

BAB 2

LANDASAN TEORI

2.1 Gelombang Ultrasonik

Gelombang bunyi adalah gelombang longitudinal yang dapat merambat melalui gas, zat padat, maupun zat cair dengan kecepatan yang tergantung pada sifat elastis dan sifat inersia medium rambat. Manusia hanya dapat mendengar gelombang bunyi dengan frekuensi antara 20 Hz sampai dengan 20 KHz. Gelombang bunyi dengan frekuensi di bawah 20 Hz disebut gelombang infrasonik, misalnya gempa bumi. Gelombang bunyi yang melebihi frekuensi 20 KHz disebut gelombang ultrasonik (Esomar, Kinardi & Adjis, 1997).

Ultrasonik adalah ilmu yang mempelajari gelombang dengan frekuensi tinggi, biasanya melebihi 20 KHz (20.000 *cycle* per detik). Pembangkit ultrasonik modern dapat menghasilkan frekuensi sampai beberapa gigahertz (beberapa miliar *cycle* per detik) dengan mengkonversi arus listrik bolak-balik menjadi osilasi mekanis (Graham,1999). Para ilmuwan telah memproduksi suara ultrasonik sampai sekitar 10 GHz (10 miliar *cycle* per detik). Sampai saat ini belum diketahui batas atas dari frekuensi yang dihasilkan gelombang ultrasonik. Pengertian dari ultrasonik berbeda dengan supersonik yang sebelumnya berada dalam bidang yang sama. Pada saat ini supersonik diartikan sebagai ilmu yang mempelajari fenomena yang muncul saat kecepatan suatu benda melebihi kecepatan suara (Graham,1999).

Pada dasarnya gelombang ultrasonik digunakan karena sifat gelombang ini tidak berbeda dengan sifat gelombang mekanik pada umumnya, yaitu dapat

dipantulkan, dibiaskan, berinterferensi dan didifraksikan. Pantulan gelombang ultrasonik dapat menghasilkan gema dan datanya dapat ditampilkan dalam bentuk sinyal-sinyal pada layar osiloskop. Gelombang ultrasonik memiliki kegunaan yang beragam dalam bidang-bidang tertentu. Alat *fathometer* untuk mengukur kedalaman laut menggunakan gelombang ultrasonik dengan frekuensi sekitar 50 KHz. Gelombang ultrasonik yang digunakan dalam bidang kedokteran memiliki frekuensi antara 1 MHz sampai 10 MHz. Binatang seperti kelelawar mengeluarkan gelombang ultrasonik dengan frekuensi sekitar 100 KHz untuk mendeteksi semua benda melalui pantulan gelombang ultrasonik yang dipancarkannya. Dengan demikian kelelawar dapat menghindari rintangan dan dapat mengetahui posisi mangsanya.

Medium yang umumnya digunakan sebagai perambatan gelombang ultrasonik adalah udara dan air. Kecepatan dari rambatan gelombang ultrasonik pada medium lain dipengaruhi oleh karakteristik medium yang dilaluinya. Karakteristik tersebut antara lain kelembaban, tekanan dan suhu.

2.1.1 Sensor Ultrasonik Sebagai *Transducer*

Transducer adalah suatu benda yang memiliki kemampuan untuk memberikan respon dari besaran fisis ke besaran fisis lainnya. Sensor ultrasonik dapat dikatakan sebagai *transducer* karena dapat berfungsi sebagai pemancar ataupun sebagai penerima. Bila bekerja sebagai pemancar maka *transducer* ultrasonik berlaku sebagai aktuator yang akan memberi respon besaran listrik menjadi besaran suara dan bila bekerja sebagai penerima maka *transducer* ultrasonik berlaku sebagai sensor yang akan memberi respon besaran suara

menjadi besaran listrik. Sifat sebagai *transducer* dalam sensor ultrasonik dikarenakan karena sensor ultrasonik memiliki sifat piezoelektrik di dalamnya. Efek piezoelektrik pertama kali dipelajari oleh ilmuwan Pierre Curie pada tahun 1880. Penelitiannya menyimpulkan bahwa kristal seperti quartz dan Rochelle salt dapat membangkitkan sinyal elektrik saat diberi tekanan. Sebaliknya, getaran mekanis dapat dihasilkan dengan memberikan sinyal elektris kepadanya. Dengan sifat piezoelektrik, suatu sensor ultrasonik dapat memiliki sifat sebagai *transducer*.

2.1.2 Karakteristik Gelombang Ultrasonik

Gelombang ultrasonik termasuk dalam gelombang audio / bunyi yang memiliki karakteristik bahwa gelombang tersebut terdiri dari amplitudo dan frekuensi. Pada saat *transmitter* ultrasonik memancarkan gelombang ultrasonik, maka akan didapatkan satu nilai frekuensi tetap dengan nilai amplitudo / tegangan yang berbeda-beda. Tegangan yang berbeda-beda ini tergantung dari jarak antara *transmitter* dengan *receiver* dari sensor ultrasonik. Semakin jauh jarak antara *transmitter* dengan *receiver* maka semakin kecil nilai tegangan yang dapat ditangkap. Walaupun tegangan yang diterima *receiver* kecil akan tetapi frekuensi yang diterima oleh *receiver* tetap tidak berubah. Jadi nilai frekuensi tidak berpengaruh terhadap perubahan dari nilai tegangan.

2.2 Mikrokontroler AT89C52

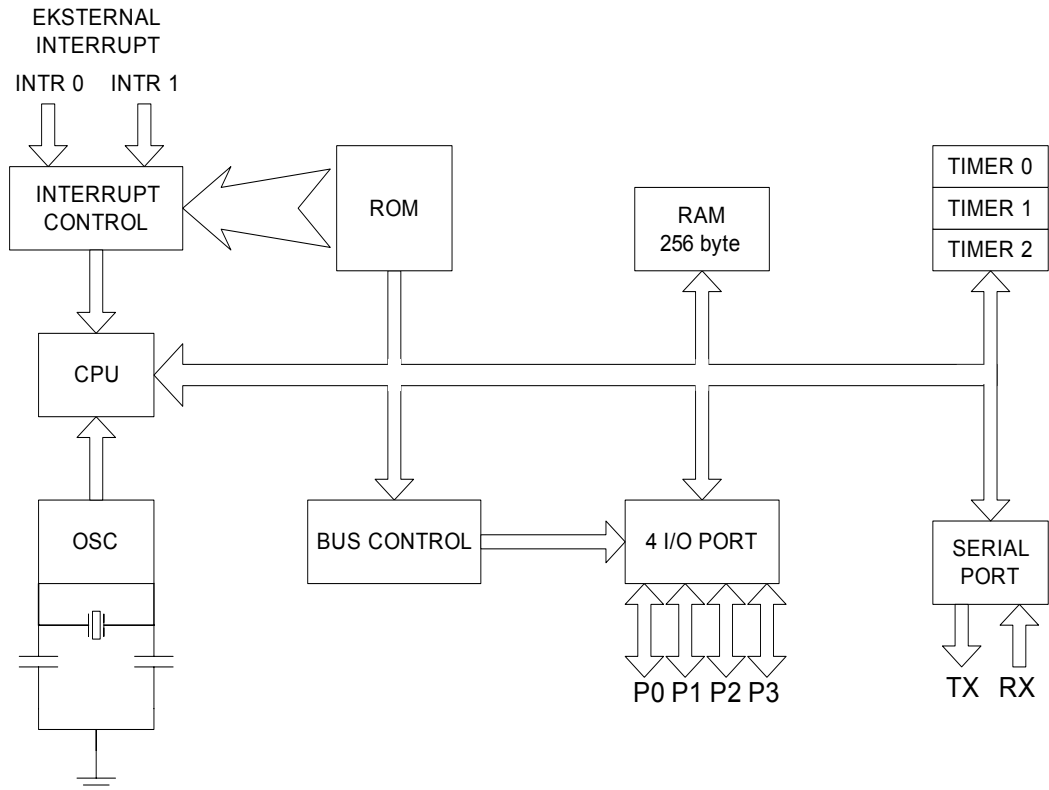
Mikrokontroler AT89C52 adalah mikrokomputer CMOS (*Complementary Metal Oxide Semiconductor*) 8 bit yang memiliki daya kerja rendah dan

unjuk kerja yang tinggi. AT89C52 memiliki 8k *bytes flash* yang dapat diprogram dan memiliki ROM (*Read Only Memory*) yang dapat dihapus. 8k *bytes flash* tersebut dinamakan EPROM (*Erasable and Programmable ROM*). AT89C52 ini diproduksi dengan menggunakan teknologi memori *nonvolatile* dari ATMEL dan kompatibel dengan standar industri 80C51 dan 80C52 dalam hal set instruksi dan pin keluaran.

On chip flash memperbolehkan memori program untuk diprogram kembali dalam sistem atau dengan menggunakan *programmer* memori *nonvolatile* konvensional. Dengan menggabungkan CPU 8 *bit* dan *flash* dalam sebuah *chip* monolitik, AT89C52 menjadi sebuah mikrokomputer yang menyediakan solusi fleksibel dan hemat biaya untuk aplikasi-aplikasi kontrol.

2.2.1 Arsitektur mikrokontroler AT89C52

Mikrokontroler AT89C52 menyediakan penggunaan-penggunaan standar seperti *flash* 8k *bytes*, RAM 256 *bytes*, 32 jalur *input* dan *output*, 3 buah *timer/counter* 16 *bit*, 6 vektor 2 *level* arsitektur *interrupt*, *port* serial *full duplex*, *on chip* osilator, dan rangkaian *clock*. Sebagai tambahan, mikrokontroler AT89C52 yang memiliki blok diagram pada gambar 2.1 dirancang dengan logika statis untuk operasi dengan frekuensi menurun sampai nol dan mendukung 2 *mode* piranti lunak hemat daya yang dapat dipilih. *Mode idle* menghentikan CPU namun selama itu juga memperbolehkan RAM, *timer/counter*, *port* serial dan sistem *interrupt* untuk tetap berfungsi. *Mode power down* menyimpan isi dari RAM tetapi menghentikan osilator dan menonaktifkan fungsi *chip* lainnya sampai *reset* selanjutnya pada perangkat keras.



Gambar 2.1 Diagram blok mikrokontroler AT89C52

ATMEL merupakan salah satu mikrokontroler yang berbasis arsitektur INTEL. Perkembangan mikrokontroler berawal dari :

1. 805 dengan PROM (*Programable ROM*).
2. 8031 dengan 64k ROM dan 64k RAM.
3. 8751 dengan EPROM (*Eraseable Programable ROM*).
4. 8951 dengan FEPROM (*Flash Eraseable Programable ROM*), 128 bytes RAM dan 4K ROM.
5. 8952 dengan 256 bytes RAM dan 8k ROM.
6. 892051 merupakan mikrokontroler berbentuk kecil terdiri atas 20 pin.

Mikrokontroler AT89C52 dapat diprogram berulang-ulang sampai dengan 1000 kali pemrograman. Mikrokontroler ini dapat ditambahkan dengan

beberapa komponen *external* seperti *Xtal*, kapasitor dan tombol *reset*. Mikrokontroler sering juga disebut dengan sistem minimum karena suatu mikrokontroler dapat melakukan pengendalian terhadap sistem lainnya bila dilengkapi suatu program yang telah dimasukkan ke dalam *chip* mikrokontroler.

2.2.2 Konfigurasi Pin AT89C52

Pada AT89C52 terdapat 40 pin yang memiliki fungsi berbeda-beda. Selain itu terdapat 4 buah *port* yang dapat digunakan sebagai *input* dan *output*. Gambar 2.2 menunjukkan konfigurasi pin dari AT89C52.

(T2) P1.0	1	40	VCC
(T2 EX) P1.1	2	39	P0.0 (AD0)
P1.2	3	38	P0.1 (AD1)
P1.3	4	37	P0.2 (AD2)
P1.4	5	36	P0.3 (AD3)
P1.5	6	35	P0.4 (AD4)
P1.6	7	34	P0.5 (AD5)
P1.7	8	33	P0.6 (AD6)
RST	9	32	P0.7 (AD7)
(RXD) P3.0	10	31	EAVPP
(TXD) P3.1	11	30	ALE/PROG
(INT0) P3.2	12	29	PSEN
(INT1) P3.3	13	28	P2.7 (A15)
(T0) P3.4	14	27	P2.6 (A14)
(T1) P3.5	15	26	P2.5 (A13)
(WR) P3.6	16	25	P2.4 (A12)
(RD) P3.7	17	24	P2.3 (A11)
XTAL2	18	23	P2.2 (A10)
XTAL1	19	22	P2.1 (A9)
GND	20	21	P2.0 (A8)

Gambar 2.2 Konfigurasi pin mikrokontroler AT89C52

Berikut ini dijelaskan fungsi dan kegunaan dari setiap pin pada AT89C52 :

1. Vcc

Pin untuk *supply*.

2. GND

Ground.

3. P0 (*Port 0*)
8 bit open drain bidirectional I/O port yang artinya *port* ini dapat digunakan sebagai *input* dan juga sebagai *output* (sebagai *address* dan *data*). P0 dapat juga digunakan sebagai impedansi tinggi. Pin P0 ini mempunyai *pull-up internal*.
4. P1 (*Port 1*)
8 bit bidirectional I/O port dengan *pull-up*, bila P1 digunakan sebagai *output*, maka P1 dapat menerima *sinking current* dari empat gerbang *TTL* (*Transistor Transistor Logic*) *input*.
5. P2 (*Port 2*)
8 bit bidirectional I/O port dengan *internal pull-up*. *Output* dari *port 2* dapat *men-drive* empat gerbang *TTL*.
6. P3 (*Port 3*)
8 bit bidirectional I/O port dengan *pull-up internal*. Sama dengan *port* yang lainnya *port* ini mampu *men-drive* empat gerbang *TTL*. *Port 3* juga dapat digunakan untuk mengontrol tombol *reset*, *interrupt* dan fungsi lainnya yang dapat dilihat pada tabel 2.1.
7. ALE/PROG
Address Latch Enable adalah suatu *output* berbentuk pulsa yang mengontrol *address* pada waktu mengakses memori eksternal. Pin ini juga merupakan *input* yang digunakan pada saat pemrograman.
8. RST (*Reset*)
Pin *reset* ini akan aktif pada saat diberikan logika *high*.

Tabel 2.1 Fungsi alternatif dari *port 3*

Port Pin	Fungsi Alternatif
P3.0	RXD (input serial port)
P3.1	TXD (output serial port)
P3.2	$\overline{\text{INT0}}$ (interrupt eksternal 0)
P3.3	$\overline{\text{INT1}}$ (interrupt eksternal 1)
P3.4	T0 (timer 0 eksternal input)
P3.5	T1 (timer 1 eksternal input)
P3.6	$\overline{\text{WR}}$ (eksternal data memory write strobe)
P3.7	$\overline{\text{RD}}$ (eksternal data memory read strobe)

9. PSEN

Program Store Enable akan aktif ketika mikrokontroler menggunakan program dari eksternal ROM. PSEN akan diaktifkan sebanyak dua kali setiap *machine cycle*. Bila mikrokontroler menggunakan data eksternal RAM maka untuk sementara PSEN akan di non-aktifkan.

10. EA (*External Access Enable*) / VPP

Jika ingin mengambil *address* dari luar (ROM) maka pin EA harus diberikan logika 0 sehingga mikrokontroler akan mengambil *code* eksternal. Sedangkan jika ingin menjalankan program internal maka diberikan logika 1 untuk men-*set* pin EA ke Vcc.

11. XTAL-1 & XTAL-2

XTAL-1 merupakan *input* yang menuju *oscillator amplifier* sedangkan XTAL-2 merupakan *output* dari *oscillator amplifier*.

2.2.3 Organisasi Memori pada AT89C52

Mikrokontroler AT89C52 dapat mengimplementasikan 256 *bytes* dari *on chip* RAM. Adapun 128 *bytes* bagian atas akan mengerjakan ruang alamat paralel ke SFR (*Special Function Register*). Hal ini berarti 128 *bytes* bagian atas memiliki alamat yang sama dengan ruang SFR tetapi jika dilihat dari segi fisiknya terpisah dari ruang SFR. Untuk bagian SFR dibahas pada bab 2.2.3.2.

Jika sebuah instruksi mengakses lokasi internal diatas alamat 7Fh, *mode* alamat yang digunakan dalam instruksi menunjukkan apakah CPU mengakses 128 *bytes* bagian atas dari RAM atau ruang SFR. Ruang SFR diakses dengan instruksi yang menggunakan mode pengalamatan *direct addressing*.

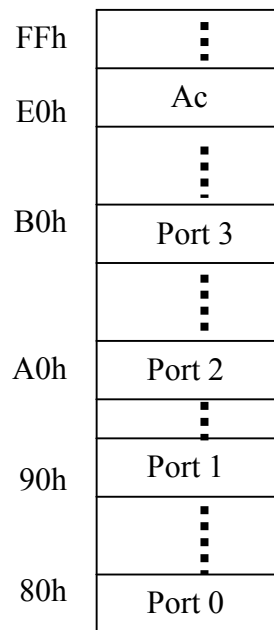
2.2.3.1 Internal RAM

Internal RAM pada mikrokontroler AT89C52 ini terdiri dari 3 bagian yaitu SFR, 128 *bytes* bagian atas dan 128 *bytes* bagian bawah. SFR dan 128 *bytes* bagian atas menempati ruang dengan alamat yang sama namun secara fisik berbeda. SFR dapat diakses dengan menggunakan pengalamatan *direct addressing* sedangkan 128 *bytes* bagian atas dapat diakses dengan menggunakan pengalamatan *indirect addressing*. Selain itu juga terdapat 128 *bytes* bagian bawah yang dapat diakses dengan menggunakan salah satu dari kedua cara pengalamatan tersebut.

2.2.3.2 *Special Function Register* (SFR)

SFR merupakan bagian yang terdapat di dalam internal RAM yang menempati alamat pada ruang yang sama dengan 128 *bytes* bagian atas walaupun

secara fisik keduanya adalah merupakan bagian yang terpisah. Hal yang membedakan jika ada instruksi yang mengakses lokasi dimana SFR berada adalah penggunaan mode pengalamatan pada instruksi tersebut. Pada alamat 128 bytes bagian atas mode pengalamatan yang digunakan adalah pengalamatan secara tidak langsung (*indirect addressing*). Sedangkan untuk SFR, mode pengalamatan yang digunakan adalah pengalamatan secara langsung (*direct addressing*). Gambar 2.3 memperlihatkan blok memori dalam ruang SFR.



Gambar 2.3 Blok memori dalam SFR

2.3 ADC0809

ADC0809 merupakan *Analog to Digital Converter 8 bit*, yang mempunyai 8 *channel multiplexer* dan kompatibel dengan *control logic* dari mikroprosesor (Lampiran L5 1/14 data sheet ADC0809). *Converter ADC0809 8 bit* ini menggunakan teknik konversi *Successive Approximation*. *Converter* ini memiliki fitur-fitur sebagai berikut:

- Komparator yang distabilkan dengan impedansi tinggi.
- 256R *Voltage Divider* dengan analog *switch tree* dan SAR (*Successive Approximation Register*).
- 8 *channel multiplexer* yang secara langsung mengakses setiap sinyal analog dari 8-*single-ended* sinyal analog pada *input*.
- ADC0809 ini menghapus kebutuhan dari *external zero* dan pengaturan *full scale*.

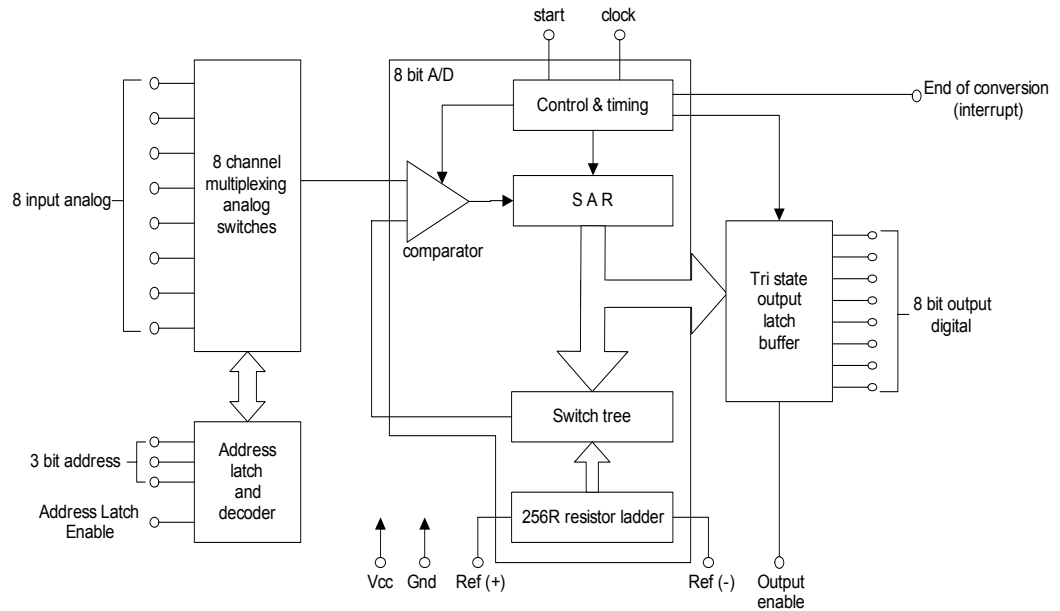
Rancangan dari ADC0809 ini telah dioptimasi dengan menggabungkan seluruh aspek yang banyak diinginkan dari beberapa teknik konversi sinyal analog ke sinyal digital. ADC0809 memiliki kecepatan tinggi dalam hal konversi data, tidak terlalu tergantung pada masalah temperatur, akurasi yang bagus untuk jangka waktu lama dan hanya memerlukan sedikit tegangan *supply*.

ADC0809 mempunyai kemampuan dalam memilih *input* yang ingin di konversi ke sinyal digital. *Input-input* yang masuk ke ADC0809 ini pada suatu saat tidak di konversi semuanya. ADC0809 ini menerima 3 *bit* selektor dari mikrokontroler dan 3 *bit* selektor ini menentukan pilihan *input* analog yang akan dikonversi. Ketika ADC0809 ini menerima 3 *bit* selektor, maka ADC0809 ini langsung mengkonversi sinyal analog yang ada pada pin *input* yang ditunjuk oleh 3 *bit* selektor tadi. Gambar 2.4 menunjukkan diagram blok dari ADC0809.

2.3.1 Konfigurasi pin ADC0809

ADC0809 mempunyai konfigurasi pin yang diperlihatkan pada gambar 2.5. ADC0809 tidak mendukung *clock* internal sehingga *clock* diambil dari

rangkaian eksternal. Sinyal *clock* ini dihasilkan oleh timer NE555. Tabel 2.2 memperlihatkan penjelasan dari masing-masing pin pada ADC0809.



Gambar 2.4 Diagram blok ADC0809

IN3	1	28	IN2
IN4	2	27	IN1
IN5	3	26	IN0
IN6	4	25	ADD A
IN7	5	24	ADD B
START	6	23	ADD C
EOC	7	22	ALE
2^{-5}	8	21	2^{-1} MSB
OUTPUT ENABLE	9	20	2-2
CLOCK	10	19	2-3
VCC	11	18	2-4
Vref (+)	12	17	2-8 LSB
GND	13	16	Vref (-)
2^{-7}	14	15	2-6

Gambar 2.5 Konfigurasi pin ADC0809

Tabel 2.2 Fungsi pin ADC0809

Nama Pin	Fungsi
IN0 ... IN7	Pin ini sebagai <i>input</i> sinyal analog yang hendak di konversi ke sinyal digital.
ADD A, ADD B, ADD C	Pin ini sebagai 3 <i>bit</i> pemilih <i>channel</i> input. Penggunaannya dijelaskan pada tabel 2.2.
START	Pin ini jika diberi logika <i>high</i> maka proses konversi dari sinyal analog ke sinyal digital akan dimulai.
EOC (<i>End Of Conversion</i>)	Jika proses konversi sudah selesai maka pin EOC ini akan memberi <i>interrupt</i> ke mikrokontroler.
OE (<i>Output Enable</i>)	Pin ini berisi status kondisi dari sinyal digital pada <i>output channel</i> .
CLOCK	<i>Clock</i> untuk ADC0809 ini berasal dari rangkaian <i>timer</i> eksternal menggunakan timer NE555 dengan frekuensi 500 kHz.
VCC	Pin untuk menerima tegangan <i>supply</i> sebesar 5 volt DC dari sumber tegangan.
Vref (+) dan Vref (-)	Pin <i>input</i> tegangan referensi untuk 256 R <i>Resistor Ladder</i> .
GND (<i>Ground</i>)	<i>Ground</i>
ALE (<i>Address Latch Enable</i>)	Pin ini jika diberi logika <i>high</i> maka akan mengunci <i>bit address</i> dari 3 <i>bit selector</i> .
2^{-1} (MSB) 2^{-8} (LSB)	8 pin ini merupakan <i>channel output</i> yang sudah berupa sinyal digital.

2.3.2 Multiplexer

Pada ADC0809 terdapat 8 *channel input* analog *multiplexer* yang dapat dipilih dengan menggunakan 3 *bit address decoder*. *Address decoder* ini memilih *input channel* yang akan di konversi ke sinyal digital. Pada tabel 2.3 diperlihatkan keadaan *input* dari *address decoder* untuk memilih *channel input*.

2.3.3 Karakteristik konverter

Inti dari sistem pengolahan data konverter pada ADC0809 ini sudah di rancang untuk memberikan hasil konversi yang cepat, akurat dan proses konversi

yang berulang-ulang pada cakupan nilai temperatur yang luas. Konverter dibagi menjadi 3 bagian besar yaitu *256R ladder network*, *successive approximation register* dan komparator.

Tabel 2.3 Keadaan *input* dari *bit selector channel*

Selected Analog Channel	Address Line		
	C	B	A
IN0	L	L	L
IN1	L	L	H
IN2	L	H	L
IN3	L	H	H
IN4	H	L	L
IN5	H	L	H
IN6	H	H	L
IN7	H	H	H

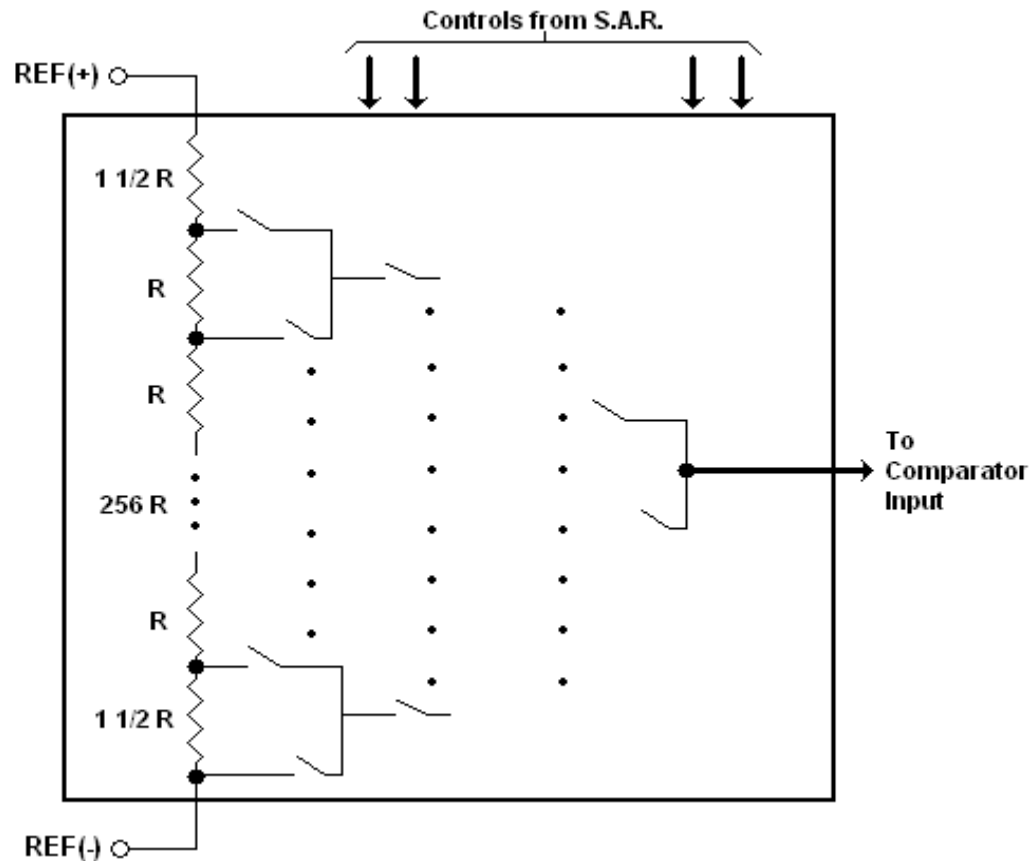
2.3.3.1 Jaringan 256R Ladder

Rangkaian resistor-resistor yang berada pada gambar 2.6 tidak sama nilai hambatannya. Perbedaan nilai hambatan ini yang menyebabkan karakteristik dari *output* ADC0809 menjadi simetris dengan titik *zero* dan *full-scale* dari kurva transfer. Proses perubahan *output* pertama terjadi ketika sinyal analog telah mencapai $+\frac{1}{2}$ LSB dan perubahan sinyal *output* yang baik terjadi setiap 1 LSB.

2.3.3.2 Successive Approximation Register (SAR)

SAR ini di-reset ketika terjadi perubahan kondisi logika dari *low* menjadi *high* pada pulsa mulai konversi. Konversi dimulai pada saat terjadi perubahan logika dari *high* menjadi *low* pada pulsa mulai konversi. Proses konversi akan di-

interrupt begitu pulsa mulai konversi yang baru diterima. Proses konversi yang terus menerus bisa dilakukan dengan cara menghubungkan *output* dari pin EOC menjadi *input* bagi pin START. Pulsa EOC akan menjadi *low* antara 0 dan 8 pulsa *clock* setelah pulsa START konversi berubah dari kondisi logika *low* menjadi logika *high*.



Gambar 2.6 Resistor ladder dan switch tree

2.3.3.3 Komparator

Bagian ini mempunyai peranan yang sangat penting karena bagian ini yang bertanggung jawab atas akurasi akhir dari seluruh konverter. Komparator ini mengubah sinyal *input* DC menjadi sinyal AC. Sinyal ini kemudian

memenuhi melalui *amplifier* AC dengan penguatan yang tinggi dan mempunyai simpanan tingkat dari sinyal DC. Dengan cara ini arus komponen dari *amplifier* akan dibatasi sejak arus itu merupakan komponen DC yang tidak akan dilewati oleh *amplifier* AC. Ini akan menyebabkan konverter sinyal analog menjadi sinyal digital tidak terlalu terpengaruh pada temperatur, penggunaan arus yang lama dan *error offset input*.

2.4 *Tone Decoder*

Fungsi dari *Tone Decoder* LM567 adalah untuk mendeteksi sinyal pemancar gelombang ultrasonik sebesar 40 KHz untuk menyatakan kepastian akan sinyal yang diterima adalah sama dengan sinyal yang dikirimkan dari pemancar. *Tone Decoder* LM567 pada gambar 2.7 mampu mendeteksi sinyal dengan frekuensi tertentu. Karakteristik dari LM567 adalah keluaran akan menjadi logika 0 apabila pada masukan terdapat sinyal dengan frekuensi yang diinginkan. Keluaran akan menjadi logika 1 apabila tidak ada sinyal yang dideteksi atau frekuensi sinyal yang terdeteksi tidak sesuai dengan yang diinginkan.

Rangkaian *resistor* dan kapasitor eksternal dari *tone decoder* ini sangat menentukan nilai frekuensi osilator *internal*. Frekuensi osilator ini akan dibandingkan dengan frekuensi sinyal masukan yang diberikan. Jika nilai dari frekuensi tersebut sama besar nilainya maka keluaran dari *tone decoder* ini akan menjadi logika 0, dan bila frekuensinya tidak sama maka keluaran akan menjadi logika 1. Sebagai referensi, untuk mendapatkan hasil yang optimal maka perlu diperhatikan agar nilai hambatan dari R1 memiliki nilai diantara 2 K Ω sampai

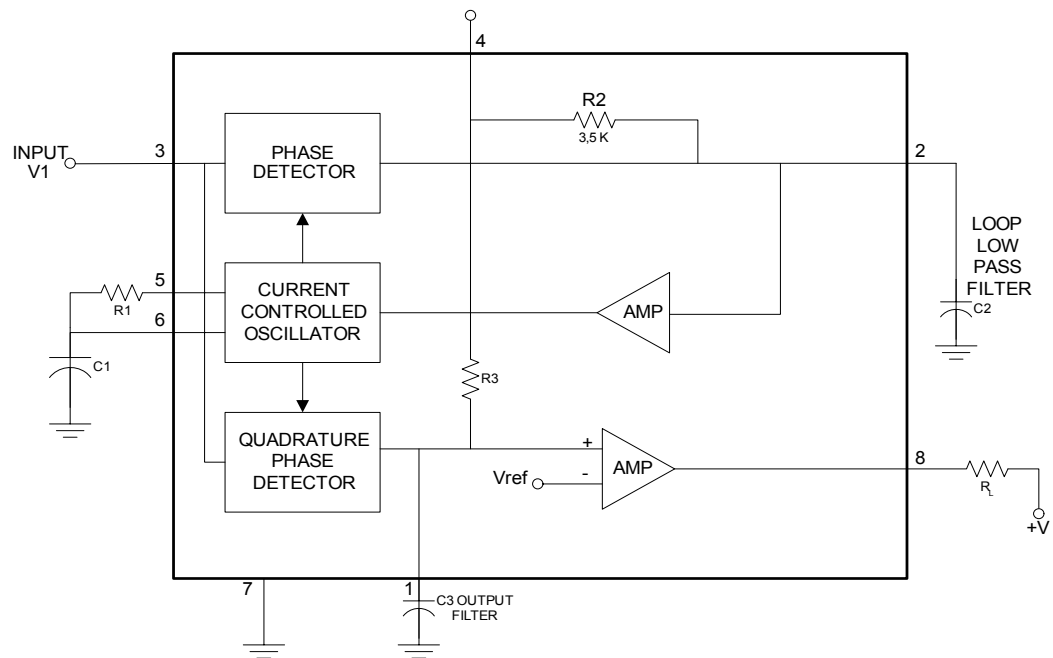
dengan 20 K Ω . Untuk mencari nilai dari frekuensi osilasi (f_o) dapat dicari dengan menggunakan persamaan (2-1).

$$f_o = \frac{1}{1,1(R1.C1)} \quad (2-1)$$

Nilai dari f_o adalah dalam satuan Hertz. Nilai *bandwidth* pada *tone decoder* dapat dihitung dengan persamaan (2-2) sebagai berikut :

$$BW = 1070 \sqrt{\frac{V_i}{f_o \cdot C2}} \text{ dalam \% terhadap nilai } f_o \quad (2-2)$$

Nilai dari *bandwidth* adalah dalam persen dimana nilai *bandwidth* tersebut adalah beberapa persen dari nilai f_o itu sendiri. Nilai dari C2 adalah nilai dari kapasitor yang berada pada pin 2 dan nilai dari V_i (tegangan *input*) lebih besar dari 200 mV.



Gambar 2.7 Diagram blok *tone decoder* LM567

2.5 Motor Stepper

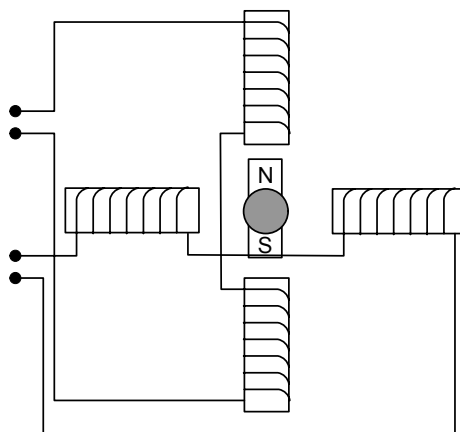
Motor stepper merupakan alat yang dapat merubah pulsa-pulsa elektrik menjadi pergerakan mekanik. Motor stepper dapat berputar secara diskrit menurut derajat perubahan tertentu. Setiap resolusi dari batang motor stepper (*shaft*) merupakan akibat dari serangkaian sinyal diskrit elektris. Setiap pulsa elektris akan menghasilkan satu langkah putaran pada *shaft* motor tersebut. Motor stepper dapat berotasi searah jarum jam (*clock wise*) atau berlawanan dengan arah jarum jam (*counter clockwise*) tergantung dari sinyal yang diberikan.

Motor stepper digunakan untuk mengontrol dan menentukan posisi yang akurat dari suatu aplikasi tanpa membutuhkan sistem umpan balik yang rumit (lebih mengarah ke sistem lup terbuka). Oleh karena itu motor stepper sangat lazim digunakan dalam aplikasi robotika, otomatisasi, *animatronics* dan *positioning control*. Pada umumnya, motor stepper tidak membutuhkan umpan balik, karena langkahnya cukup tepat selama diprogram dengan baik. Namun untuk mendapatkan pengontrolan yang lebih presisi maka dibutuhkan umpan balik.

Motor stepper dan motor DC memiliki perbedaan mendasar dalam putarannya. Bila motor DC dapat berputar secara bebas maka motor stepper berputar secara langkah dalam waktu tertentu. Perbedaan lainnya ialah motor DC menghasilkan torsi yang kecil pada kecepatan rendah sementara motor stepper menghasilkan torsi yang besar pada kecepatan rendah. Perbedaan yang terakhir ialah motor stepper memiliki karakteristik *holding torque* (torsi menahan) yang tidak dimiliki oleh motor DC. Kegunaan dari *holding torque* adalah motor

stepper dapat mempertahankan posisinya secara kuat pada saat berhenti. Dengan karakteristik seperti ini, motor stepper dapat bekerja dalam keadaan berputar dan berhenti secara berulang-ulang.

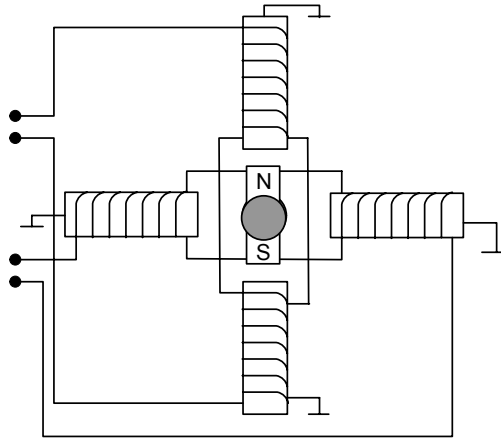
Pada umumnya, motor stepper dibagi menjadi dua tipe yaitu *permanent magnet* dan *variable reluctance*. *Permanent magnet* dibagi lagi menjadi tipe 2 kutub dan 1 kutub. Motor 2 kutub terdiri dari sebuah magnet permanen. Motor stepper 2 kutub memiliki cara kerja yang berbeda dengan motor stepper 1 kutub. Pada motor stepper 2 kutub terdapat dua kanal, dimana setiap kanalnya terdapat dua lilitan kawat yang menjadi satu didalam motor ini. Pada saat salah satu kanal diberikan tegangan positif dan negatif di kedua kutubnya, maka arus akan mengalir dan menimbulkan efek magnetisasi. Efek tersebut akan membuat motor bergerak 1 *full step* gerakan kekiri atau kekanan yang ditentukan dari polaritas tegangan yang diberikan. Gambar 2.8 menunjukkan gambar magnet permanen dari motor stepper 2 kutub.



Gambar 2.8 Motor stepper 2 kutub

Dalam hal lain motor 1 kutub juga memiliki susunan kanal yang sama dengan motor 2 kutub. Perbedaannya terletak dari rangkaian kawat yang

menyusun magnet permanen dalam motor stepper 1 kutub. Motor stepper 1 kutub dapat aktif bila diberikan input yang jenisnya sama pada setiap kutubnya. Gambar dari motor stepper 1 kutub ditunjukkan pada gambar 2.9 berikut ini.



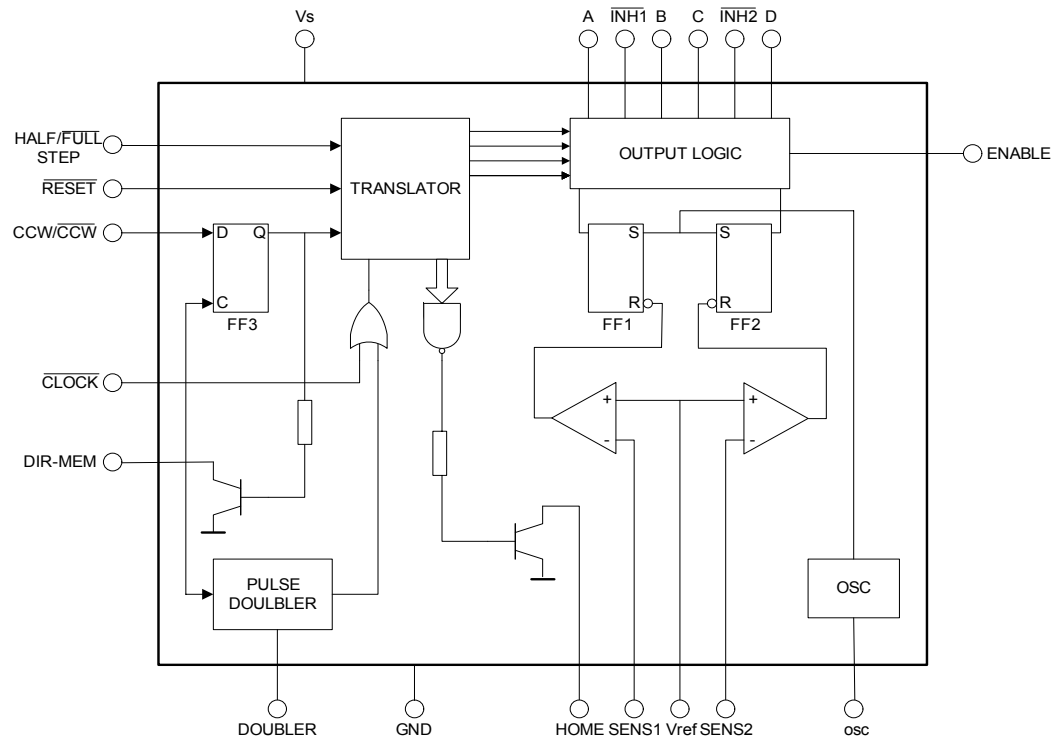
Gambar 2.9 Motor stepper 1 kutub

2.5.1 Pengontrol untuk Motor stepper (L297)

Pengontrol motor stepper pada gambar 2.10 digunakan bersama dengan motor driver L298. Pengontrol motor stepper ini menerima sinyal kontrol dari mikrokontroler. Kombinasi dari penggunaan pengontrol motor stepper dengan drivernya memiliki beberapa keuntungan, diantaranya: sangat sedikit sekali menggunakan komponen elektronik yang secara tidak langsung menekan juga biaya yang harus dikeluarkan, daya tahan yang tinggi serta sedikit membutuhkan tempat untuk komponennya dan pengembangan untuk *software*-nya sederhana.

Dengan menggunakan pengontrol motor *stepper* ini hanya membutuhkan sinyal *clock*, arah pergerakan motor *stepper* CW (searah jarum jam) atau CCW (berlawanan arah jarum jam) dan mode *input* untuk sinyal *HALF* atau *FULL*

step. Gambar 2.11 menunjukkan gambar pin dari IC L297 dan tabel 2.4 memberikan penjelasan dari masing-masing pin tersebut.

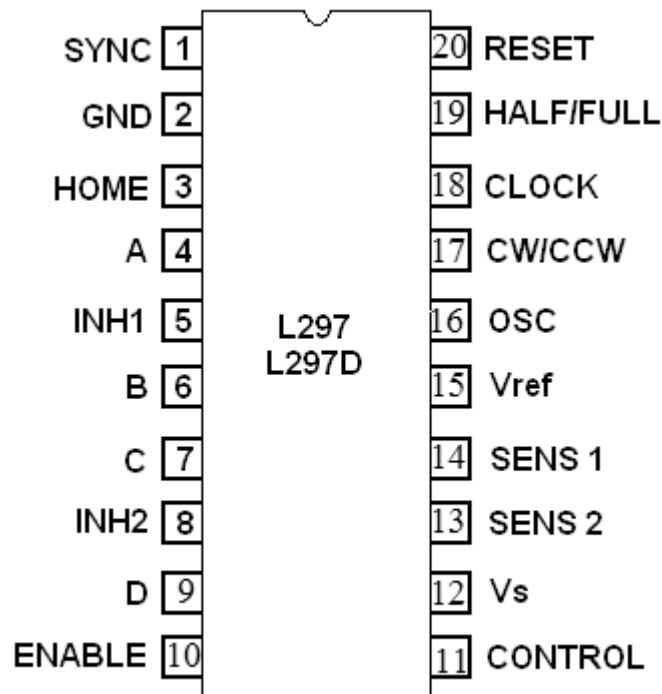


Gambar 2.10 Diagram blok L297

2.5.2 Motor Stepper Driver (L298)

Driver motor *stepper* ini bertegangan tinggi, dan didesain untuk dapat menerima *logic* level TTL standar dan dapat mengendalikan *output* yang bersifat induktif contohnya: relay, solenoida, motor DC dan motor *stepper*. Driver motor mempunyai dua *input enable* yang mendukung untuk mengaktifkan atau menonaktifkan sinyal input secara bebas. Emiter dari transistor yang dibawah pada gambar 2.12 untuk setiap *bridgenya* dihubungkan secara bersama-sama.

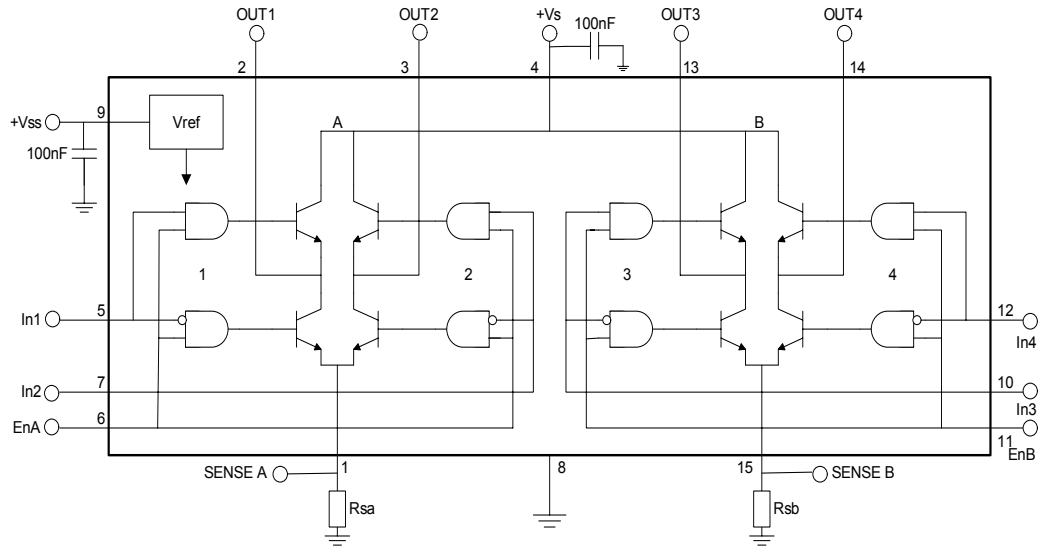
Biasanya sebuah kapasitor 100 nF diletakkan diantara kedua pin Vs dan Vss yang dihubungkan ke *ground*, sedekat mungkin diletakkan ke pin GND. Ketika kapasitor yang berkapasitas lebih besar letaknya jauh dari IC motor *driver* L298, kapasitor yang berkapasitas lebih kecil harus diletakkan lebih dekat ke IC L298. Resistor *sense* harus dihubungkan ke *ground* dekat dengan tegangan negatif dari Vs dan juga harus dekat ke pin GND dari IC L298. Motor driver L298 ini mempunyai konfigurasi pin-pinnya seperti pada gambar 2.13. Bentuk fisiknya sedikit berbeda dengan bentuk IC seperti biasanya. IC L298 ini mempunyai pendingin luar yang melekat langsung pada IC tersebut. Tabel 2.5 memberikan penjelasan dari masing-masing pin yang terdapat pada L298.



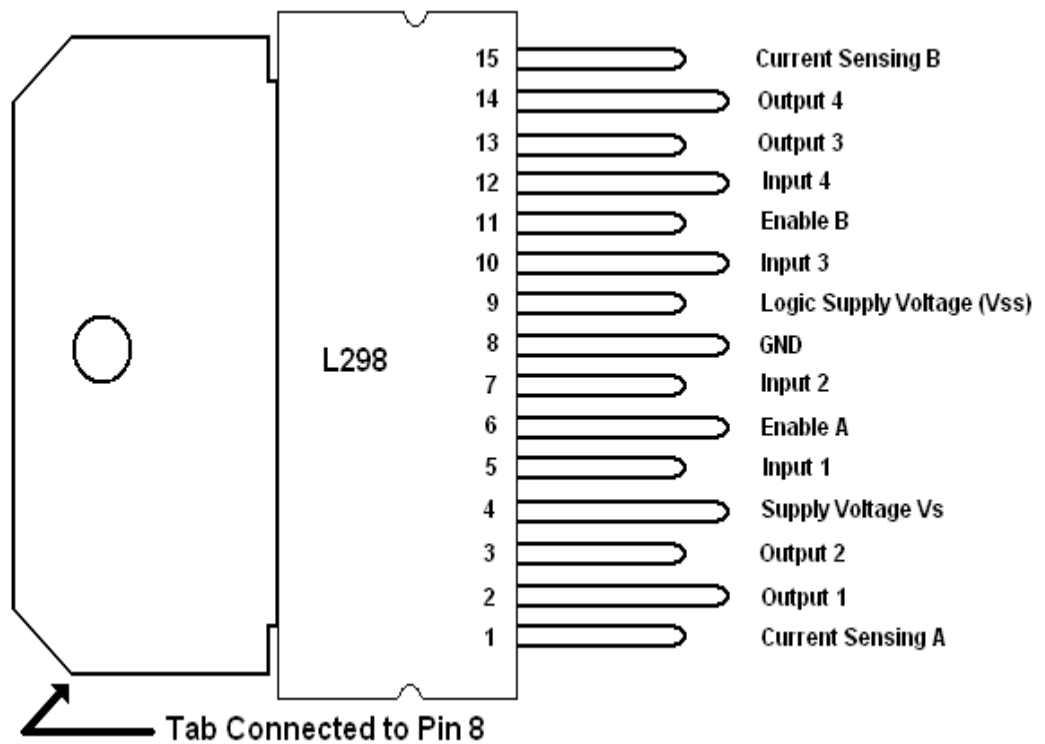
Gambar 2.11 Konfigurasi pin L297

Tabel 2.4 Fungsi pin L297

Nama pin	Fungsi
SYNC	<i>Output</i> dari osilator <i>internal</i> di dalam L297. Jika digunakan lebih dari satu IC L297 maka pin SYNC akan dihubungkan dengan pin SYNC pada IC L297 yang lain.
GND	<i>Ground</i>
HOME	Pin ini akan mengeluarkan logika <i>high</i> jika motor <i>stepper</i> sudah kembali ke posisi awalnya.
A	Sinyal <i>drive</i> fase motor A
INH1	Kontrol <i>inhibit</i> bersifat aktif <i>low</i> untuk fase motor A dan B
B	Sinyal <i>drive</i> fase motor B
C	Sinyal <i>drive</i> fase motor C
INH2	Kontrol <i>inhibit</i> bersifat aktif <i>low</i> untuk fase motor C dan D
D	Sinyal <i>drive</i> fase motor D
ENABLE	Jika pin ini mendapat logika <i>low</i> maka INH1, INH2, A, B, C dan D juga akan <i>low</i> .
CONTROL	<i>Input</i> kontrol yang menentukan aksi dari pemotong.
Vs	Tegangan <i>supply</i> sebesar 5 Volt
SENS ₂	<i>Input</i> untuk <i>me-load</i> tegangan saat ini dari fase motor C dan D
SENS ₁	<i>Input</i> untuk <i>me-load</i> tegangan saat ini dari fase motor A dan B
Vref	Tegangan referensi untuk rangkaian pemotong.
OSC	Rangkaian RC dengan menghubungkan hambatan ke Vcc dan kapasitor ke <i>ground</i> terhubung pada pin ini untuk menentukan nilai dari pemotong.
CW/CCW	<i>Input</i> kontrol arah pergerakan motor <i>stepper</i> . Jika <i>high</i> maka searah jarum jam dan bila <i>low</i> maka akan berlawanan arah jarum jam.
CLOCK	<i>Clock</i> untuk setiap pergerakan dari motor <i>stepper</i> . <i>Step</i> terjadi ketika pulsa berubah dari <i>low</i> menjadi <i>high</i> .
HALF/ $\overline{\text{FULL}}$	Jika logika <i>high</i> maka akan dipilih mode <i>half step</i> , dan bila logika <i>low</i> maka akan dipilih mode <i>full step</i> .
$\overline{\text{RESET}}$	<i>Input</i> untuk <i>reset</i> . Pulsa aktif <i>low</i> ini menyimpan translator untuk kembali ke posisi <i>HOME</i> .



Gambar 2.12 Diagram blok L298



Gambar 2.13 Konfigurasi pin L298

Tabel 2.5 Fungsi pin L298

Nama pin	Fungsi
<i>Sense A dan Sense B</i>	Diantara pin ini dengan <i>ground</i> terhubung <i>resistor sense</i> yang berfungsi untuk mengontrol <i>load</i> arus.
<i>Out 1 dan Out 2</i>	<i>Output</i> ke <i>bridge A</i> dari motor <i>stepper</i> . Arus yang lewat pada diantara dua pin ini di monitor lewat pin <i>Sense A</i> .
Vs	Tegangan <i>supply</i> . Sebuah kapasitor sebesar 100 nF harus dihubungkan ke pin ini yang kemudian di hubungkan dengan <i>ground</i> .
<i>Input 1 dan input 2</i>	<i>Input</i> TTL untuk <i>bridge A</i> .
<i>Enable A dan Enable B</i>	<i>Input</i> TTL yang kompatibel. Jika diberi logika <i>low</i> maka akan menonaktifkan <i>bridge A (enable A)</i> dan <i>bridge B (enable B)</i> .
GND	<i>Ground</i>
VSS	Tegangan <i>supply</i> untuk blok <i>logic</i> . Sebuah kapasitor 100 nF harus dihubungkan ke <i>pin</i> ini dengan <i>ground</i> .
<i>Input 3 dan input 4</i>	<i>Input</i> TTL untuk <i>bridge A</i> .
<i>Out 3 dan out 4</i>	<i>Output</i> ke <i>bridge B</i> dari motor <i>stepper</i> . Arus yang lewat pada diantara dua pin ini di monitor lewat pin <i>Sense B</i> .

2.6 Operational Amplifier

Operational amplifier IC atau lebih sering disingkat sebagai op-amp IC adalah piranti *solid-state* yang mampu mengindera dan memperkuat sinyal masukan baik DC maupun AC. Op-amp IC yang khas terdiri atas tiga rangkaian dasar yaitu ; penguat differensial impedansi masukan tinggi, penguat tegangan penguatan tinggi, dan penguat keluaran impedansi rendah. Karakteristik op-amp yang terpenting adalah :

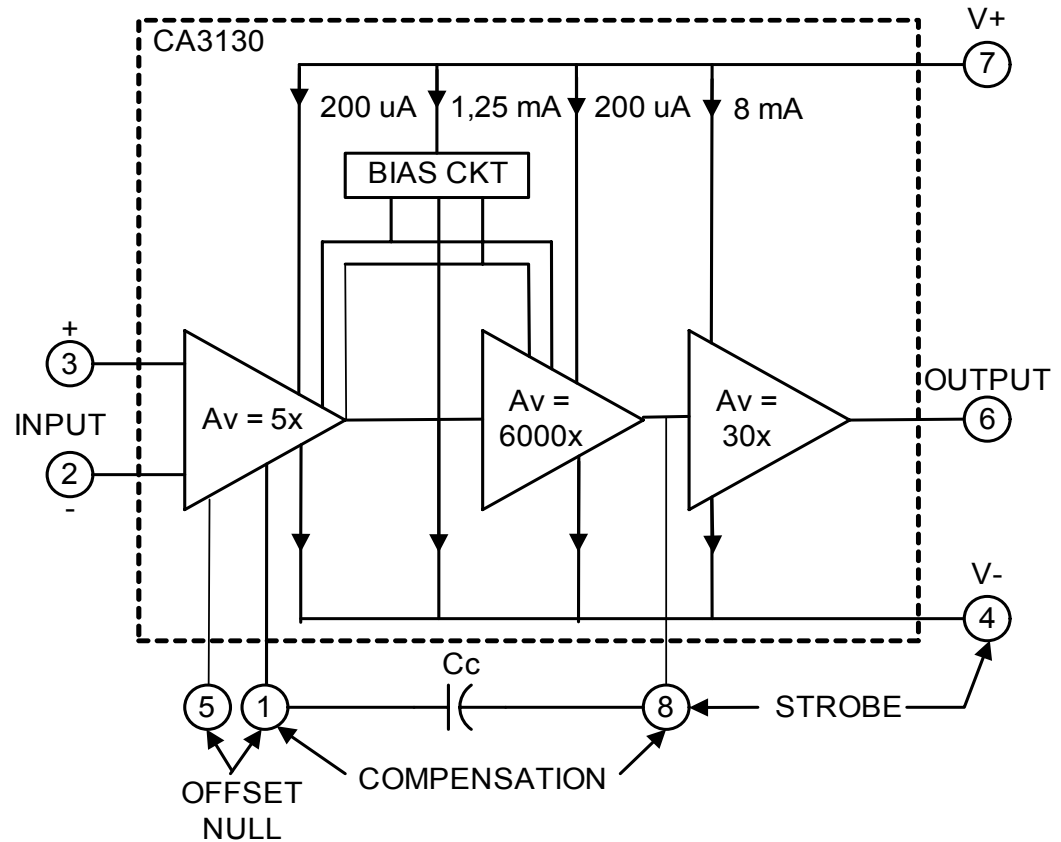
- Impedansi masukan amat tinggi, sehingga arus masukan praktis dapat diabaikan.
- Penguatan lup terbuka amat tinggi.

- Impedansi keluaran amat rendah, sehingga keluaran penguat tidak terpengaruh oleh pembebanan.

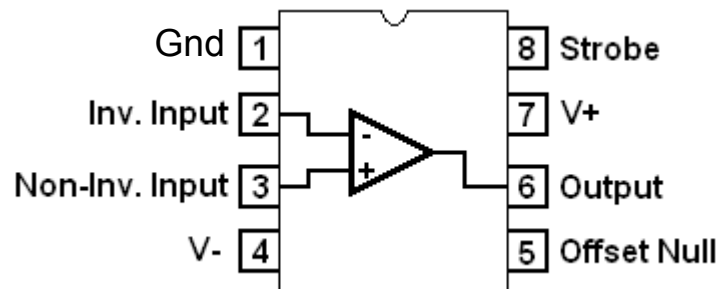
Jenis op-amp IC bermacam-macam, namun untuk skripsi ini digunakan jenis IC op-amp CA3130. Op-Amp CA3130 pada gambar 2.14 merupakan op-amp yang menggabungkan keuntungan dari CMOS (*Complementary Metal-Oxide Semiconductor*) dan transistor bipolar. Keuntungan pokok dari digunakannya desain CMOS adalah penggunaan daya yang sangat rendah (Malvino,1994,p372) dan keuntungan pokok dari digunakannya transistor bipolar adalah tingkat kerjanya yang baik pada elektronika linier (Malvino,1994,328). Pada rangkaian *input* dari op-amp terdapat transistor PMOS (P-Channel MOSFET) yang berguna untuk menghasilkan impedansi *input* yang sangat tinggi, *input* arus yang sangat rendah dan performa kecepatan yang bagus. Penggunaan dari transistor PMOS pada bagian *input* menghasilkan kemampuan tegangan *input common-mode* turun sampai 0,5 volt di bawah tegangan terminal *supply* negatif. Op-amp CA3130 ini mampu menerima tegangan *supply* dari $\pm 2,5$ volt hingga ± 8 volt. Op-amp ini bisa mengkompensasikan fase dengan menggunakan sebuah kapasitor eksternal, dan mempunyai terminal untuk mengatur tegangan *offset* bagi aplikasi yang membutuhkan kemampuan *offset-null*.

Pada gambar 2.14, pin *input* dapat dioperasikan sampai 0,5 volt di bawah tegangan *supply* negatif dan pin *output* dapat dioperasikan mendekati tegangan *supply* untuk aplikasinya. Op-amp CA3130 ini sangat ideal untuk operasi yang menggunakan tegangan *supply* tunggal. Di dalam op-amp CA3130 terdapat 3 bagian *amplifier*, mempunyai kemampuan penguatan sendiri dan penggunaan

arus, mendukung total penguatan dari CA3130. Rangkaian bias mendukung dua potensial yang biasa digunakan dalam bagian *amplifier* pertama dan kedua.



Gambar 2.14 Diagram blok CA3130



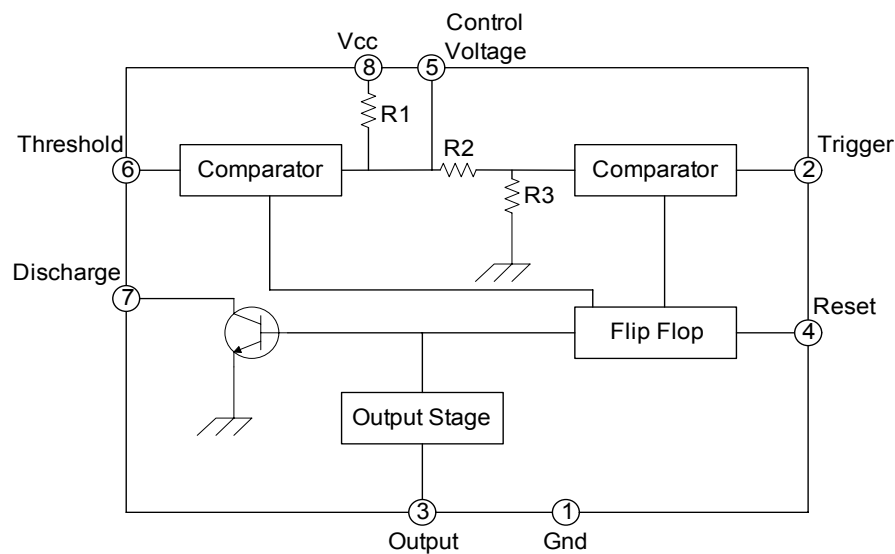
Gambar 2.15 Konfigurasi pin CA3130

Pin ke-8 bisa digunakan juga untuk kompensasi fase dan membuat bagian *output* menjadi diam atau tidak bergerak. Ketika pin ke-8 dihubungkan ke

tegangan negatif dari tegangan *supply* pada terminal ke-4, *output* potensial pada pin ke-6 berubah ke potensial ke tegangan potensial positif dari tegangan *supply* pada pin ke-7.

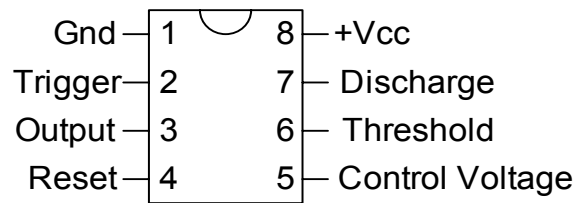
2.7 Timer

Timer jenis NE555 pada gambar 2.16 mempunyai kestabilan yang tinggi untuk membangkitkan osilasi waktu yang akurat. Dengan menambahkan rangkaian eksternal tambahan timer ini bisa untuk memicu atau untuk *mereset* jika diinginkan. Dalam mode *delay* waktu dari operasinya, waktu dikontrol dengan tepat oleh satu buah kapasitor dan resistor eksternal. Untuk operasi *astable* sebagai sebuah osilator, frekuensi bebas yang berjalan dan siklus kerja dikontrol dengan akurat oleh dua buah eksternal resistor dan satu buah kapasitor eksternal. Timer bisa dipicu dan di-*reset* pada pulsa yang berubah dari keadaan *high* ke keadaan *low*. Untuk mendapatkan nilai frekuensi tertentu bisa didapat dengan mencari nilai hambatan dari resistor eksternal dan kapasitor eksternal.



Gambar 2.16 Diagram blok NE555

Timer NE555 ini mempunyai konfigurasi pin seperti dijelaskan pada gambar 2.17.



Gambar 2.17 Konfigurasi pin NE555

Pada timer NE555 ini bisa menggunakan rangkaian eksternal untuk mengeluarkan sinyal *trigger* untuk *input* ke pin ke-2. Jika tidak memakai rangkaian eksternal untuk menghasilkan sinyal *trigger* maka pin ke-2 bisa dihubungkan dengan pin ke-6. Tabel 2.6 menunjukkan fungsi-fungsi dari pin pada timer NE555.

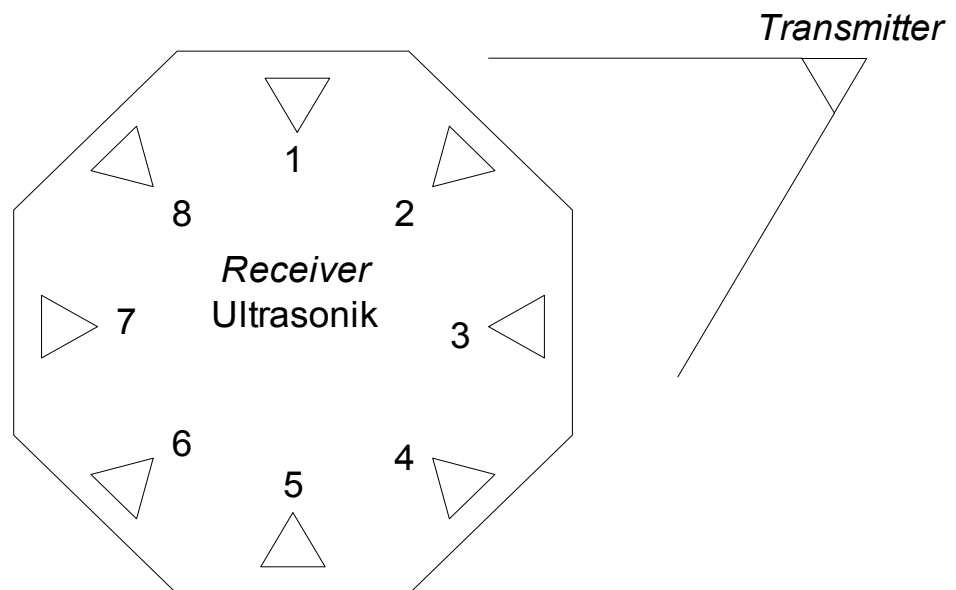
Tabel 2.6 Fungsi pin NE555

Pin	Nama pin	Fungsi
1	<i>Ground</i>	<i>Ground</i>
2	<i>Trigger</i>	Menerima <i>input</i> pulsa dari rangkaian RC eksternal
3	<i>Output</i>	Sebagai keluaran pulsa <i>clock</i> yang diinginkan
4	<i>Reset</i>	Untuk me- <i>reset output</i> ke keadaan <i>low</i> .
5	<i>Control Voltage</i>	Mengakses langsung 2/3 dari tegangan positif <i>supply</i> . Jika pin ini tidak ingin digunakan hubungkan pin ini ke <i>ground</i> yang melalui kapasitor 10 nF.
6	<i>Threshold</i>	Mereset <i>latch</i> yang akan menyebabkan <i>output</i> ke keadaan <i>low</i> .
7	<i>Discharge</i>	Pin <i>input</i> ketika kapasitor sedang membuang muatan.
8	Vcc	Tegangan <i>supply</i> .

2.8 Analisa Geometri

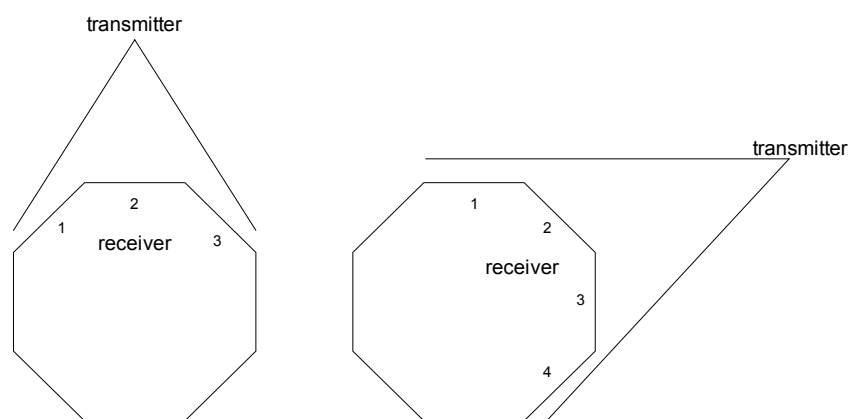
Ilmu Geometri adalah cabang dari Ilmu Matematika yang mempelajari tentang sudut, garis, dan bentuk dari suatu obyek. Teori tentang sudut dan pemantulan akan digunakan pada penelitian ini. Setiap sensor ultrasonik memiliki *range* tertentu dan terbatas.

Suatu sensor ultrasonik memiliki jangkauan yang terbatas dan tidak bisa melampaui kondisi satu lingkaran. Karena itu dibutuhkan beberapa sensor agar bisa meliputi seluruh wilayah. Analisa sudut akan menghitung titik pertemuan antara satu sensor dengan sensor di sebelahnya. Penggunaan analisa sudut ditunjukkan pada bab 3. Jika gelombang dipantulkan, maka dibutuhkan pula teori sudut untuk melihat ke arah darimana gelombang ultrasonik memantul kembali.



Gambar 2.18 Pemancar dan penerima

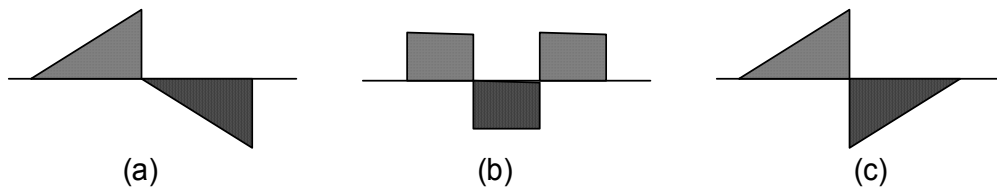
Pada gambar 2.18, ditampilkan posisi dimana bila *transmitter* ultrasonik berada pada posisi tersebut maka kedua sensor yang ada di arah depannya akan menerima sinyal ultrasonik yang sama besarnya. Bila jarak *transmitter* di tambah lagi maka kemungkinan sensor yang bisa menerima sinyal ultrasonik yang di kirim dari *transmitter* akan bertambah. Oleh karena bentuk dari wadah *receiver* ultrasonik yang berbentuk lingkaran, maka untuk mengatasi masalah tersebut adalah dengan cara merubah bentuk wadah sensor ultrasonik menjadi bentuk oktagon. Bentuk oktagon ini bertujuan untuk meminimalkan jumlah sensor ultrasonik yang dapat menerima sinyal dari *transmitter* bila posisi dari *transmitter*-nya bertambah jauh. Pada saat *transmitter* diarahkan tepat pada satu sensor, terdapat kemungkinan bahwa sensor di sebelah kanan dan kirinya akan mendapat frekuensi yang sama pula. Begitu juga pada saat *transmitter* diarahkan pada tempat diantara dua sensor, maka terdapat lebih dari dua sensor yang menerima frekuensi yang sama. Gambar 2.19 menunjukkan ilustrasi dari *transmitter* ultrasonik dan *receiver-receiver* yang menerima sinyal ultrasonik.



Gambar 2.19 Range sudut bentuk oktagon

2.9 Teori Gelombang Simetrik

Gelombang simetrik adalah gelombang yang belahan positif dan belahan negatifnya mempunyai bentuk sama dan sama pula luasnya (Wasito, 2001, p137). Gelombang simetrik hanya memiliki larasan-larasan ganjil seperti f_1, f_2, f_3 dan seterusnya. Contoh dari gelombang simetrik dan tak simetrik dapat dilihat pada gambar 2.20 berikut. Gambar 2.20(a) dan 2.20(b) menunjukkan gambar dari gelombang simetrik, sementara gambar 2.20(c) menunjukkan gambar dari gelombang tak simetrik.



Gambar 2.20 Gelombang simetrik dan tak simetrik

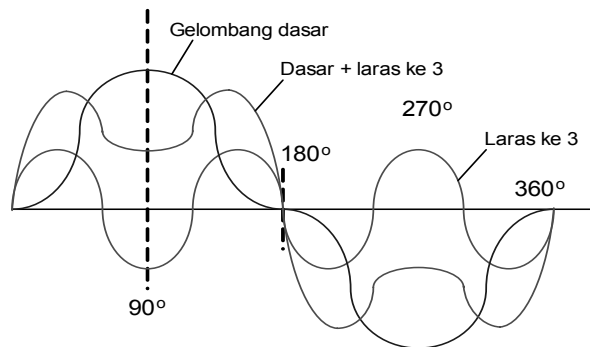
Rumus untuk menghitung amplitudo larasan ke-n dari gelombang simetris diperlihatkan pada persamaan (2-3) berikut.

$$A_{ke-n} = \frac{2 \cdot V_{pp}}{\pi \cdot n} \quad (2-3)$$

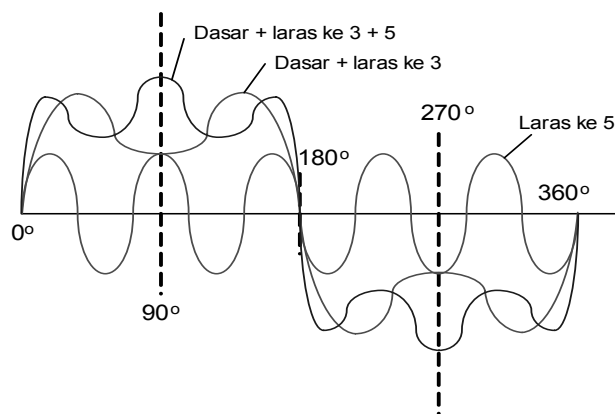
Rumus tersebut digunakan untuk mencari amplitudo rata-rata dari suatu gelombang. Karena dalam suatu larasan gelombang, terdapat beberapa amplitudo yang berbeda-beda nilai tegangannya.

Untuk merubah dari suatu gelombang sinus menjadi gelombang blok / kotak, maka diperlukan penjumlahan dari beberapa larasan gelombang. Gambar perubahan dari gelombang sinus menjadi gelombang blok ditunjukkan pada gambar 2.21a sampai dengan 2.21b.

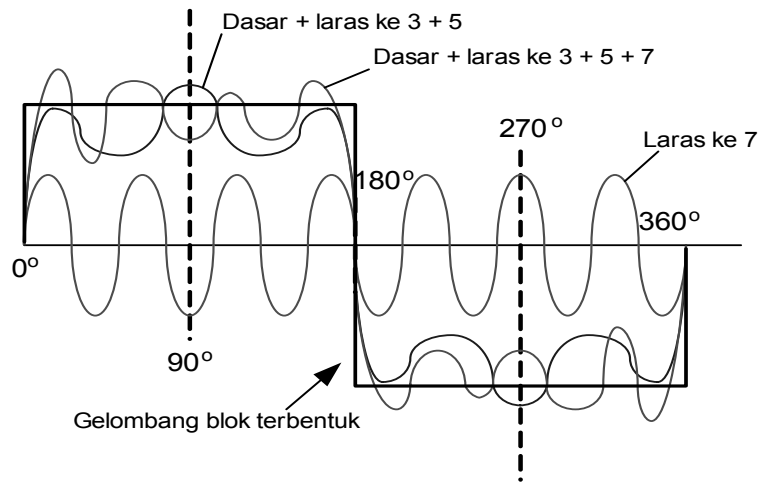
Pada gambar 2.21a ditunjukkan penambahan dari gelombang dasar dengan laras 3 yang menghasilkan gelombang dasar + laras 3 (gelombang warna hijau). Pada proses berikutnya (gambar 2.21b) , gelombang ini akan ditambah dengan laras 5 dan menghasilkan gelombang baru yaitu gelombang dasar + laras 3 + laras 5 (gelombang warna biru). Pada gambar 2.21c gelombang yang sudah didapatkan akan ditambah dengan laras 7 sehingga hasilnya akan menjadi rata. Gelombang yang sudah rata tersebut akhirnya terbentuk menjadi gelombang blok yang diinginkan.



Gambar 2.21a Gelombang dasar + laras ke 3



Gambar 2.21b Gelombang dasar + laras 3 + 5



Gambar 2.21c Terbentuknya gelombang kotak