

BAB II

DASAR TEORI

A. Operasi Aritmatika Pada Bilangan Biner

Sistem bilangan biner sangat diperlukan pada operasi sistem digital. Sistem bilangan biner adalah sistem bilangan yang mengandung dua keadaan atau dua angka. Secara numerik angka biner terdiri dari 0 dan 1 sedangkan secara logika dinyatakan dengan benar dan salah. Operasi aritmatika pada bilangan biner tidak jauh berbeda dari operasi pada bilangan desimal. Berikut ini adalah contoh perhitungan operasi aritmatika pada bilangan biner.

1. Operasi Penjumlahan

Operasi penjumlahan ada empat peraturan yang digunakan yaitu :

$$0 + 0 = 0$$

$$0 + 1 = 1$$

$$1 + 0 = 1$$

$$1 + 1 = 0 \text{ (carry = 1)}$$

Penjumlahan bilangan biner dapat dilakukan seperti contoh berikut :

2. Operasi Pengurangan

Empat peraturan pada operasi pengurangan bilangan biner adalah sebagai berikut :

$$0 - 0 = 0$$

$$0 - 1 = 1 \text{ (hutang = 1)}$$

$$1 - 0 = 1$$

$$1 - 1 = 0$$

Berikut ini contoh operasi pengurangan bilangan biner :

Contoh : $1010110 - 0101010$

101000 (Hutang)

$$\begin{array}{r} 1010110 \\ 0101010 \\ \hline 0101100 \end{array}$$

3. Operasi Perkalian

Peraturan pada operasi perkalian adalah sebagai berikut:

$$0 \times 0 = 0$$

$$0 \times 1 = 0$$

$$1 \times 0 = 0$$

$$1 \times 1 = 1$$

Berikut ini contoh operasi pengurangan bilangan biner :

4. Operasi Pembagian

Operasi pembagian bilangan biner hanya ada dua peraturan yaitu : $0 : 1 = 0$ dan $1 : 1 = 1$. Maka pembagian $100111 : 11$ adalah :

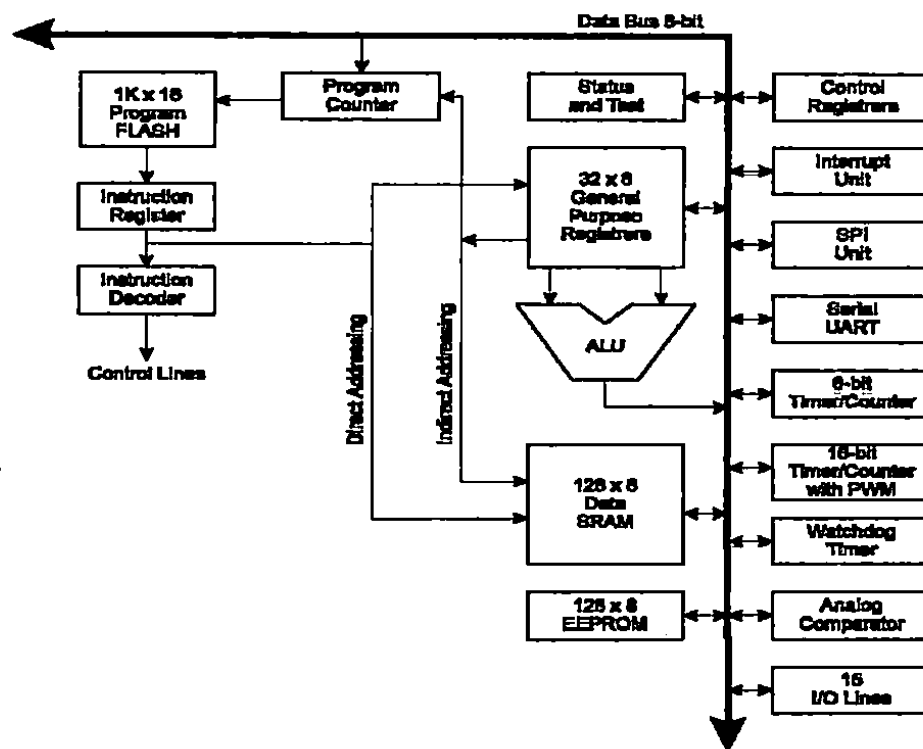
$$\begin{array}{r}
 1010 + 11 = 1101 \\
 11 \overline{) 100111} \\
 \underline{11110} \\
 1001 \\
 \underline{1001} \\
 0000
 \end{array}$$

B. Pusat Unit Pengendali

Pusat unit pengendali merupakan bagian yang bertugas mengontrol alur keseluruhan sistem dan memanipulasi data *input*. Mikrokontroller merupakan *chip* semikonduktor yang sering digunakan sebagai unit pengendali. Tidak seperti mikroprosesor yang membutuhkan perangkat tambahan lain seperti : ROM, RAM, *I/O port* dan *bus*, maka pada mikrokontroller semua sudah ada dalam kemasan satu paket IC atau *on-chip* (arsitektur lebih ringkas). Mikrokontroller dari atmel terbagi dalam dua type yaitu MCS51 jenis CISC (*Complex Instruction Set Computer*) dan AVR jenis RISC (*Reduced Instruction Set Computer*).

Arsitektur mikrokontroler keluarga AVR AT90S2313 (ditunjukkan dalam

Gambar 2.1. berikut.



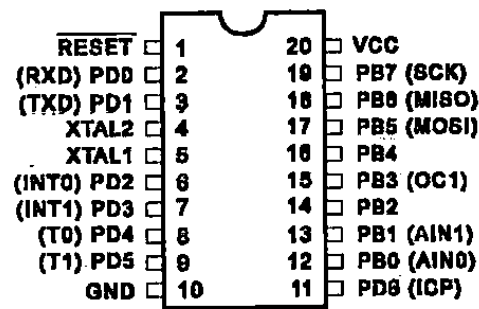
Gambar 2.1. Arsitektur mikrokontroler AT90S2313 (Andi Pratomo, 2005)

Arsitektur mikrokontroler AT90S2313 diatas terlihat bahwa tidak terdapat *accumulator*. Dengan demikian data *input* dan *output* dalam proses ALU disimpan dalam salah satu atau dua *register* dari 32 *register* yang disediakan .

Mikrokontroler AVR memiliki arsitektur RISC 8 bit di mana semua instruksi dikemas dalam kode 16-bit (16-bits word) dan sebagian besar instruksi dieksekusi dalam 1 (satu) siklus clock (Andi Pratomo, 2005). Dibandingkan dengan instruksi ASM51 yang membutuhkan 12 siklus clock. Tentu saja ini terjadi karena kedua jenis mikrokontroler tersebut memiliki arsitektur yang berbeda, yang satu RISC sedangkan yang lain CISC. Secara umum, AVR dapat

keluarga ATmega, dan AT86RFxx. Pada dasarnya yang membedakan masing-masing kelas adalah memori, peripheral, dan fungsinya. Dari segi arsitektur dan instruksi yang digunakan, mereka hampir sama.

Konfigurasi pin mikrokontroler AT90S2313 dapat dilihat pada Gambar 2.2. berikut :



Gambar 2.2. Konfigurasi pin mikrokontroler AT90S2313

Konfigurasi pin seperti gambar diatas, tiap pin dapat dijelaskan sebagai berikut :

- Vcc Digunakan untuk masukan tegangan sebesar 5 volt.
- Reset Digunakan untuk reset, mikrokontroler akan mereset program jika pin ini berlogika *low* selama 50ns.
- Gnd Pin *ground*.
- Port B Merupakan 1 kelompok *8-bit bi-directional I/O Port*. Pin ini pada kondisi *tri-state* ketika terjadi *reset*. Dapat diberi *pull-up* secara *internal*. Pada *port* ini juga tersedia fasilitas SCK, MOSI dan MOSI yang dapat digunakan untuk keperluan *download*. Selain itu juga tersedia AIN0 dan AIN1 yang dapat digunakan sebagai *input*

- e. Port D Merupakan 1 kelompok *7-bit bi-directional I/O Port*. Pin ini pada kondisi *tri-state* ketika terjadi *reset*. Dapat diberi *pull-up* secara *internal*. RXD dan TXD dalam *Port* ini disediakan untuk fasilitas komunikasi UART. INT0 dan INT1 disediakan untuk operasi *external interrupt*. Sedangkan T0 dapat digunakan untuk *trigger* apabila akan digunakan *timer0* dengan menggunakan *external clock*. Fasilitas lain dalam *port* ini adalah T1, yang berfungsi seperti halnya T0, tetapi digunakan pada *Timer1*.
- f. X-TAL 1 Merupakan *input* dari *inverting* osilator.
- g. X-TAL2 Merupakan *output* dari *inverting* osilator.

Umumnya memori mikrokontroler AT90S2313 dapat dikelompokkan menjadi 3 bagian yaitu :

- Memori Program

Memori Program atau sering disebut dengan *flash memory* berfungsi untuk menyimpan program yang telah dirancang. Kapasitas *flash memory* yang dimiliki adalah 2 Kbytes. Memori ini hanya bias dibaca (*Read Only Memory*).

- Memori Data

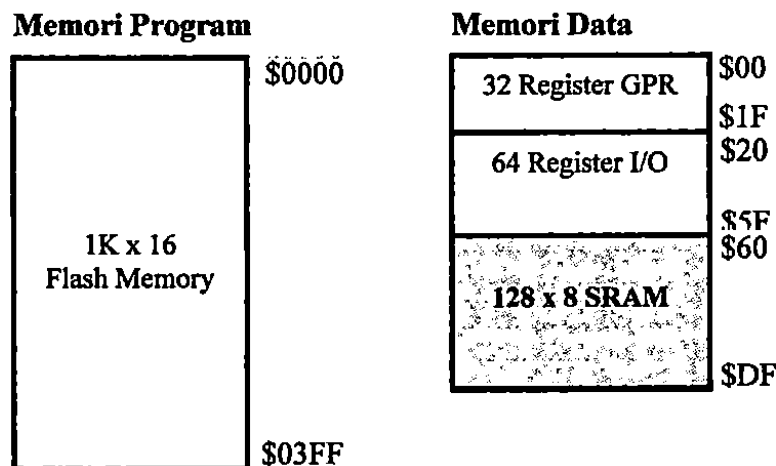
Organisasi memori AVR memori data dibagi menjadi beberapa bagian yaitu : 32 register keperluan umum (GPR) menempati alamat terbawah yaitu dari alamat \$00 sampai \$1F, sedangkan dari alamat \$20 sampai \$5F merupakan alamat

Alamat memori berikutnya yaitu dari \$60

- EEPROM

AT90S2313 memiliki kapasitas EEPROM sebesar 128 byte. EEPROM merupakan memori yang digunakan untuk menyimpan data secara permanen karena pada memori ini meskipun tegangan suplai mikrokontroler dimatikan data yang sudah tersimpan akan tetap tersimpan.

Pemetaan memori mikrokontroler AT90S2313 seperti pada Gambar 2.3 berikut :



Gambar 2.3. Peta memori mikrokontroler AT90S2313

Mikrokontroler AT90S2313 memiliki 118 macam perangkat instruksi.

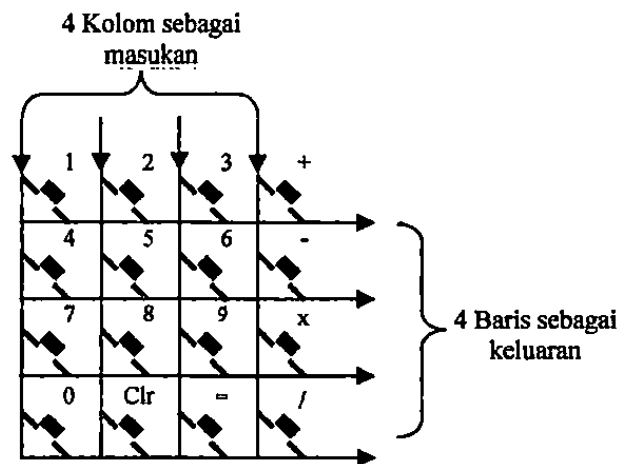
Instruksi-instruksi tersebut dikelompokkan menjadi beberapa kelompok yaitu:

- Instruksi transfer data, instruksi ini berfungsi untuk tranfer data antara *register* ke *register*, memori ke memori, *register* ke memori, antarmuka ke *register* dan antar muka ke memori.
- Instruksi aritmatika dan *logic*, instruksi aritmatika meliputi penjumlahan, pengurangan, penambahan satu (*increament*), dan pengurangan satu (*decreament*). Instruksi logika dan manipulasi *bit*, yang melaksanakan operasi

- c. Instruksi *Bit* dan *Bit-Test*, yaitu instruksi untuk *setting* kondisi tiap *bit*, baik *set* maupun *clear*, bahkan ada beberapa variasi, seperti instruksi putar, hingga *watchdog reset*.
- d. Instruksi percabangan, yang berfungsi mengubah urutan normal pelaksanaan suatu program menjadi sesuai yang dikehendaki. Dengan instruksi ini program yang sedang dilaksanakan akan mencabang ke suatu alamat tertentu. Instruksi percabangan dibedakan atas percabangan bersyarat dan percabangan tanpa syarat.
- e. Instruksi *stack*, *I/O* dan kontrol, yang digunakan untuk mengatur penggunaan *stack*, membaca/menulis *port I/O* serta pengontrolan-pengontrolan.

C. Keypad 4 x 4

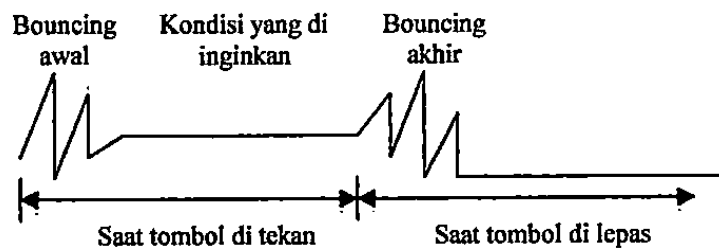
Keypad adalah kumpulan dari beberapa tombol yang tersusun sedemikian rupa sehingga membentuk baris dan kolom yang masing-masing dihubungkan dengan *Port I/O* mikrokontroler. Tombol-tombol tersebut dihubungkan sedemikian rupa sehingga apabila salah satu saklar ditekan maka akan menghubungkan salah satu baris dengan salah satu kolomnya. Seperti pada



Gambar 2.4. Keypad matrik 4 x 4

Hal yang perlu dipertimbangkan pada saklar mekanis adalah lentingan (*Bouncing*). Pada saat saklar ditekan dan dilepas terjadi *bouncing* yang menyebabkan logika saklar tidak bisa diperkirakan.

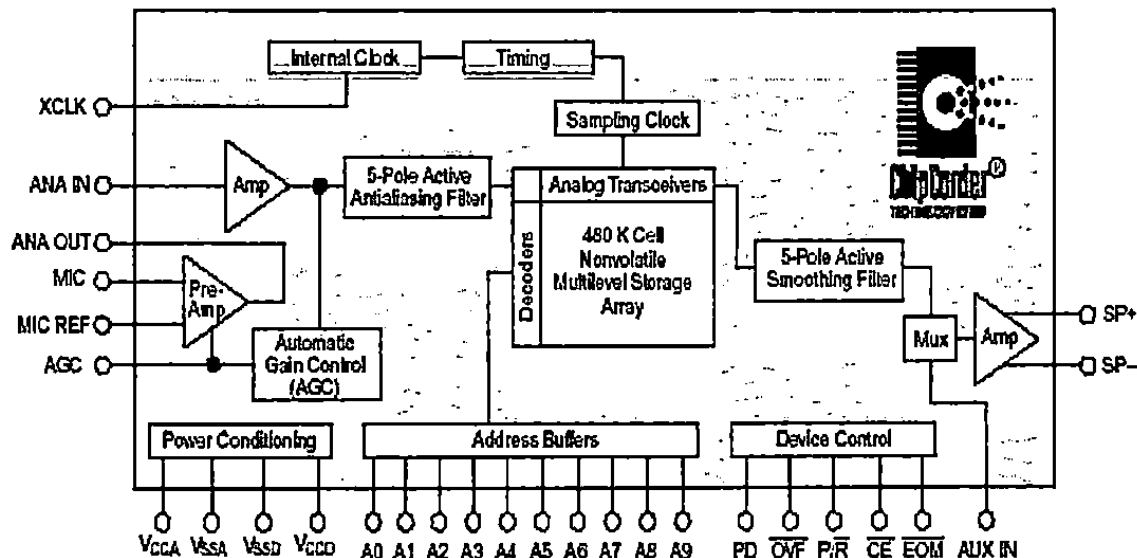
Misalkan seperti Gambar 2.5 di bawah saat penekanan tombol kondisi yang diharapkan adalah '0' tetapi karena adanya efek *bouncing* kondisi yang diharapkan tersebut tidak dapat diperkirakan. Untuk mengatasi hal tersebut maka pembacaan data saklar dilakukan setelah selang waktu tertentu. Untuk saklar mekanis biasanya sekitar 10 – 20 ms. Gambar 2.5. di berikut ini menunjukkan efek *bouncing* dari saklar mekanis.



Gambar 2.5. Timenya efek Bouncing

D. Pengolahan Informasi Suara

Pengolahan informasi suara adalah unit yang dapat merekam dan memutar ulang informasi berupa suara. IC ISD2560 merupakan IC *Single-chip Voice* yang dapat merekam dan memutar ulang suara selama beberapa menit tergantung dari seri Ic-nya. Ada beberapa seri IC dari keluarga ISD2500 seperti ISD2560, ISD2575, ISD2590 dan ISD25120. Digit bilangan dibelakang ISD25 merupakan lama waktu penyimpanan suara dalam satuan detik. Misalnya ISD2560 mempunyai kemampuan menyimpan suara selama 60 detik. Gambar 2.6. berikut menunjukkan diagram blok keluarga ISD2560.



Gambar 2.6. Diagram blok ISD2560

- **Ax / Mx** : pin untuk menentukan alamat rekaman A0 s/d A9 dan juga untuk memilih mode input M0 s/d M6
- **AUX IN** : berfungsi sebagai input auxiliary yaitu sebagai jalur relay ke

- SP+ / SP- : output ke speaker.
- VCCA, VCCD : catu daya chip ISD.
- MIC : line untuk masukan dai mikrophon.
- MIC REF : pin microphone reference berfungsi sebagai noise canceller dari MIC.
- AGC : automatic gain control berfungsi sebagai pengkompensasi penguat otomatis input level dari mikropon.
- ANA IN : analog input.
- ANA OUT : analog output.
- OVF : overflow
- CE : chip enable, pin ini harus diberi input low untuk operasi putar atau rekam.
- PD : power down, ketika operasi putar atau rekam pin ini harus diset high agar berada pada kondisi standby.
- EOM : end of message, pin ini akan mengeluarkan output low ketika rekaman yang diputar telah habis.
- XCLK : external clock.
- P /R : play or record, pin untuk memilih setting chip putar atau rekam.

Keluarga ISD2560 dioperasikan dalam *mode* operasional artinya setiap kata yang direkam mempunyai alamat (*address*) sendiri. Ada 7 *mode* operasional

1. Message Cueing (M0)

Mode ini memperbolehkan pengguna untuk menyebutkan pesan tanpa perlu mengetahui alamat dari tiap-tiap pesan. Setiap pin CE berlogika rendah menyebabkan alamat *internal pointer* akan mengambil pesan selanjutnya. Mode ini biasanya digunakan untuk proses putar ulang (*playback*) yang digunakan bersama dengan *mode* operasional M4.

2. Delete EOM Makers (M1)

Mode ini pesan-pesan yang direkam secara berurutan dapat dikombinasikan menjadi pesan tunggal dengan mengeset EOM pada akhir dari pesan yang terakhir. Ketika mode ini dikonfigurasi, pesan-pesan yang direkam secara berurutan akan diputar ulang sebagai satu pesan yang berkelanjutan.

3. Message Looping (M3)

Mode operasional M3 membolehkan secara otomatis proses *playback* yang diulang secara *kontinyu* dari sebuah pesan yang dilokasikan pada awal dari alamat. Sebuah pesan dapat secara penuh mengisi ISD2500 dan akan diputar dari awal sampai akhir tanpa OVF menjadi rendah.

4. Consecutive Addressing (M4)

Operasi normal alamat *pointer* akan *reset* ketika pesan diputar melalui sebuah penanda EOM. Mode operasional M4 menghambat *reset* alamat *pointer*

1. EOM ... dapat diputar baik secara berurutan

5. CE level Activated (M5)

Mode operasional M5 secara spesifik berguna untuk mengakhiri operasi-operasi *playback* dengan menggunakan sinyal CE. Dalam mode ini CE rendah memulai putaran *playback*, pada permulaan dari memori alat. Putaran *playback* berkelanjutan selama CE tetap rendah. Ketika CE tinggi *playback* akan segera berhenti. Sebuah CE rendah yang baru akan memulai kembali pesan dari permulaan.

6. Mode Push-Button (M6)

Mode *push button* digunakan terutama dalam aplikasi-aplikasi yang sederhana. Konfigurasi alat dalam mode oprasional ini, 2 bit alamat yang paling signifikan haruslah tinggi dan pin mode M6 juga harus tinggi. Alamat dalam mode ini akan turun pada akhir dari tiap-tiap putaran *playback* atau *record* setelah CE menjadi tinggi.

E. Angka Dan Huruf Braille

Kode Braille ditunjukkan pada gambar 2.7. Karakter Braille dibentuk berdasarkan kerangka enam titik : dua titik ke kanan dan tiga titik ke bawah

Perujukan pada titik-titik dalam kerangka tersebut digunakan untuk mempermudah pembacaan kode braille, masing-masing titik diberi nomor sebagai berikut :


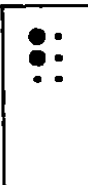
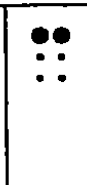







1	4
2	5
3	6

Gambar 2.8. Gambar Urutan titik pada Braille

Dihitung mulai dari atas, titik-titik di sebelah kiri diberi nomor 1, 2, dan 3, sedangkan titik-titik di sebelah kanan diberi nomor 4, 5, dan 6. Penomoran ini bertujuan untuk mempermudah dalam belajar menulis dan membaca Braille.

Abjad Braille dibentuk dengan pola yang logis sehingga mudah dihafal. Sepuluh huruf pertama (a sampai j sekaligus merupakan angka dari 0 sampai 9) hanya menggunakan titik 1, 2, 4, dan 5. Dengan kata lain, sepuluh huruf pertama tersebut hanya menggunakan “tanda atas”. Dengan menghafal sepuluh huruf pertama ini, huruf-huruf lainnya dapat “dikalkulasi” dengan mudah. Kesepuluh huruf pertama itu dapat dilihat pada tabel 2.1 sebagai berikut :

Tabel 2.1. Huruf a-j

									
a/1	b/2	c/3	d/4	e/5	f/6	g/7	h/8	i/9	j/0

- a /1 = titik 1
 b /2̄ = titik 1-2̄
 c /3 = titik 1-4
 d /4 = titik 1-4-5
 e /5 = titik 1-5
 f /6 = titik 1-2-4
 g /7̄ = titik 1-2̄-4-5̄
 h /8 = titik 1-2-5
 i /9 = titik 2-4
 j /0 = titik 2-4-5

Sepuluh huruf berikutnya (k hingga t) dibentuk dengan menambahkan titik 3 pada kesepuluh huruf pertama sebagai berikut :

Tabel 2.2. Huruf k-t

k	l	m	n	o	p	q	r	s	t


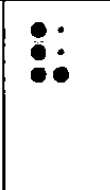
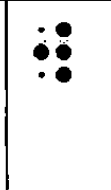
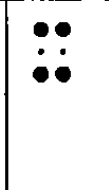
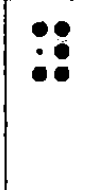
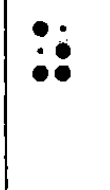
Nomor titik huruf-huruf di atas adalah sebagai berikut :

- k = titik 1-3
 l = titik 1-2-3
 m = titik 1-3-4
 n = titik 1-3-4-5
 o = titik 1-3-5
 p = titik 1-2-3-4
 q = titik 1-2-3-4-5
 r = titik 1-2-3-5
 s = titik 2-3-4
 t = titik 2-3-4-5

Huruf w tidak tercantum dalam abjad Braille yang asli. Huruf ini tidak dikenal dalam bahasa Perancis (sekurang-kurangnya hingga tahun 1860), sehingga Huruf w baru ditambahkan kemudian setelah abjad Braille dibawa ke Amerika Serikat. Oleh karena itu, konfigurasinya pun tidak mengikuti pola di atas.

Huruf u hingga z selengkapnya adalah sebagai berikut :

Tabel 2.3. Huruf U-Z

					
u	v	w	x	y	z

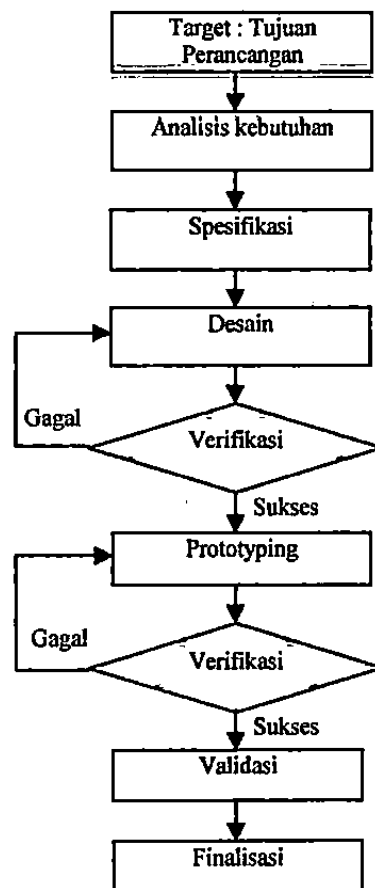
Huruf u hingga z selengkapnya adalah sebagai berikut :

BAB III

METODOLOGI

A. Prosedur Perancangan

Prosedur perancangan yang dimaksud adalah tata cara pencapaian target perancangan sebagaimana tertulis dalam tujuan penelitian. Prosedur perancangan ini ditunjukkan dalam Gambar 3.1.



Gambar 3.1. Prosedur perancangan

B. Analisis Kebutuhan

Analisis kebutuhan yang harus dipenuhi untuk dapat menyelesaikan perancangan yang akan dilakukan adalah sebagai berikut :

- Sistem yang mampu melakukan operasi-operasi aritmatika seperti penjumlahan, pengurangan, pembagian dan perkalian.
- Sistem harus memiliki media sentuh sebagai tempat perabaan angka-angka dan operasi aritmatika.
- Sistem yang dapat memberikan informasi kepada tuna netra saat pengoperasian kalkulator ini, baik pada penekanan angka-angka dan operasi aritmatika sampai dengan hasil operasi aritmatikanya.

C. Spesifikasi

Spesifikasi yang diperlukan agar sesuai dengan analisis kebutuhan diatas adalah :

- Rangkaian mikrokontroler AT90S2313 sebagai pusat unit pengendali.
- Sistem menggunakan *keypad* 4x4 sebagai media sentuh yang terdiri dari 16 buah tombol dan dilengkapi dengan kode-kode braille.
- Sistem menggunakan IC voice recorder/playback yang memiliki output suara sebagai pemberi informasi. Informasi berupa angka-angka mulai dari 0-9, lambang-lambang operasi aritmatika seperti perkalian, pembagian, pengurangan dan penambahan.

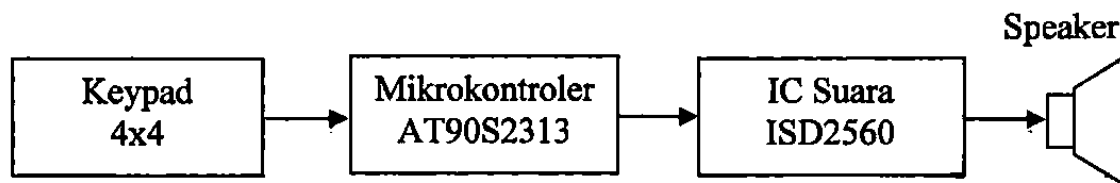
Dilengkapi dengan sebuah speaker sehingga suara keluaran dari ISD2560

- Unit catu daya, unit ini berfungsi untuk mensuplay tegangan ke seluruh bagian sistem.

D. Desain

1. Perangkat Keras

Diagram blok kalkulator bersuara untuk penyandang tuna netra seperti ditunjukkan pada Gambar 3.2 berikut:



Gambar 3.2. Blok diagram rangkaian

Blok diagram rangkaian diatas dapat dijelaskan bahwa *keypad* 4x4 digunakan untuk memasukkan angka untuk operasi aritmatika, kemudian oleh IC suara ISD2560 angka-angka tersebut diubah dalam bentuk suara sehingga dapat didengarkan. Mikrokontroler AT90S2313 berfungsi untuk membaca input tombol dari *keypad* dan juga mengontrol IC suara ISD2560 sehingga setiap penekanan tombol akan mengeluarkan suara sesuai dengan tombol yang ditekan. Disamping itu mikrokontroler juga berfungsi untuk melakukan operasi aritmatika dan menampilkan hasilnya dalam bentuk suara.

Komponen-komponen yang dibutuhkan untuk membangun dan menguji

kalkulator berbasis untuk penyandang tuna netra ini adalah :

b. *Multimeter*

c. *Solder*

d. Bor PCB

2) Komponen

a. Mikrokontroler AT90S2313

b. IC ISD2560

c. IC LM7805

d. Transformator

e. *Loudspeaker*

f. Komponen aktif dan pasif

3) Bahan

a. Papan pcb dan *ferichlorite*

c. *Acrylic*

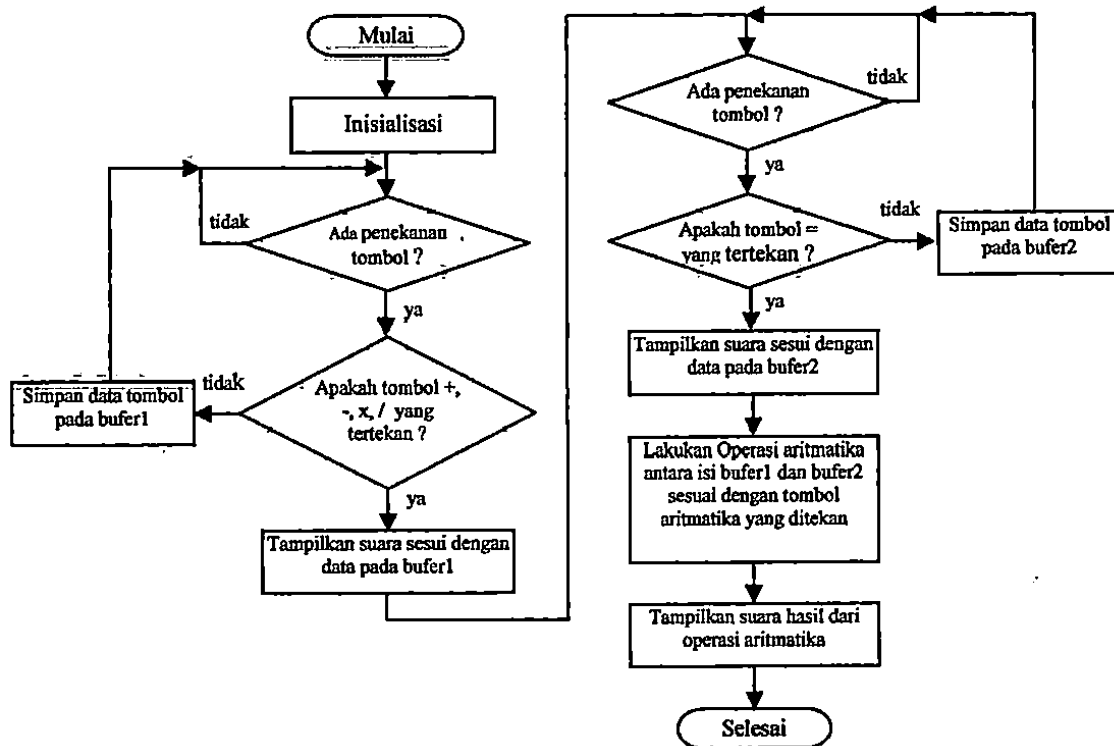
2. Perangkat Lunak

Perangkat lunak ini dibangun dengan pemrograman AVR. Pada dasarnya, terdapat tiga tahap utama dalam pemrograman AVR yaitu :

- Penulisan dan *editing* : proses ini dilakukan menggunakan software editor teks.
- *Asembling dan debugging* : merupakan proses penerjemahan dari bahasa *assembler* yang dituliskan pada editor teks menjadi bahasa *machine code* yang dikenali oleh mikrokontroler yaitu dalam format

- *Programming/downloading* : merupakan proses penulisan kode mesin dari hasil *assembling* (berupa file berekstensi HEX) ke dalam memory program flash mikrokontroller AVR.

Perangkat lunak yang dibangun untuk memproses dan mengontrol alur kerja keseluruhan sistem yang berpusat pada mikrokontroller. Diagram alir kalkulator bersuara untuk penyandang tuna netra secara keseluruhan seperti ditunjukkan pada Gambar 3.3 berikut:



Gambar 3.3. Diagram alir sistem

Diagram alir sistem diatas dapat dijelaskan sebagai berikut : setelah inisialisasi program dilakukan program akan menunggu adanya penekanan tombol jika ada penekanan tombol maka program akan mengecek apakah tombol yang

pembagian (/). Jika tombol yang ditekan bukan tombol kode operasi aritmatika maka simpan data tombol pada *buffer1*. Sedangkan jika yang tertekan adalah tombol kode aritmatika maka program akan mengaktifkan suara yang membaca data pada *buffer1*. Kemudian program akan mengecek lagi terjadinya penekanan tombol jika yang ditekan bukan tombol samadengan (=) maka data tombol disimpan pada *buffer2* tetapi jika yang ditekan adalah tombol samadengan maka program akan mengaktifkan suara untuk membaca data pada *buffer2* dan dilanjutkan dengan melakukan operasi aritmatika sesuai dengan tombol aritmatika yang ditekan sebelumnya. Setelah operasi aritmatikanya dihitung maka aktifkan suara untuk membaca data hasil operasi aritmatika.

E. Prototyping

Tahap ini dilakukan pembangunan sistem. Pembangunan sistem meliputi perangkat keras (*hardware*) dan perangkat lunak (*software*). Sistem dibangun per bagian fungsi, seperti terlihat dalam blok diagram pada gambar 3.2. berbagai kesalahan dapat ditemui dalam tahap ini. Sehingga perlu dilakukan evaluasi terhadap perangkat yang sedang dibangun dan secepatnya melakukan koreksi.

F. Verifikasi

Verifikasi dilakukan untuk mengetahui masing-masing blok bekerja dengan baik atau tidak. Dengan demikian bila ada kesalahan atau kekurangan dapat diperbaiki terlebih dahulu sebelum dirangkai dengan blok lain. Pada akhir

bagian tersebut. Pengujian dilakukan untuk mengetahui kinerja alat yang telah dibuat. Pada perancangan ini pengujian dilakukan dengan cara pengujian setiap bagian fungsi.

1. Bagian-bagian alat (fungsi) yang akan diuji :

a. Unit catu daya

Unit ini bertugas untuk mensuplay tegangan ke seluruh bagian sistem. Adapun sumber tegangan yang dihasilkan oleh unit ini adalah 5 volt DC. Alat uji yang digunakan adalah sebuah volt meter yang berfungsi untuk mengetahui tegangan yang dihasilkan oleh unit ini sudah sesuai dengan kebutuhan, yaitu 5 volt DC. Apabila tegangan setelah melewati IC regulator LM7805 tidak 5 volt, maka kemungkinan ada kesalahan dalam membuat jalur PCB atau terdapat komponen yang rusak.

Pengujian unit ini dilakukan dengan cara menghubungkan *stop kontak* ke jala-jala listrik. Kabel volt meter yang positif dihubungkan ke kaki output IC regulator.

b. Keypad 4x4

Unit ini bertugas sebagai media sentuh sekaligus sebagai masukan pada mikrokontroller untuk melakukan perhitungan aritmatika. Keypad ini tersusun atas tombol matrik 4x4. Alat uji yang dibutuhkan adalah ohm meter. Ohm meter ini berfungsi untuk mengetahui hambatan setelah salah satu tombol ditekan

c. Rangkaian mikrokontroller AT90S2313

Rangkaian ini tidak dapat diuji secara maksimal dengan menggunakan suatu alat ukur, dengan demikian rangkaian ini hanya dapat diuji secara maksimal setelah program diisikan ke dalamnya.

d. Rangkaian ISD2560

IC ISD2560 mampu menyimpan suara dengan durasi 60 detik. Pada rangkaian ISD2560 dilakukan proses perekaman suara sesuai dengan yang dibutuhkan. Kemudian untuk mengetahui hasil proses perekaman dengan *play back* (putar ulang).

G. Validasi

Tahap ini dilakukan pengujian secara menyeluruh terhadap sistem. Setelah semua bagian dari rangkaian pendukung sistem dapat bekerja sesuai dengan rencana. Dengan memasukkan program keseluruhan ke dalam IC kontroler AT90S2313 dan memasangnya ke dalam rangkaian sistem. Pengujian dikatakan sukses setelah melakukan pengecekan terhadap seluruh tombol yang ada pada keypad 4x4 sebanyak 16 buah tombol. Pada setiap penekanan tombol sudah dapat mengeluarkan suara sesuai dengan tombol yang ditekan. Kemudian pengecekan pada pengoperasian aritmatika sampai dengan hasil akhir (misal $20 +$

54 = 74) dan hasilnya dikembalikan mudah sesuai yaitu tampil

H. Rencana Kerja

Merupakan tahapan proses kegiatan rencana kerja dalam perancangan alat.

Tabel 3.1. Jadwal rencana kerja

No	Kegiatan	SEPTEMBER				OKTOBER				NOVEMBER				DESEMBER			
		I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV
1.	Mengumpulkan bahan dan literature	-	-	-	-	-	-										
2.	Membuat perancangan hardware					-	-										
3.	Pembuatan alat					-	-	-	-	-	-	-	-				
4.	Pengujian alat												-	-	-	-	-
5.	Penyusunan laporan						-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Jadwal rencana kerja proses pembuatan kalkulator bersuara untuk penyandang tuna netra terdiri dari 5 tahap kegiatan :

1. Mengumpulkan bahan dan literature yang dilakukan selama 6 minggu mulai bulan september.
2. Proses pembuatan dan perancangan hardware maupun software yang dilakukan selama 2 minggu dilakukan pada awal bulan oktober.
3. Proses pembuatan alat dimulai pada awal bulan oktober sampai dengan akhir bulan november.
4. Pengujian alat.