yang berfungsi sebagai *diaphragm*. *Diaphragm* bergetar ketika terkena gelombang suara, sehingga jarak antara dua lempengan kapasitor berubah dan merubah nilai kapasitansinya, ketika jarak antar dua lempengan berdekatan nilai kapasitansi akan meningkat dan merubah arus yang dihasilkan, demikian pula ketika kedua lempengan berjauhan nilai kapasitansi juga akan berkurang. Sebuah tegangan diperlukan agar kapasitor

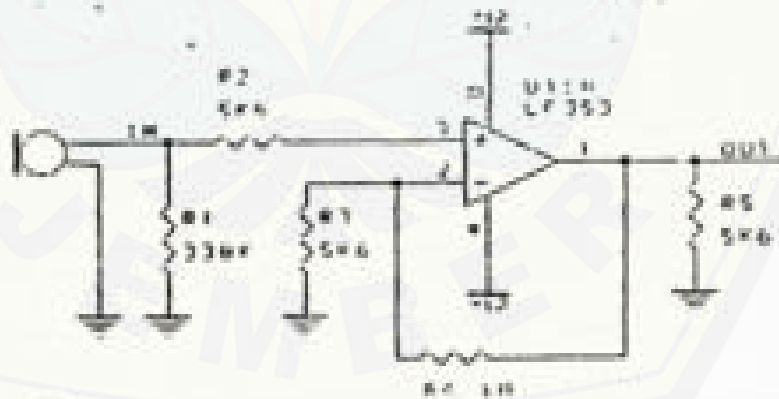
dapat berkerja, tegangan ini berasal dari baterai atau dari sumber tegangan eksternal lainnya. (<http://elib.unikom.ac.id/files/disk1/395/>)



Gambar 2.2. *Condenser Microphone*

2.4.2. *Amplifier*

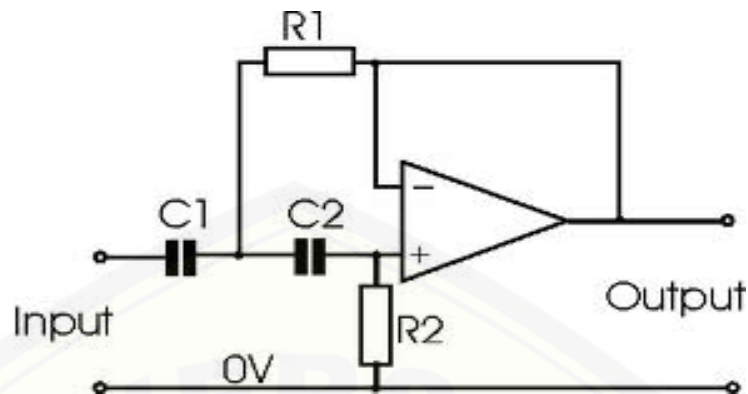
Rangkaian *amplifier* merupakan rangkaian yang berfungsi untuk memperkuat sinyal yang ditangkap oleh transduser. Penguatan sinyal ini bertujuan agar sinyal dari *condenser microphone* dapat dibaca dengan jelas oleh mikrokontroler. (Malvino, 2004)



Gambar 2.3. Rangkaian *Amplifier* (Malvino, 2004)

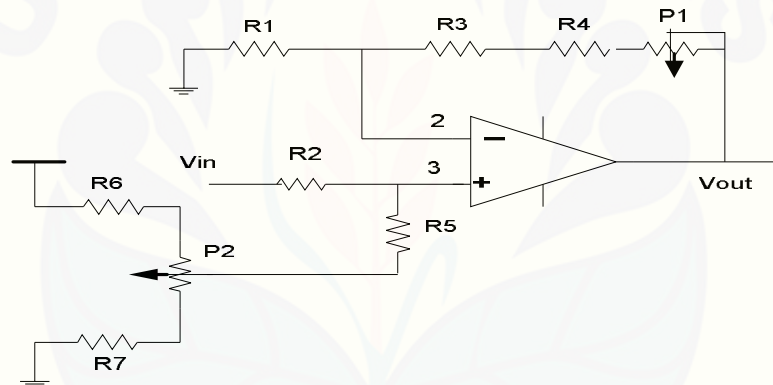
2.4.3. *High Pass Filter*

Rangkaian yang bertujuan untuk meloloskan sinyal yang berada di atas frekuensi *cut off*. Filter ini digunakan untuk menghilangkan intervensi gerakan otot (artifiak). (Malvino, 2004)



Gambar 2.4. Rangkaian *High Pass Filter* (Malvino, 2004)

2.4.4. Adder Amplifier



Gambar 2.5. Rangkaian *Adder Amplifier* (Malvino, 2004)

Rangkaian ini digunakan untuk menggeser sinyal negatif yang dihasilkan oleh transduser *condenser microphone*, sehingga sinyal akan dapat dibaca pada *range* ADC. (Malvino, 2004)

2.5. ATMEGA 16

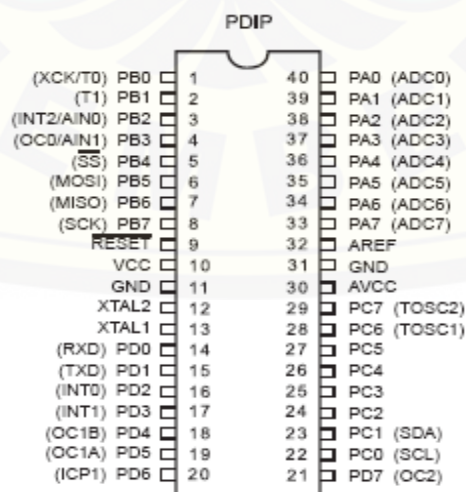
AVR atau sebuah kependekan dari *Alf and Vegard's Risc Processor* merupakan *chip* mikrokontroler yang diproduksi oleh Atmel, yang secara umum dapat dikelompokkan ke dalam 4 kelas, salah satunya adalah ATMega. Perbedaan yang terdapat pada masing-masing kelas adalah kapasitas memori, periperal, dan fungsinya. Dalam hal arsitektur maupun instruksinya, hampir tidak ada perbedaan

sama sekali. Dalam hal ini ATmega16 dapat beroperasi pada kecepatan maksimal 16 MHz serta memiliki 6 pilihan *mode sleep* untuk menghemat penggunaan daya listrik. (Khayron, 2011)

ATmega16 memiliki fitur sebagai berikut :

1. Saluran I/O sebanyak 32 buah yaitu *Port A*, *Port B*, *Port C*, dan *Port D*.
2. ADC 10 bit sebanyak 8 saluran.
3. Tiga buah *Timer/Counter* dengan kemampuan perbandingan.
4. CPU yang terdiri atas 32 x 8 buah register.
5. *Watchdog Timer* dengan osilator internal.
6. SRAM sebesar 1K *Byte*.
7. Memori *Flash* sebesar 16 KB dengan kemampuan *Read While Write*.
8. Unit interupsi internal dan eksternal.
9. *Port* antarmuka SPI.
10. EEPROM sebesar 512 *byte* yang dapat diprogram saat operasi.
11. Antarmuka komparator analog.
12. *Port* USART untuk komunikasi serial.

Konfigurasi pin ATmega16 dilihat pada Gambar 2.1. Dari gambar tersebut maka dapat dijelaskan secara fungsional konfigurasi pin ATmega16 sebagai berikut :



Gambar 2.6 Pin ATmega16 (Susilo, 2010)

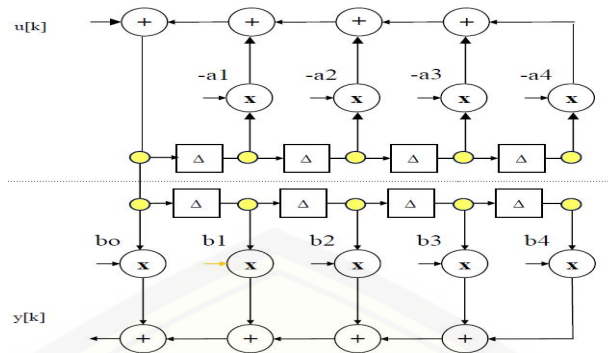
Dari Gambar (2.1) secara fungsional konfigurasi pin ATmega16 adalah sebagai berikut:

1. VCC merupakan pin yang berfungsi sebagai pin masukan catu daya;
2. GND merupakan pin *ground*;
3. *Port A* (PA0..PA7) merupakan pin I/O dua arah dan pin masukan ADC;
4. *Port B* (PB0..PB7) merupakan pin I/O dua arah dan pin fungsi khusus, yaitu *timer/counter*, komparator analog, dan SPI;
5. *Port C* (PC0..PC7) merupakan pin I/O dua arah dan pin fungsi khusus, yaitu TWI, komparator analog dan *Timer Oscillator*;
6. *Port D* (PD0..PD7) merupakan pin I/O dua arah dan pin fungsi khusus, yaitu komparator analog, interupsi *eksternal*, dan komunikasi serial;
7. RESET merupakan pin yang digunakan untuk *me-reset* mikrokontroler;
8. XTAL1 dan XTAL2 merupakan pin masukan *clock eksternal*;
9. AVCC merupakan pin masukan tegangan untuk ADC;
10. AREF merupakan pin masukan tegangan referensi ADC.

2.6 Filter Digital

2.6.1. Filter IIR (*Infinite Impuls Response*)

Filter IIR adalah salah satu tipe dari filter digital yang dipakai pada aplikasi *Digital Signal Processing* (DSP). IIR kepanjangan dari *Infinite Impulse Response*. IIR disebut respon impulsnya tak terbatas (*infinite*) karena adanya *feedback* didalam filter, jika anda memasukkan sebuah *impulse* (yaitu sebuah sinyal 1 diikuti dengan banyak sinyal 0), maka pada keluarannya akan terus menerus beresilasi karena adanya umpan balik, walaupun pada prakteknya akan hilang pada suatu saat. Keuntungan filter IIR antara lain adalah membutuhkan koefisien yang lebih sedikit untuk respon frekuensi yang curam sehingga dapat mengurangi jumlah waktu komputasi. (Tanudjaja, 2007)

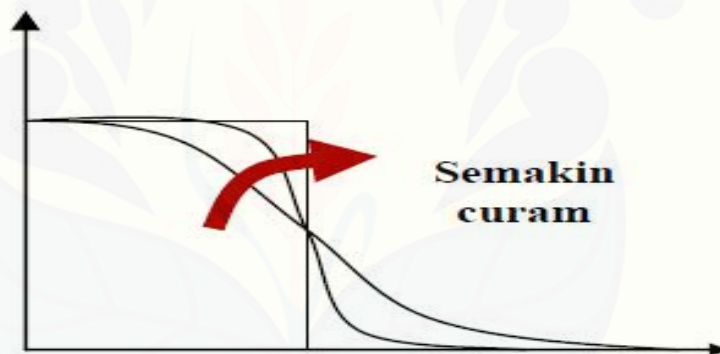


Gambar 2.7 Blok Filter IIR

2.6.1.1 Kelebihan IIR

Kelebihan dari pemrosesan sinyal dengan filter IIR sebagai berikut,

1. Pada filter IIR Orde rendah dapat menghasilkan respon frekuensi yang tajam / curam (hampir mendekati ideal). Contoh gambar *low pass filter IIR*



Gambar 2.8 Respon Frekuensi Filter IIR

2. Lebih simple perhitungannya

2.6.1.2 Kekurangan IIR

Kekurangan dari pemrosesan sinyal dengan filter IIR sebagai berikut,

1. Design lebih sulit
2. Kestabilan perlu diperiksa
3. Respon fasa tidak mudah dikontrol

2.6.2. Filter FIR (*Finite Impulse Response*)

Filter FIR mempunyai fungsi transfer yang hanya punya pembilang saja yaitu $H(z) = B(z)$. Hal ini menyebabkan tanggapan impulsnya berhingga sehingga disebut FIR (*Finite Impulse Response* = Tanggapan impuls berhingga). Kelebihan dari filter FIR adalah bahwa filter ini selalu stabil dan mempunyai geseran fase yang linear, namun kurang efisien dalam hal waktu dan memori (jika ditinjau dari pemakaian komputer). (<http://meandmyheart.files.wordpress.com/2009/02/>)

Persamaan umum filter FIR dapat dinyatakan sbb:

$$y(k) = \sum_{n=1}^L b(n) x(k - n) \quad (2.1)$$

Dengan $b(n)$ adalah fungsi koefisien (disebut juga fungsi bobot) dengan panjang L , $x(n)$ adalah input, dan $y(k)$ adalah output. Persamaan tersebut identik dengan persamaan konvolusi dengan tanggapan impuls $h(n)$ diganti dengan $b(n)$. Oleh karena tanggapan frekuensi sebuah proses yang mempunyai tanggapan impuls $h(n)$ adalah alihragam Fourier dari $h(n)$, maka tanggapan impuls FIR dengan koefisien $b(n)$ adalah alihragam Fourier dari $b(n)$ itu sendiri,

$$X(m) = \sum_{n=0}^{N-1} b(n) e^{-j2\pi mn/N} \quad (2.2)$$

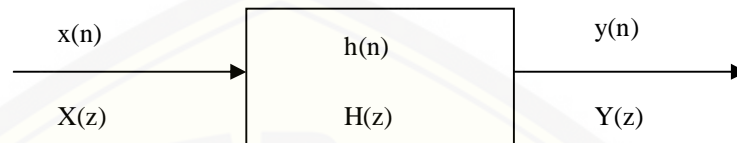
Operasi inversnya, yaitu bekerja dari tanggapan frekuensi yang dikehendaki dan kemudian mencari fungsi koefisien $b(n)$ disebut dengan perancangan filter. Karena tanggapan frekuensi adalah alihragam Fourier dari koefisien filter, maka fungsi koefisien dapat dicari dengan invers alih ragam Fouriernya. (<http://meandmyheart.files.wordpress.com/2009/02/>)

2.7 Transformasi Z

Transformasi Z dalam bidang *digital signal processing* (DSP) atau kontrol digital digunakan sebagai alat untuk memodelkan sistem secara diskrit (digital), sedangkan transformasi Laplace digunakan untuk memodelkan sistem analog (Tanudjaja, 2007). Definisi transformasi z untuk suatu sinyal dikrit $h(n)$ dinyatakan oleh persamaan

$$H(z) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} h(n)z^{-n} \quad (2.3)$$

Simbol transformasi $-z$ mengikuti simbol dari sinyal diskritnya. Simbol-simbol yang digunakan dalam DSP adalah sebagai berikut :



Gambar 2.9 Blok Diagram Sistem Diskrit. (Tanudjaja, 2007)

$$\text{Input : } x(n) \dots X(z) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} x(n)z^{-n} \quad (2.4)$$

$$\text{Proses : } h(n) \dots H(z) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} h(n)z^{-n} \quad (2.5)$$

$$\text{Output : } y(n) \dots Y(z) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} y(n)z^{-n}, \quad (2.6)$$

$$\text{Persamaan Keluaran : } Y(z) = X(z) \cdot H(z) \quad (2.7)$$

Secara geometris, bidang z merupakan suatu lingkaran. Akar-akarnya terletak pada lingkaran, sedangkan pada transformasi Laplace, bidang s merupakan bidang datar (Tanudjaja, 2007). Korelasi bidang- z dengan bilangan kompleks dapat dilihat pada persamaan :

$$j = r e^{j\omega} \quad (2.8)$$

Dimana : r = jari-jari, $r = \sqrt{x^2 + y^2}$ dimana untuk $r = 1$ dikenal *unit cycle*
Hubungan transformasi $-z$ dengan bidang frekuensi, dapat dinyatakan oleh persamaan :

$$H(z) = H(e^{j\omega}) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} h(n)e^{-j\omega n} \quad (2.9)$$