

BAB IV

PERANCANGAN DAN PEMBUATAN SISTEM

Bab ini membahas mengenai spesifikasi alat, diagram blok alat, perancangan perangkat keras (*hardware*) dan perangkat lunak (*software*) tongkat dengan *transceiver* ultrasonik untuk tuna netra. Perancangan perangkat keras meliputi: rangkaian mikrokontroler ATmega8535, rangkaian *output* suara ISD2560 serta rangkaian *buzzer*. Pada perancangan perangkat lunak (*software*) terlebih dahulu dilakukan pembuatan diagram alir program untuk memudahkan logika pembuatan program.

4.1 Penentuan Spesifikasi Alat

Spesifikasi rangkaian secara keseluruhan ditetapkan terlebih dahulu sebagai acuan dalam perancangan selanjutnya. Spesifikasi sistem yang direncanakan adalah sebagai berikut:

1. Sistem menggunakan mikrokontroler sebagai pengolah data dan pengontrol keseluruhan sistem.
2. Sistem menggunakan sensor ultrasonik (PING))) untuk mendeteksi adanya halangan.
3. Sistem menggunakan IC Suara ISD2560 sebagai tampilan suara.
4. Tampilan yang digunakan adalah suara melalui headset yang berupa informasi jarak dan indikator frekuensi.
5. Resolusi pengukuran jarak tiap 50 cm.
6. Jarak pendeteksian sistem dengan range 3 cm s/d 3 m.
7. *Power Supply* menggunakan baterai 9 volt.

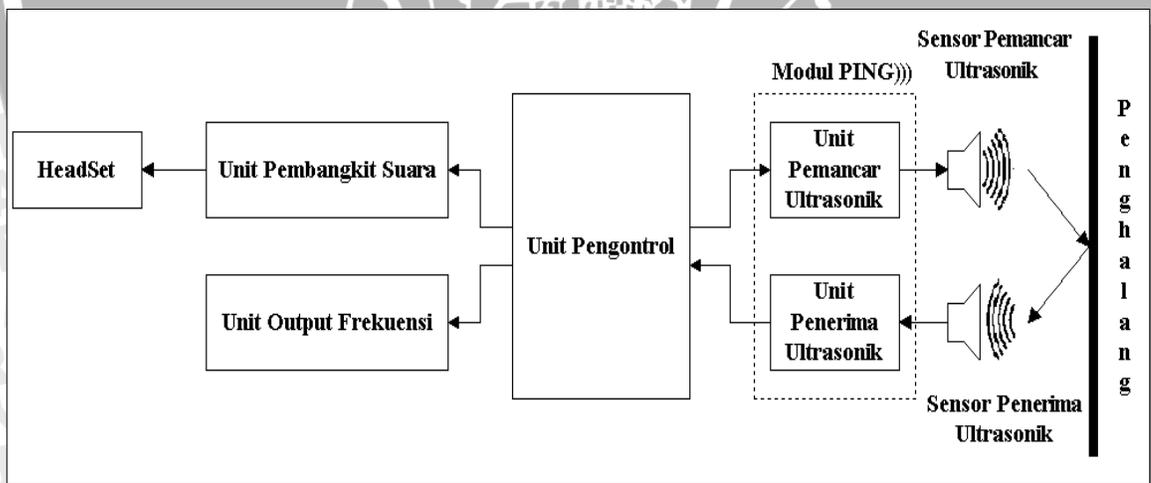
4.2 Perancangan Sistem

Pada umumnya penderita tuna netra menggunakan tongkat untuk mendeteksi dan memperkirakan jarak halangan. Jarak yang dapat di jangkau hanya sekitar 1,5 meter dan itupun hanya halangan yang berada di depan (bagian bawah) saja yang bisa di deteksi. Apabila ingin mendeteksi halangan di

sekelilingnya, maka penderita tuna netra tersebut harus menggerakkan tongkatnya. Hal ini bisa menyebabkan terganggunya orang-orang yang berada di sekelilingnya.

Untuk mengatasi hal tersebut, maka akan di buat sebuah alat elektronik yang dapat juga berfungsi untuk mendeteksi halangan tanpa harus melakukan kontak dengan halangan tersebut. Prinsip kerja alat ini seperti ditunjukkan dalam Gambar 4.1 yaitu dengan memanfaatkan gelombang ultrasonik dengan rangkaian pemancar yang akan melepaskan suatu pulsa ultrasonik dengan frekuensi 40 kHz yang dihasilkan oleh mikrokontroler yang dipancarkan melalui sensor dan di terima kembali oleh *receiver* dengan menghitung waktu tempuh yang telah dipancarkan.

Pulsa itu akan berjalan pada media udara, bila tidak terdapat halangan maka bagian penerima tidak akan menerima sinyal pantulan. Bila terdapat halangan, maka akan menerima sinyal. Kemudian mikrokontroler akan mengolah dan mengontrol IC suara sebagai sarana *output* sehingga dapat di dengar oleh pengguna dengan menggunakan headset. Alat ini akan mengeluarkan suara atau kata-kata jika menemui halangan dalam jarak tertentu.



Gambar 4.1. Diagram Blok Sistem

Keterangan :

1. Unit Pengontrol

Blok unit pengontrol di sini menggunakan mikrokontroler ATmega8535 yang berfungsi untuk mengatur kerja sistem diantaranya: mengolah keluaran dari

rangkaian pemancar dan mengolah masukan dari rangkaian penerima dari sensor ultrasonik, memutar ulang suara melalui headset.

2. Unit Pembangkit Suara

Blok unit pembangkit suara di sini menggunakan IC Suara ISD2560 (*Voice Processor*) yang dirancang untuk merekam dan memainkan ulang suara pesan yang tersimpan dan untuk menyimpan suara yang difungsikan sebagai pemberi informasi jarak halangan.

3. Unit Pemancar Ultrasonik

Blok unit pemancar di sini menggunakan pemancar sensor ultrasonik dari modul (PING))) yang di rancang untuk dapat memancarkan pulsa ultrasonik dengan frekuensi 40 kHz yang dihasilkan oleh mikrokontroler.

4. Unit Penerima Ultrasonik

Blok unit penerima di sini menggunakan penerima sensor ultrasonik dari modul (PING))) yang di rancang untuk dapat menerima pulsa ultrasonik dengan frekuensi 40 kHz yang telah dipancarkan oleh sensor ultrasonik dengan rangkaian pemancar.

5. Unit Output Frekuensi

Blok unit output frekuensi di sini menggunakan *buzzer* yang di rancang sebagai pemberitahuan berupa nada frekuensi. Semakin tinggi frekuensi maka menandakan jarak halangan semakin dekat.

6. HeadSet

Blok ini berupa sarana untuk mendengarkan.

4.3 Perancangan Perangkat Keras

Perangkat keras yang digunakan dalam sistem ini adalah perangkat keras yang mendukung proses perancangan dan pembuatan tongkat dengan *transceiver* ultrasonik untuk tuna netra ini. Sebelum membuat tongkat ini, perlu ditentukan beberapa hal yang menjadi dasar bagi perencanaan alat ini. Beberapa hal penting tersebut antara lain :

a. Mengetahui Karakteristik Sensor Ultrasonik (PING)))

- Besar sudut pancaran dan penerimaan gelombang ultrasonik.
- Jarak jangkauan alat dengan sensor ultrasonik (PING))).

- b. Merencanakan Rangkaian Yang Akan Digunakan, yaitu :
 - Rangkaian Mikrokontroler.
 - Rangkaian *Output* Suara.
 - Rangkaian *Buzzer*.
- c. Menentukan *Software* Pemrograman Dengan Menyusun *Flow Chart*-nya.

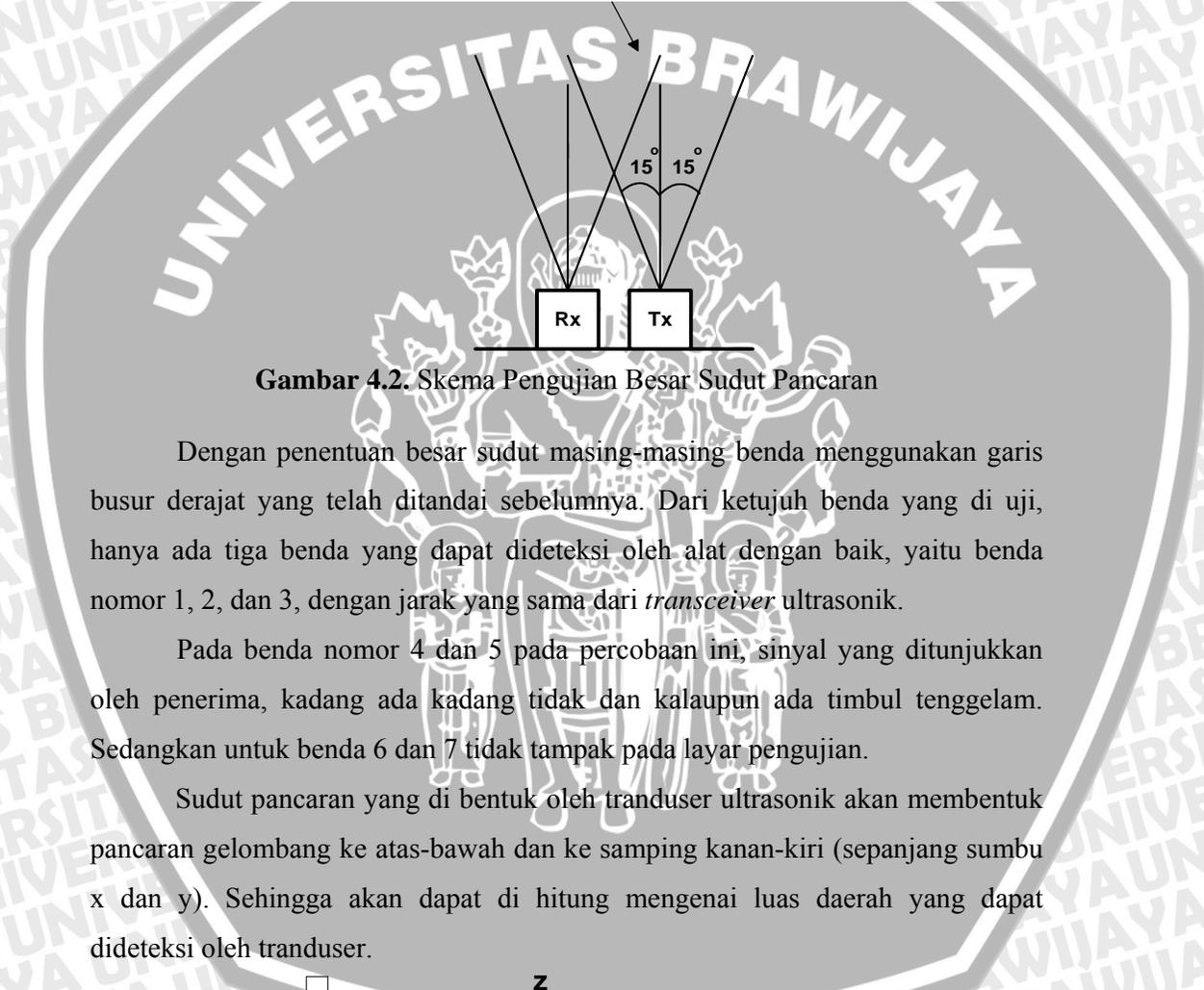
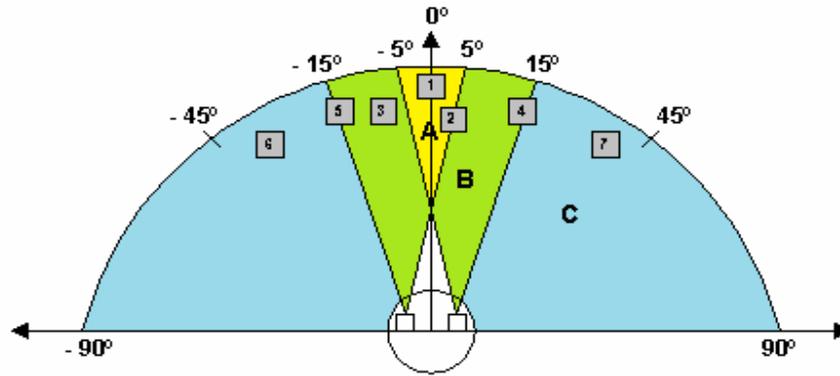
4.3.1 Karakteristik Sensor Ultrasonik PING)))

Tujuan pada bagian ini adalah untuk mengetahui beberapa karakteristik dari sensor ultrasonik. Sensor ultrasonik yang digunakan dalam perancangan menggunakan sensor ultrasonik PING))) buatan Parallax. Pada bagian ini merupakan pengukuran tentang besar sudut pancaran dan penerimaan dari sensor ultrasonik PING))) yang dipakai pada perancangan Skripsi ini. Berikut merupakan Tabel hasil percobaan sudut pancaran sensor ultrasonik PING))).

Tabel 4.1. Percobaan Sudut Pancaran Sensor Ultrasonik PING)))

No Benda	Jarak (cm)		Besarnya Sudut	Keterangan
	Sebenarnya	Pengujian		
1	100	100,6	0°	Sempurna
2	100	101,2	5°	Sempurna
3	100	102,4	10°	Sempurna
4	100	110,28	15°	Kurang Sempurna
5	100	110,26	-15°	Kurang Sempurna
6	100	140,69	30°	Tidak Sempurna
7	100	145,71	35°	Tidak Sempurna

Cara pengujian adalah dengan meletakkan 7 buah benda yang tersebar di beberapa tempat seperti tampak dalam Gambar 4.2. Daerah A (warna kuning) menunjukkan luas daerah pancaran dengan gelombang ultrasonik yang dapat di terima dengan sempurna. Sedangkan daerah B (warna hijau) menunjukkan luas daerah pancaran dengan gelombang ultrasonik yang dapat di terima dengan kurang sempurna. Pada daerah C (warna biru) menunjukkan luas daerah pancaran dengan gelombang ultrasonik yang tidak dapat di terima dengan sempurna.

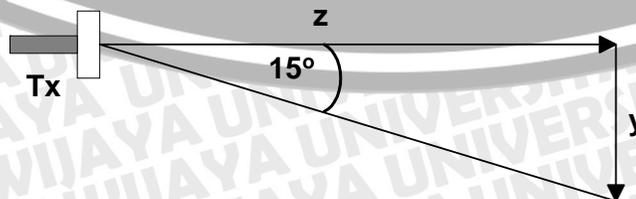


Gambar 4.2. Skema Pengujian Besar Sudut Pancaran

Dengan penentuan besar sudut masing-masing benda menggunakan garis busur derajat yang telah ditandai sebelumnya. Dari ketujuh benda yang di uji, hanya ada tiga benda yang dapat dideteksi oleh alat dengan baik, yaitu benda nomor 1, 2, dan 3, dengan jarak yang sama dari *transceiver* ultrasonik.

Pada benda nomor 4 dan 5 pada percobaan ini, sinyal yang ditunjukkan oleh penerima, kadang ada kadang tidak dan walaupun ada timbul tenggelam. Sedangkan untuk benda 6 dan 7 tidak tampak pada layar pengujian.

Sudut pancaran yang di bentuk oleh tranduser ultrasonik akan membentuk pancaran gelombang ke atas-bawah dan ke samping kanan-kiri (sepanjang sumbu x dan y). Sehingga akan dapat di hitung mengenai luas daerah yang dapat dideteksi oleh tranduser.



Gambar 4.3. Diagram Sudut Pancaran Tranduser Ultrasonik



Jika diketahui sudut pancarannya sebesar 15° dan jarak pada sumbu z positif sejauh 1 meter sehingga dengan rumus $\tan 15^\circ = y/z$, maka luas daerah yang dapat dideteksi merupakan luasan lingkaran yaitu seluas πy^2 , yaitu : $y = 0,2679 \times 1 = 0,2679$ meter = 26,79 sentimeter. Sehingga luas daerah yang dideteksi sebesar $2253,59 \text{ cm}^2$. Dari percobaan di atas dapat di ambil kesimpulan, bahwa semakin jauh jarak halangan maka semakin luas daerah pancarannya, tetapi semakin lemah sinyal yang di terima kembali.

4.3.2 Perancangan Mikrokontroler ATmega8535

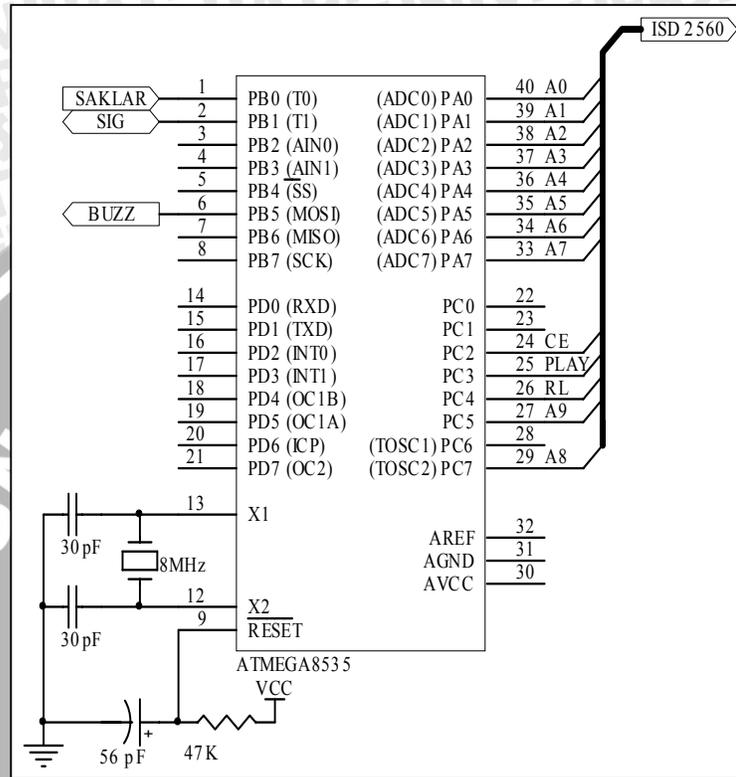
4.3.2.1 Perancangan Minimum Sistem Mikrokontroler ATmega 8535

Sistem mikrokontroler ATmega8535 berfungsi sebagai pengendali utama dalam sistem keseluruhan seperti pengambilan data keluaran dari sensor ultrasonik (PING)), rangkaian *buzzer* dan IC suara ISD. Selain itu proses perhitungan aritmatika juga dilakukan oleh mikrokontroler ini. Mikrokontroler jenis ATmega8535 ini di pilih karena memiliki kecepatan instruksi per MHz yang tinggi dan pin I/O yang cukup untuk sistem keseluruhan. Mikrokontroler ATmega8535 mempunyai 4 port yaitu port A, port B, port C dan port D, 32 jalur yang dapat di program menjadi masukan atau keluaran. Pada perancangan ini pin-pin dari mikrokontroler yang digunakan dapat di lihat dalam tabel 4.2

Tabel 4.2. Tabel Alokasi Pin-pin Dari Mikrokontroler

Port Pin	Fungsi	I/O
PA.0 – PA.7	Sebagai jalur data/alamat dari ISD2560	O
PB.0	Sebagai saklar informasi	I/O
PB.1	Sebagai signal dari sensor ultrasonik ping	I/O
PB.5	Sebagai masukkan <i>buzzer</i>	O
PC.5 dan PC.7	Sebagai jalur data/alamat dari ISD2560	O
PC.2	Sebagai sinyal kontrol dari ISD2560 yaitu pin CE	O
PC.3	Sebagai sinyal kontrol dari ISD2560 yaitu pin PLAY	O
PC.4	Sebagai sinyal kontrol dari ISD2560 yaitu pin RL	O

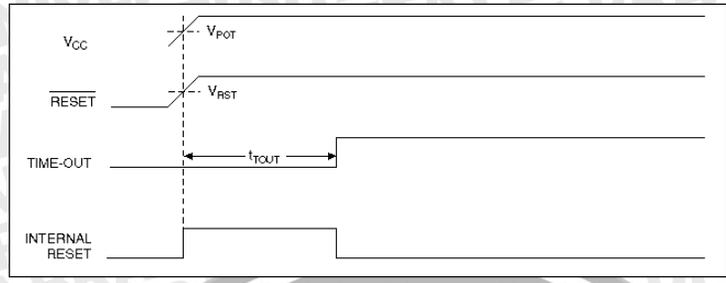
Sebagai pengendali utama dari pengolahan data dan pengontrol sistem, pin-pin ATmega8535 dihubungkan dengan rangkaian pendukung membentuk suatu sistem minimum seperti dalam Gambar 4.4.



Gambar 4.4. Rangkaian minimum sistem mikrokontroler ATmega8535

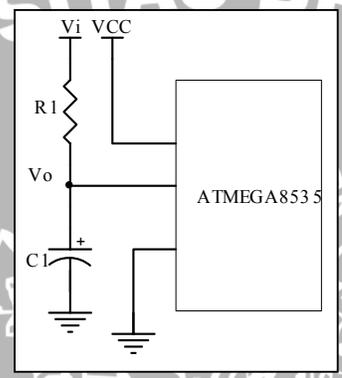
4.3.2.2 Perancangan Rangkaian Reset

Rangkaian reset diperlukan untuk mereset mikrokontroler secara otomatis setiap kali catu daya dinyalakan, hal ini akan mereset program counter sehingga perintah program dieksekusi di mulai pada alamat awal. Ketika catu daya diaktifkan, rangkaian reset menahan logika rendah pada pin reset dengan jangka waktu yang ditentukan oleh lamanya waktu pengisian muatan C yaitu membutuhkan waktu t_{TOUT} pada saat tegangan pada V_{cc} mencapai tegangan V_{POT} (*Voltage Power On Threshold*). Tegangan logika rendah pada pin reset antara $-0,5 - 0,2 V_{cc}$. Sedangkan resistor *pull-up* yang direkomendasikan sebesar $30\text{ k}\Omega$ - $60\text{ k}\Omega$. (Atmel, 2002:255). Timing diagram sinyal reset ditunjukkan dalam Gambar 4.5.



Gambar 4.5. Timing Diagram Sinyal Reset

Rangkaian reset di bentuk dengan rangkaian RC yang dapat di lihat dalam Gambar 4.6.



Gambar 4.6. Rangkaian Reset

Dari rangkaian dan data timing diagram tersebut dapat diperoleh :

$$V_o = \frac{\frac{1}{sC_1}}{R_1 + \frac{1}{sC_1}} V_i \tag{4-1}$$

$$V_o = \frac{1}{sR_1C_1 + 1} V_i \tag{4-2}$$

Dengan tegangan V_i adalah V_{POT} (*Voltage Power On Threshold*) sebesar 2,3 V dalam fungsi Laplace menjadi $2,3/s$ sehingga :

$$V_o = \frac{2,3}{s} \cdot \frac{1}{sR_1C_1 + 1} \tag{4-3}$$

$$V_o = 2,3 \cdot \frac{1}{s(sR_1C_1 + 1)} \tag{4-4}$$

$$\mathcal{E}^{-1}[V_o] = 2,3 \mathcal{E}^{-1} \left[\frac{1}{s(sR_1C_1 + 1)} \right] \tag{4-5}$$

$$\frac{1}{s(sR_1C_1 - 1)} = \frac{X_1}{s} - \frac{X_2}{sR_1C_1 - 1} \quad (4-6)$$

$$X_1 = \left[\frac{1}{s(sR_1C_1 - 1)} \cdot s \right]_{s=0} = 1 \quad (4-7)$$

$$X_2 = \left[\frac{1}{s(sR_1C_1 - 1)} \cdot (sR_1C_1 - 1) \right]_{s=\frac{1}{R_1C_1}} = -R_1C_1 \quad (4-8)$$

$$\mathcal{L}^{-1}[V_o] = 2,3 \mathcal{L}^{-1} \left[\frac{1}{s} - \frac{R_1C_1}{sR_1C_1 + 1} \right] \quad (4-9)$$

$$\mathcal{L}^{-1}[V_o] = 2,3 \mathcal{L}^{-1} \left[\frac{1}{s} - \frac{1}{s + \frac{1}{R_1C_1}} \right] \quad (4-10)$$

$$V_o = 2,3(1 - e^{-\frac{t}{R_1C_1}}) \quad (4-11)$$

$$\frac{V_o}{2,3} = 1 - e^{-\frac{t}{R_1C_1}} \Leftrightarrow 1 - \frac{V_o}{2,3} = e^{-\frac{t}{R_1C_1}} \quad (4-12)$$

$$\ln\left(1 - \frac{V_o}{2,3}\right) = -\frac{t}{R_1C_1} \quad (4-13)$$

$$t = -R_1C_1 \ln\left(1 - \frac{V_o}{2,3}\right) \quad (4-14)$$

Dimana V_o adalah tegangan logika rendah pada pin reset maksimal sebesar 0,2 Vcc maka $V_o = 0,2 \times 5 = 1$ V.

$$t = -R_1C_1 \ln\left(1 - \frac{1}{2,3}\right) \quad (4-15)$$

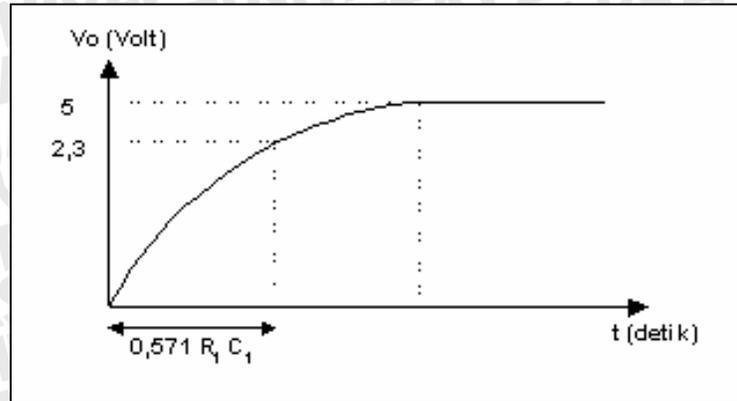
$$t = 0,571R_1C_1 \quad (4-16)$$

Dengan menggunakan C_1 sebesar 56 pF dan t sebesar 1,5 μ s maka :

$$1,5 \times 10^{-6} = 0,571 \times R_1 \times 56 \cdot 10^{-12}$$

$$R_1 = 46910,18 \Omega$$

Berdasarkan nilai resistansi standar yang akan pakai adalah dengan menggunakan resistor bernilai 47 k Ω dan tidak melebihi batas yang telah direkomendasikan yaitu antara 30 – 60 k Ω (Atmel, 2002:255). Dari hasil perhitungan di atas maka dapat digambarkan proses terjadinya reset.



Gambar 4.7. Grafik terjadinya proses reset

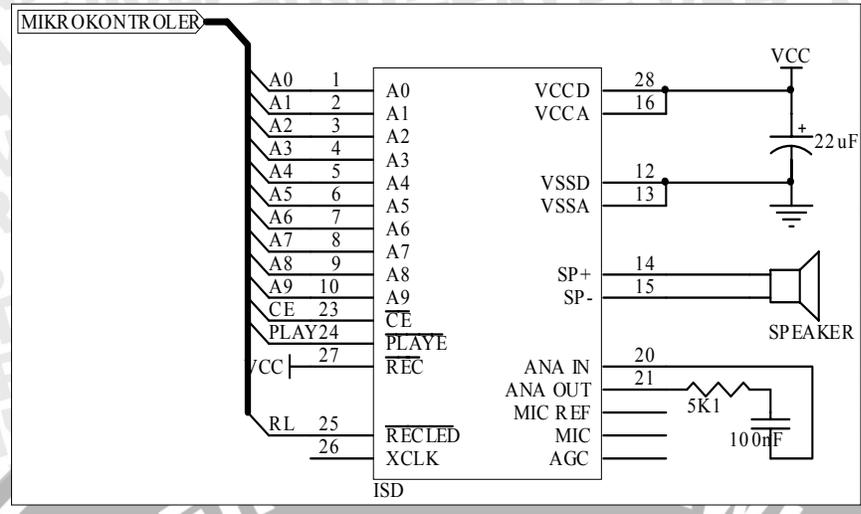
4.3.3 Perancangan *Voice Processor* ISD2560

Dalam perancangan alat ini IC suara ISD2560 digunakan untuk merekam dan memutar kembali suara yang telah di rekam. Suara yang di rekam dan di putar kembali diantaranya adalah suara ukuran jarak. Rangkaian dari IC suara ISD2560 dapat di lihat dalam Gambar 4.8.

IC suara ISD2560 mempunyai 10 jalur alamat dan 3 buah pin kontrol. Pada perancangan ini pin-pin yang digunakan dapat dilihat dalam Tabel 4.3.

Tabel 4.3. Tabel Alokasi Pin-pin dari IC Suara ISD2560

Port Pin	Keterangan	I/O
A0-A9	Sebagai alamat IC Suara ISD2560 yang dihubungkan ke mikrokontroler ATmega8535 port A.0-A.7, port C.5 dan C.7	I
CE	digunakan untuk mengaktifkan ISD2560 dan dihubungkan ke mikrokontroler ATmega8535 port C.2.	I
PLAY	digunakan untuk merekam ke ISD2560 dan dihubungkan ke mikrokontroler ATmega8535 port C.3.	I
RL	digunakan sebagai penanda akhir dari sebuah rekaman pada ISD2560 dan dihubungkan ke mikrokontroler ATmega8535 port C.4.	I



Gambar 4.8. Rangkaian IC Suara ISD2560

Rangkaian pemutar/perekam suara ISD2500 digunakan untuk merekam suara nada–nada musik dan suara manusia. IC yang digunakan adalah ISD seri 2560 yang memiliki durasi penyimpanan selama 60 detik.

Sebagaimana diketahui durasi penyimpanan IC ini selama 60 detik, maka kata–kata yang akan di simpan tidak boleh melebihi durasi yang diijinkan. Tabel 4.4 memperlihatkan pemilihan alamat yang digunakan untuk merekam suara.

ISD 2500 memiliki 10 bit jalur alamat dan memiliki lokasi alamat sebanyak $2^{10}=1024$ bit. Tetapi lokasi alamat yang bisa digunakan adalah 0–599 atau 600 alamat. Jadi tiap detiknya membutuhkan jumlah alamat sebanyak :

$$\text{Jumlah alamat per detik} = \frac{600 \text{ alamat}}{60 \text{ s}} = 10 \text{ alamat per detik}$$

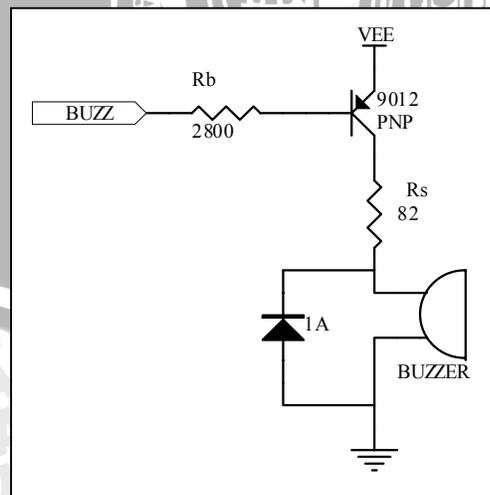
Tabel 4.4. Pemilihan Alamat Yang Digunakan Untuk Merekam Suara

Kata yang Direkam	Waktu (s)	Alamat Hexa
Satu	1	0 5
Dua	0,5	0 D
Tiga	0,9	1 7
Empat	0,8	2 0
Lima	1	2 B
Enam	0,8	3 4

Kata yang Direkam	Waktu (s)	Alamat Hexa
Tujuh	1	3 D
Delapan	0,8	4 7
Sembilan	0,6	5 0
Sepuluh	1,2	5 9
Sebelas	0,9	6 3
Belas	1	6 F
Puluh	0,7	7 8
Ratus	0,8	7 F
Seratus	1	8 8
Sentimeter	1	9 3
Meter	0,8	A 7
TOTAL	14,8	

4.3.4 Rangkaian Buzzer

Rangkaian *buzzer* berfungsi untuk memberikan tanda kepada tuna netra untuk berhati-hati dengan semakin tinggi frekuensi maka semakin dekat jarak halangnya. Dalam perencanaan, suara tersebut dihasilkan dari sebuah *buzzer* yang memerlukan tegangan dc 5V (V_{EE}). Untuk rangkaian *buzzer* ditunjukkan dalam Gambar 4.9.



Gambar 4.9. Rangkaian Buzzer

Pengontrol aktif/non aktif ini adalah keluaran mikrokontroler PB.5 dengan aktif rendah. Untuk membunyikan *buzzer* diperlukan *driver buzzer* dikarenakan keluaran mikrokontroler kecil. Dalam hal ini transistor digunakan sebagai saklar maka transistor dioperasikan dalam daerah saturasi (jenuh). Dengan menggunakan $I_{\text{buzzer(max)}} = 60 \text{ mA}$ dan $R_{\text{buzzer}} = 90 \Omega$.

$$I_{\text{buzzer}} = \frac{1}{2} I_{\text{buzzer(max)}} \quad (4-17)$$

$$I_{\text{buzzer}} \approx \frac{1}{2} 60 \text{ mA}$$

$$I_{\text{buzzer}} \approx 30 \text{ mA} (I_{\text{C(sat)}})$$

Maka dari rangkaian di atas dapat dicari nilai R_S sebagai berikut :

$$R_S - R_{\text{buzzer}} = \frac{V_{\text{CC}}}{I_{\text{C(sat)}}} \quad (4-18)$$

$$R_S = \frac{V_{\text{CC}}}{I_{\text{C(sat)}}} - R_{\text{buzzer}}$$

$$R_S = \frac{5V}{30 \text{ mA}} - 90 \Omega$$

$$R_S = 76,67 \Omega$$

Nilai resistansi standard yang akan dipakai sebesar 82Ω . Dengan menggunakan $I_{\text{OL(max)}}$ sebesar 20 mA , maka dalam perancangan rangkaian *buzzer* yang terdiri atas sebuah transistor dan $R_{\text{Basis}} (R_B)$ digunakan $I_{\text{OL(min)}} = 1 \text{ mA} (I_B)$.

$$R_S = \frac{V_{\text{EE}} - V_{\text{ES}} - V_{\text{OL}}}{I_S} \quad (4-19)$$

$$R_S = \frac{5V - 1V - 0,7V}{1 \text{ mA}}$$

$$R_S = 3300 \Omega$$

Nilai resistansi standard yang akan dipakai sebesar 2800Ω , maka :

$$R_S = \frac{V_{\text{EE}} - V_{\text{ES}} - V_{\text{OL}}}{I_S}$$

$$2800 \Omega = \frac{5V - 1V - 0,7V}{I_S}$$

$$I_S = \frac{3,3V}{2800 \Omega}$$

$$I_S = 1,178 \text{ mA}$$

Dengan demikian, penguatan arus (β_{dc}) minimum yang dapat digunakan sebesar :

$$\beta_{dc} = \frac{I_C}{I_E} \quad (4-20)$$

$$\beta_{dc} = \frac{30 \text{ mA}}{1,178 \text{ mA}}$$

$$\beta_{dc} = 25,46$$

Transistor PNP 9012 sudah memenuhi syarat dalam perancangan rangkaian *buzzer* dengan β_{dc} minimum dalam datasheet sebesar 64 dan $I_{C(\max)}$ lebih besar dari 30 mA ($I_{C(\max)} = 500 \text{ mA}$).

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



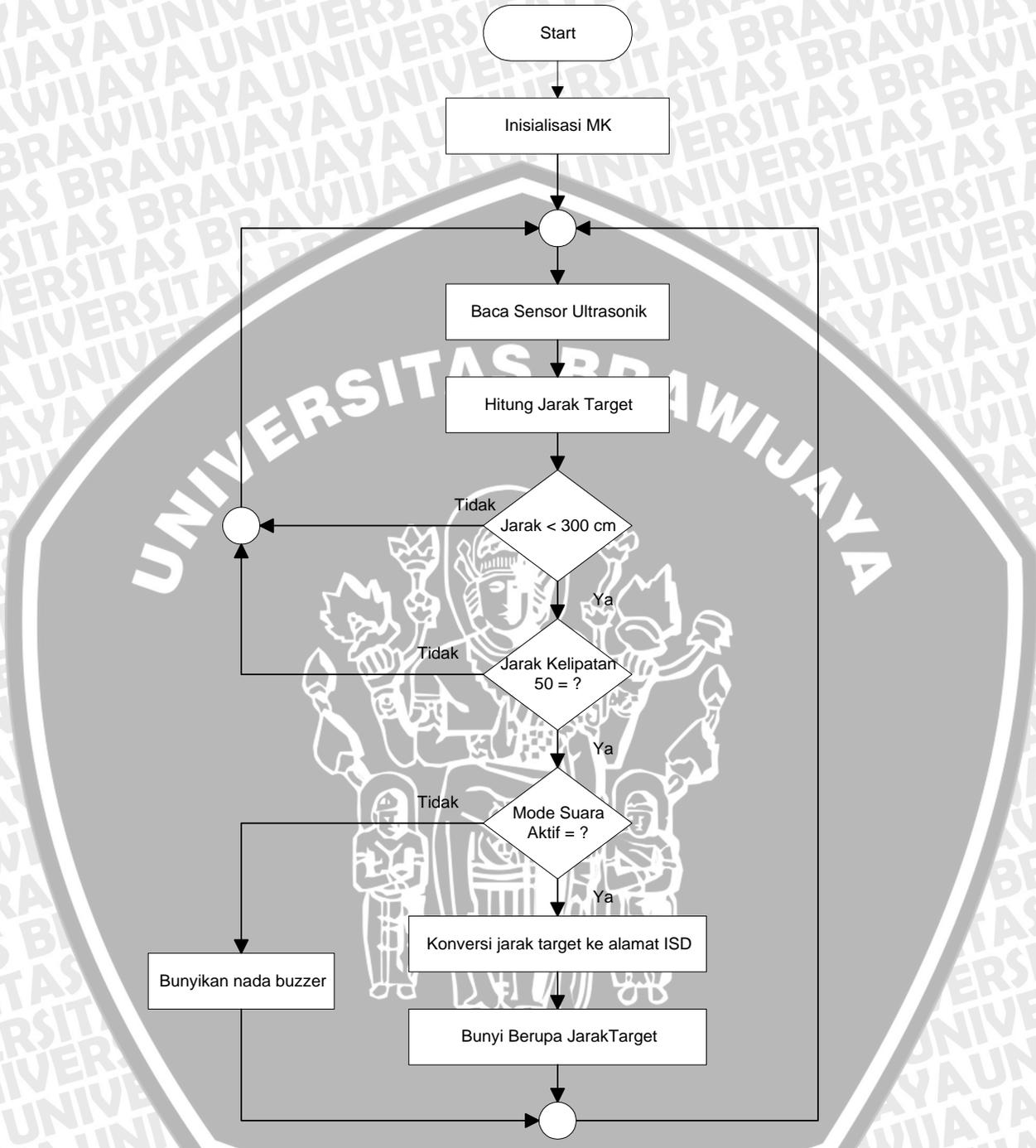
4.4 Perancangan Perangkat Lunak

Untuk mendukung kerja sistem diperlukan perangkat lunak. Bahasa yang dipergunakan adalah bahasa *assembler*. Perangkat lunak di sini adalah perintah atau program di dalam memori yang harus dilaksanakan oleh mikrokontroler. Perangkat lunak untuk mengendalikan sistem ini terdiri dari proses pengambilan data dari sensor ultrasonik (PING)), pengambilan data suara pada IC Suara ISD 2560 dan mengeluarkan hasil dari pengolahan data. Dalam Gambar 4.10 menunjukkan diagram alir program utama yang digunakan.

Sistem akan mengambil data yang dikeluarkan oleh sensor ultrasonik PING untuk mengetahui jarak halangan dengan pengguna. Keluaran yang dihasilkan berupa suara yang dihubungkan dengan *headset*. Kemudian program akan mengolah data yang di dapat dari sensor ultrasonik dan hasilnya akan dikeluarkan dapat berupa ukuran jarak dan juga dapat berupa nada frekuensi, dengan semakin dekat jarak halangan dengan pengguna maka frekuensi semakin tinggi.

Penjelasan diagram alir dari program utama adalah sebagai berikut :

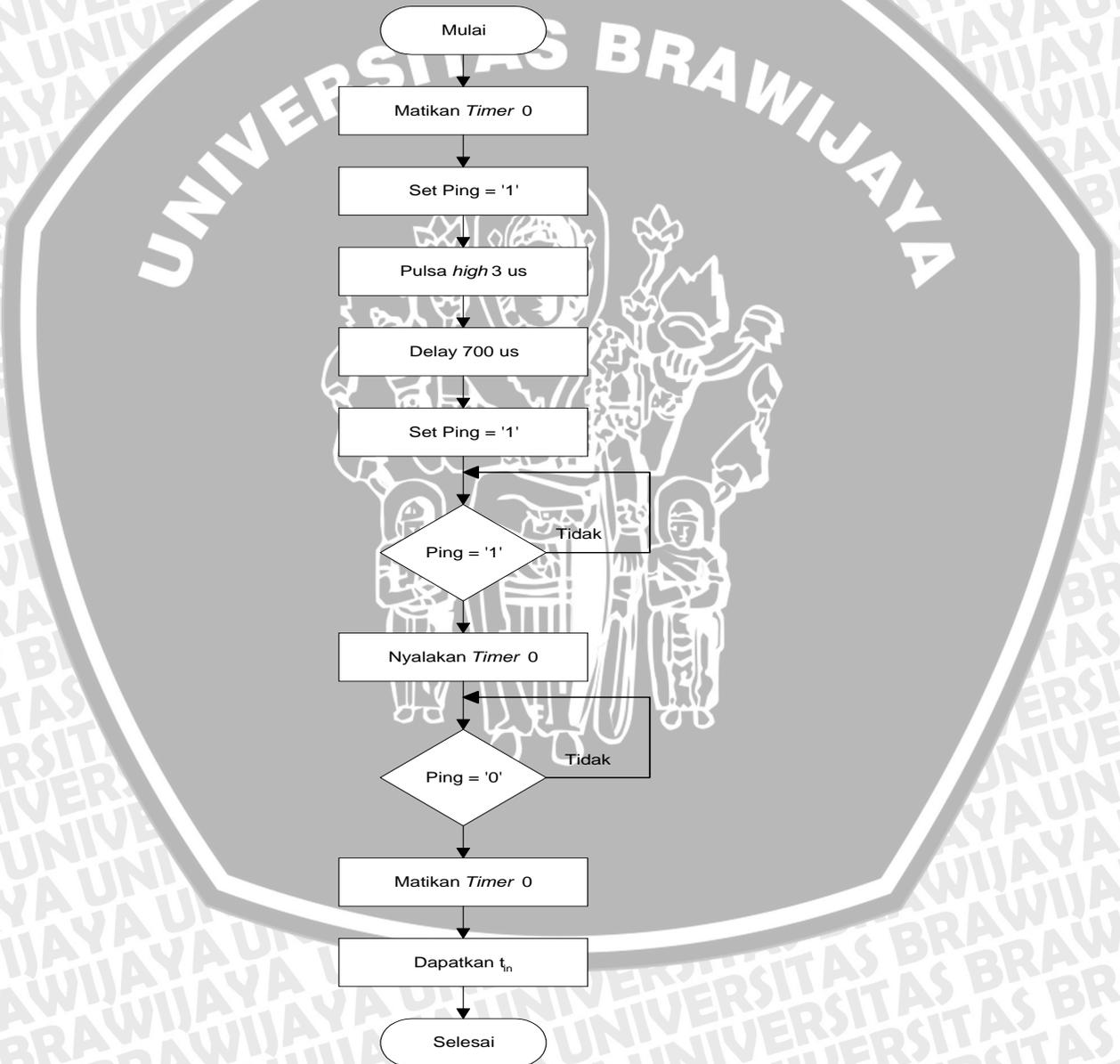
Inisialisasi mikrokontroler dilakukan pertama kali ketika program dijalankan. Kemudian terjadi proses pembacaan sensor ultrasonik, di sini sensor melakukan pengukuran jarak halangan dengan perhitungan yang telah ditentukan dengan melakukan pengecekan batasan jarak <300 cm. Jika ya maka jarak yang terukur kurang dari 300 cm. Kemudian terjadi pengecekan ulang dengan jarak yang terukur merupakan kelipatan dari 50, apabila merupakan kelipatan 50 maka jarak yang terukur tersebut akan dikeluarkan melalui mode suara. Dalam hal ini akan dilakukan pengecekan ulang mode suara mana yang akan diaktifkan. Pada alat ini keluaran suara dapat berupa nada suara yang berupa suara jarak dan berupa nada frekuensi.



Gambar 4.10. Diagram Alir Program Utama

4.4.1 Diagram Alir Pembacaan Sensor Ultrasonik

Ketika membaca sensor ultrasonik, mikrokontroler mematikan *Timer 0* dan mengeset $Ping = 1$ (*trigger pulse* dengan t_{OUT} sebesar $3 \mu s$). Kemudian $Ping$ akan diset 0 kembali. Mikrokontroler akan mengeset $Ping = 1$ kembali setelah $700 \mu s$. Apabila $Ping = 1$ maka *Timer 0* akan menyala. Sedangkan apabila $Ping = 0$ maka *Timer 0* akan mati. Hasil pengukuran tersebut akan di olah oleh mikrokontoler untuk menghitung waktu tempuh sensor ultrasonik.



Gambar 4.11. Diagram Alir Pembacaan Sensor Ultrasonik