

BAB IV

PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT

Perancangan dan pembuatan alat ini terdiri atas dua bagian yaitu perancangan dan pembuatan perangkat keras serta perancangan dan pembuatan perangkat lunak. Perancangan dan pembuatan alat dilakukan secara bertahap untuk memudahkan analisis sistem. Pada bab ini dijelaskan juga mengenai beberapa hal yaitu penentuan spesifikasi alat yang dirancang, blok diagram serta prinsip kerja sistem.

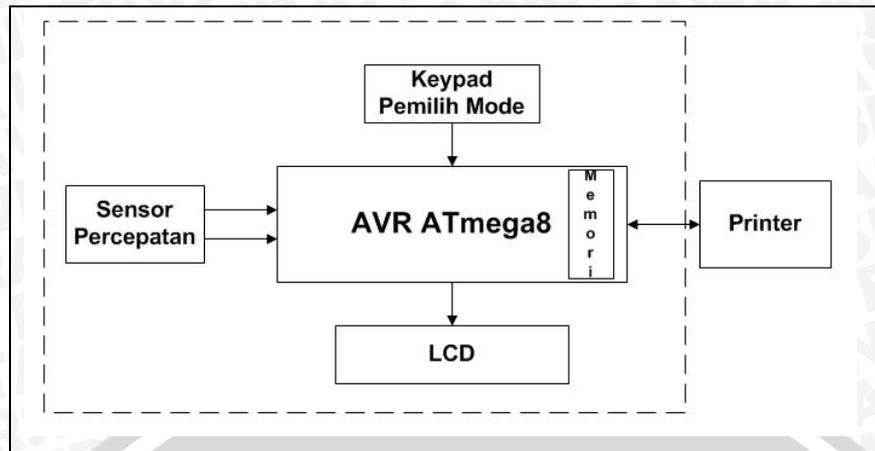
4.1 Spesifikasi Alat

Spesifikasi alat yang dirancang adalah sebagai berikut :

- Ada 5 mode yang bisa digunakan yaitu pengukuran sudut, pengukuran 2 bidang, kalibrasi, *browse* data, dan pencetakan data.
- Sensor yang digunakan adalah sensor percepatan ADXL202AE yang diaplikasikan sebagai pengukur sudut kemiringan.
- Resolusi alat sebesar 1°.
- Kapasitas penyimpanan data di EEPROM maksimal 512 byte untuk 100 data sudut
- Alat yang dirancang menggunakan mikrokontroler ATmega8 sebagai pemonitor data masukan, pengolah dan penyimpan data.
- Pemilih mode menggunakan keypad 3x4
- Data pengukuran ditampilkan melalui LCD 2 x 16 karakter.
- Data pengukuran dicetak dengan menggunakan printer dot matrix.
- Data pengukuran ditampilkan dalam satuan derajat
- Catu daya yang digunakan adalah baterai.

4.2 Perencanaan Blok Diagram

Blok diagram Alat Pengukur Sudut Kemiringan Bidang ditunjukkan dalam Gambar 4.1. Pembuatan blok diagram ini digunakan untuk memudahkan dalam perancangan dan pembuatan alat.



Gambar 4.1. Blok diagram Alat Pengukur Sudut Kemiringan Bidang

Sumber : Perancangan

4.3 Prinsip Kerja Sistem

Alat Pengukur Sudut Kemiringan Bidang ini terdiri dari bagian pemilih mode yang menggunakan satu tombol *keypad* dan beberapa tombol *keypad* lainnya sebagai tombol operasional pembantu. Sensor percepatan memberikan data ke mikrokontroler dalam bentuk pulsa dengan *duty cycle* tertentu sesuai dengan besarnya sudut yang diukur. Mikrokontroler menghitung besarnya *duty cycle* dan mengonversinya menjadi data sudut. Sebanyak 100 data sudut hasil pengukuran disimpan dalam EEPROM internal AVR.

Ada lima mode yang dapat dipilih melalui pemilih mode yaitu:

1. Mode Pengukuran

Pada mode ini alat akan menampilkan data sudut dengan melakukan penekanan tombol “*push*” setiap diinginkan data baru. Dengan menekan tombol “*save*” maka posisi sudut tersimpan pada EEPROM sesuai posisi data yang diinginkan.

2. Mode 2 Bidang

Mode ini mengukur besarnya sudut antara dua bidang miring. Dengan memasukkan data bidang pertama dan data bidang kedua akan didapatkan besar sudut diantaranya.

3. Mode *Browsing* Data

Mode ini digunakan untuk mencari dan melihat data sudut di urutan tertentu. Ini dilakukan dengan menekan tombol panah atas untuk melihat data sebelumnya dan panah bawah untuk data berikutnya.

4. Mode Kalibrasi

Kalibrasi dilakukan untuk mengeset kembali nilai parameter-parameter yang diperlukan untuk pengukuran. Ada 4 data yang diperlukan untuk kalibrasi yaitu X_{max} , X_{min} , Y_{max} , Y_{min} , yang akan menghasilkan parameter X_{0g} , Y_{0g} , X_{1g} , dan Y_{1g} .

5. Mode Pencetakan Data

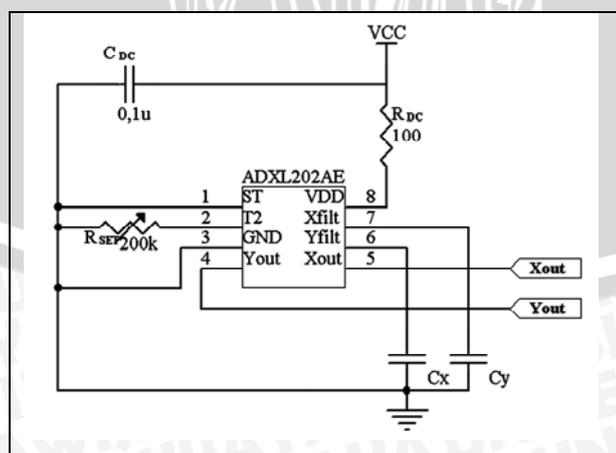
Mode ini digunakan saat diinginkan data hasil pengukuran dicetak menggunakan printer.

4.4 Perancangan dan Pembuatan Sistem

4.4.1 Perencanaan dan Pembuatan Perangkat Keras

4.4.1.1 Rangkaian Sensor Percepatan ADXL202AE

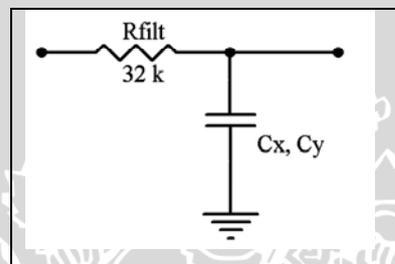
Beberapa hal yang harus dipertimbangkan dalam perancangan menggunakan ADXL 202AE ini adalah resolusi, *bandwidth*, dan waktu akuisisi. Resolusi adalah perubahan sinyal terkecil yang mampu dideteksi, besarnya *bandwith* menunjukkan berapa frekuensi maksimal dari osilator sensor yang dapat dideteksi, sedangkan waktu akuisisi adalah waktu yang diperlukan untuk memperoleh sinyal dari masing-masing aksis. Beberapa ketentuan tersebut digunakan untuk menentukan besarnya *bandwith* pada sensor percepatan, kecepatan *clock* pada mikrokontroler, dan besarnya periode (T_2) yang diperlukan sinyal pada keluaran sensor. Perencanaan rangkaian sensor percepatan ADXL202 ditunjukkan pada Gambar 4.3.



Gambar 4.2 Rangkaian Sensor ADXL202AE

Sumber : Datasheet ADXL202E

Pemilihan besarnya *bandwidth* ditentukan dari nilai kedua kapasitor *bandwidth* Cx dan Cy. Masing-masing Cx dan Cy terhubung dengan Resistor internal sensor senilai 32 kΩ membentuk filter *lowpass* pasif yang digunakan untuk mengurangi *noise* sebelum sinyal masuk ke rangkaian *analog to PWM* dari sensor. Untuk mengurangi *duty cycle error* maka *bandwidth* harus lebih kecil dari 1/10 frekuensi *duty cycle*. Semakin besar nilai bandwith maka semakin besar error yang mungkin timbul pada sinyal *duty cycle* keluaran sensor. Jika digunakan periode sinyal sebesar 1 ms atau 1000 Hz maka frekuensi *bandwidth* sebesar 100 Hz atau lebih kecil dari itu. Konfigurasi R dan C pada filter pasif *lowpass* ditunjukkan pada Gambar. 4.3.



Gambar 4.3 Rangkaian Filter Pasif Lowpass

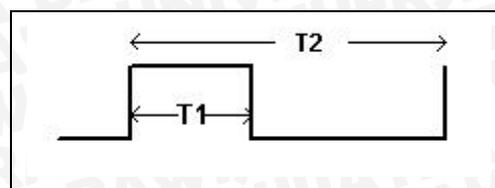
Sumber : Datasheet ADXL202E

Nilai *bandwidth* yang dimaksudkan sama dengan nilai frekuensi *cutoff* filter, yaitu frekuensi pada penguatan -3dB. Filter ini melewati frekuensi di bawah frekuensi *cutoff* dan meredam frekuensi lainnya. Besarnya frekuensi *cutoff* bergantung pada nilai R dan C yang ditunjukkan dalam persamaan:

$$F_{co} = \frac{1}{2\pi RC} \quad (4.1)$$

Dengan $F_{co} = 100$ Hz dan $R = 32$ kΩ maka diperoleh nilai C sebesar 0,05 uF.

Sedangkan besarnya periode T2 sinyal keluaran berkisar antara 0,5ms sampai 10ms di set menggunakan sebuah resistor Rset.



Gambar 4.4 Bentuk Sinyal Keluaran Sensor

Nilai T2 (periode sinyal) ditentukan oleh Rset sesuai dengan persamaan:

$$T2 (s) = Rset (\Omega) / 125 M \Omega \quad (4.2)$$

Sedangkan nilai *duty cycle* dapat diperoleh dengan persamaan:

$$DC = \frac{T1}{T2} \times 100\% \quad (4.3)$$

Dalam perancangan kali ini dipilih periode sinyal sebesar 1 ms.. Nilai Rset yang didapat sesuai dengan Persamaan 4.2 adalah:

$$\begin{aligned} 10^{-3} s &= Rset (\Omega) / 125 \times 10^6 (\Omega) \\ Rset &= 125 \times 10^3 \Omega \\ &= 125 k\Omega \end{aligned}$$

Rset harus diletakkan sedekat mungkin dengan pin T2 untuk meminimalkan kapasitansi parasit pada titik ini.

Selain itu perancangan pada sistem *counter* sinyal keluaran sensor yang dilakukan oleh mikrokontroler juga turut menentukan resolusi pengukuran. *Clock counter* yang lebih cepat memberikan resolusi yang lebih tinggi terhadap pembacaan *duty cycle*.

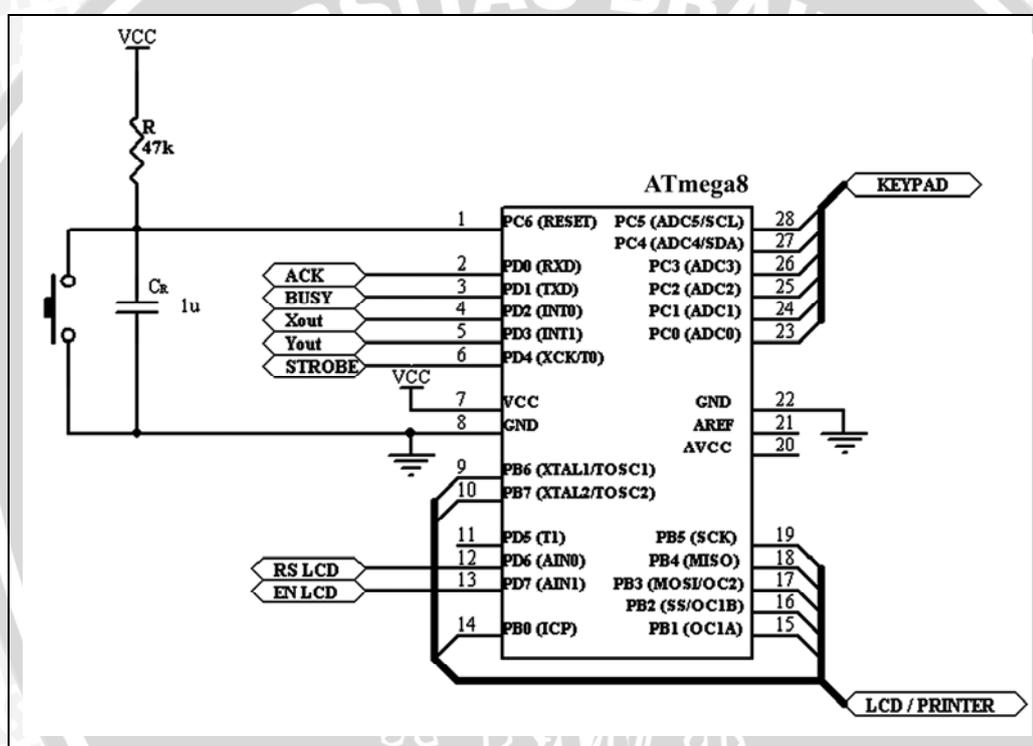
4.4.1.2 Sistem Mikrokontroler ATmega8

Tugas dari mikrokontroler untuk aplikasi pengukuran sudut ini adalah memonitor data masukan dari sensor berupa *duty cycle* dan menyimpan beberapa parameter kalibrasi dalam EEPROM untuk diolah lebih lanjut sehingga menjadi data sudut yang terukur.

Dari 28 pin pada mikrokontroler ATmega8 hanya 23 yang dapat diprogram menjadi jalur masukan atau keluaran yaitu 8 pin port B, 7 pin port C, dan 8 pin port D. Pada perancangan alat pengukur sudut kemiringan bidang ini pin-pin yang digunakan ditunjukkan pada Tabel. 4.1. Sedangkan sistem minimum yang terbentuk antara mikrokontroler dan rangkaian-rangkaian pendukung ditunjukkan pada Gambar 4.5.

Tabel. 4.1 Penggunaan Pin-pin I/O Mikrokontroler ATmega8

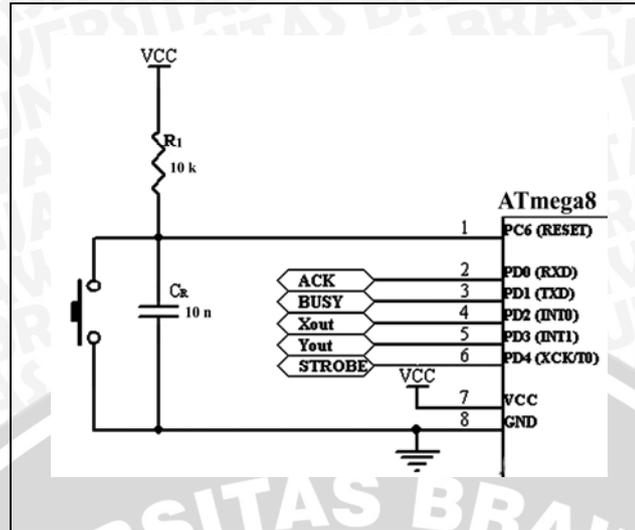
Pin	Fungsi
PB0 – PB7	Jalur data LCD dan printer
PC0 – PC5	Jalur data keypad
PC6	Pin RESET
PD0	ACK untuk mengendalikan printer
PD1	BUSY untuk mengendalikan printer
PD2	INT0 sebagai masukan dari keluaran x aksis sensor
PD3	INT1 sebagai masukan dari keluaran y aksis sensor
PD4	STROBE untuk mengendalikan printer
PD6	RS LCD
PD7	EN LCD



Gambar 4.5 Rangkaian Sistem Mikrokontroler ATmega8

Sumber : Perancangan

Pada minimum sistem juga terdapat rangkaian reset yang digunakan untuk mereset keseluruhan kerja dari mikrokontroler dan mereset program *counter* sehingga perintah program yang dieksekusi kembali dimulai pada alamat 0000h. Rangkaian reset yang digunakan dalam perancangan ini adalah eksternal reset. Reset eksternal digunakan untuk mereset mikrokontroler secara manual apabila diperlukan. Untuk mereset mikrokontroler, pin reset pada Atmega8 diberi logika rendah selama minimal 50 ns. Rangkaian reset ditunjukkan dalam Gambar 4.6.



Gambar 4.6 Rangkaian Reset Mikrokontroler ATmega8

Sumber : Perancangan

Berdasarkan Gambar 4.11, didapatkan persamaan untuk rangkaian reset:

$$V_{CC} = V_R + V_C$$

$$V_{CC}(t) = i(t)R + \frac{1}{C} \int i(t) dt \quad (4.4)$$

Dengan menggunakan transformasi Laplace diperoleh persamaan:

$$\frac{V_{CC}(s)}{s} = I(s).R + \frac{1}{C} \left(\frac{I(s)}{s} \right)$$

$$I(s) = \left(\frac{1}{s + 1/RC} \right) \cdot \frac{V_{CC}(s)}{R} \quad (4.5)$$

Dengan transformasi balik, didapatkan persamaan $i(t)$ sebagai berikut:

$$i(t) = \left(\frac{V_{CC}(t)}{R} \right) e^{-\frac{t}{RC}} \quad (4.6)$$

$$V_o = V_c = V_{CC} - V_R$$

$$= V_{CC} - R \cdot \left(\frac{V_{cc}(t)}{R} \right) \cdot e^{-\frac{t}{RC}} \quad (4.7)$$

$$= V_{CC} \cdot \left(1 - e^{-\frac{t}{RC}} \right)$$

Dengan menggunakan Persamaan (4.7), maka nilai t dapat ditentukan:

$$t = RC \cdot \ln \left(\frac{1}{1 - \frac{V_o}{V_{cc}}} \right) \quad (4-8)$$

Dengan $V_{CC} = 5 \text{ V}$ dan tegangan output $V_o = 0,2 \times V_{CC} = 1 \text{ V}$ maka:

$$t = RC \cdot \ln \left(\frac{1}{1 - \frac{1}{5}} \right)$$

$$t = 0,223RC$$

Dengan menentukan nilai C sebesar 10 nF maka nilai R minimum dapat ditentukan:

$$R_{\min} = \frac{50 \times 10^{-9}}{0,223 \times 10 \times 10^{-9}}$$

$$= 22,4 \Omega$$

Nilai R ditetapkan sebesar 10 k Ω yang akan menghasilkan waktu tunda sebesar:

$$t = 10 \times 10^3 \times 10^{-8} \times 0,223$$

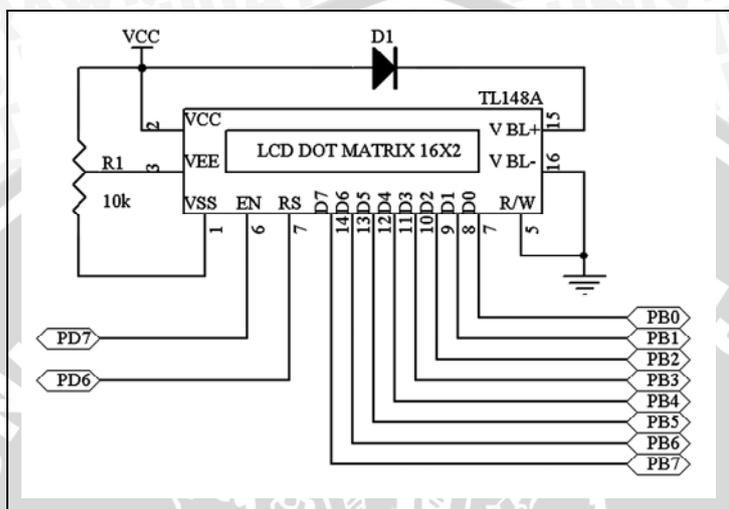
$$= 22,3 \mu\text{s}$$

Waktu 22,3 μs sudah dirasa cukup untuk memenuhi syarat sebagai waktu tunda rangkaian reset.

4.4.1.3 Rangkaian LCD

LCD yang digunakan pada perancangan ini LCD dot matrik TL148A (16 karakter, 2 baris) dengan back light berwarna biru. Mode yang digunakan adalah mode 8 bit sehingga dibutuhkan 8 pin yang digunakan sebagai jalur data bagi modul penampil LCD dan 2 pin sebagai sinyal-sinyal kontrol. Dua pin sinyal kontrol masing-masing digunakan untuk kontrol RS (*register selection*) dan EN (*enable*). Pada perancangan ini pin data LCD terhubung dengan port B(8 pin B), pin RS terhubung dengan port D6 dan pin EN terhubung dengan pin D7 mikrokontroler.

Dalam aplikasi ini tidak dilakukan operasi pembacaan dari register instruksi internal ataupun register data internal modul LCD, sehingga jalur kontrol R/\bar{W} (pin 5 LCD) dihubungkan ke *ground* sehingga mode operasi yang dilakukan selalu operasi penulisan ke register instruksi maupun register data internal LCD. Rangkaian *interface* LCD ditunjukkan dalam Gambar 4.7.



Gambar 4.7 Rangkaian Interface LCD

Sumber : Perancangan

Penulisan karakter pada LCD dapat diatur posisinya dengan menentukan alamatnya. Posisi baris dan kolom dalam diatur sesuai dengan alamat seperti ditunjukkan dalam Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Alamat LCD 16 Karakter X 2 Baris

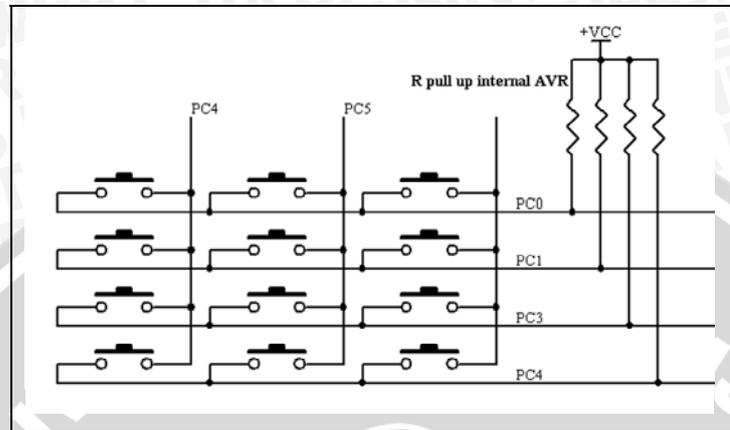
80h	81h	82h	83h	84h	85h	86h	87h	88h	89h	8Ah	8Bh	8Ch	8Dh	8Eh	8Fh
C0h	C1h	C2h	C3h	C4h	C5h	C6h	C7h	C8h	C9h	CAh	CBh	CCh	CDh	CEh	CFh

4.4.1.4 Keypad

Kolom *keypad* dihubungkan ke *high nibble* dari Port C mikrokontroler dan baris *keypad* dihubungkan ke *low nibble*. Dalam kondisi normal, *high nibble* dikonfigurasi sebagai *output* dan berada pada logika 1, sedangkan *low nibble* dikonfigurasi sebagai *input* dengan resistor *pull up* internal dari AVR. Karena hanya diperlukan 2 kolom saja maka 1 keluaran kolom keypad tidak dihubungkan.

Metode yang digunakan untuk membaca data dari *keypad* menggunakan metode *scanning*. Pada metode ini, setiap kolom secara berurutan diberi logika rendah (*discan* dengan mengeluarkan logika 0 ke setiap kolom satu demi satu) ketika pada saat yang sama 4 baris diambil. Jika sebuah tombol ditekan pada saat

kolom yang bersangkutan berlogika rendah, maka logika rendah ini akan terhubung dengan pin input melalui saklar yang terhubung dan baris yang bersangkutan akan berlogika rendah.



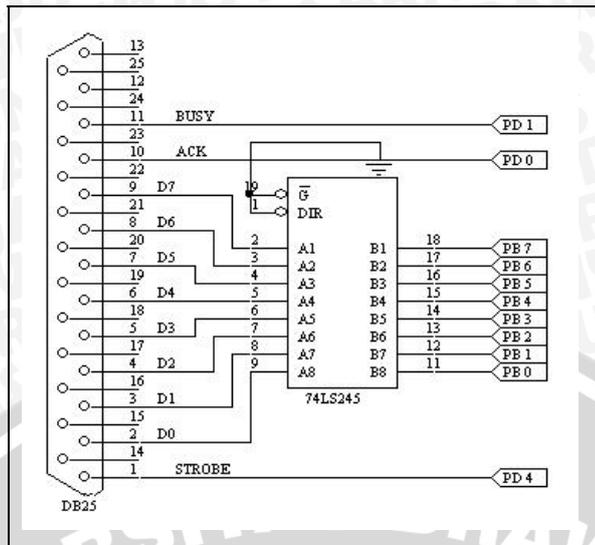
Gambar 4.8 Rangkaian Keypad

Sumber : Perancangan

4.4.1.5 Rangkaian Interface Printer

Antarmuka dengan printer dilakukan secara paralel menggunakan konektor DB-25 yang dihubungkan dengan port mikrokontroler. Pin-pin DB-25 yang dibutuhkan dalam pengiriman data ke printer dan dihubungkan dengan mikrokontroler adalah 8 pin data dan 3 pin masing-masing untuk *Strobe*, *Busy* dan *Acknowledge*. Delapan pin data dihubungkan dengan port B, sedangkan sinyal *Strobe*, *Busy* dan *Ack* masing-masing terhubung dengan port D4, port D1 dan port D0 mikrokontroler. Gambar 4.10 menunjukkan rangkaian antar muka printer dengan mikrokontroler.

Selain sebagai jalur data ke printer, port B juga digunakan sebagai jalur data ke LCD. Oleh karena itu, untuk mempertegas logika keluaran port B ke bus data printer diperlukan *buffer*. *Buffer* yang digunakan adalah IC 74LS245. Pin DIR dan G *buffer* dihubungkan ke *ground* sehingga arah data adalah dari port B ke port A *buffer*.



Gambar 4.9 Rangkaian *Interface Printer*

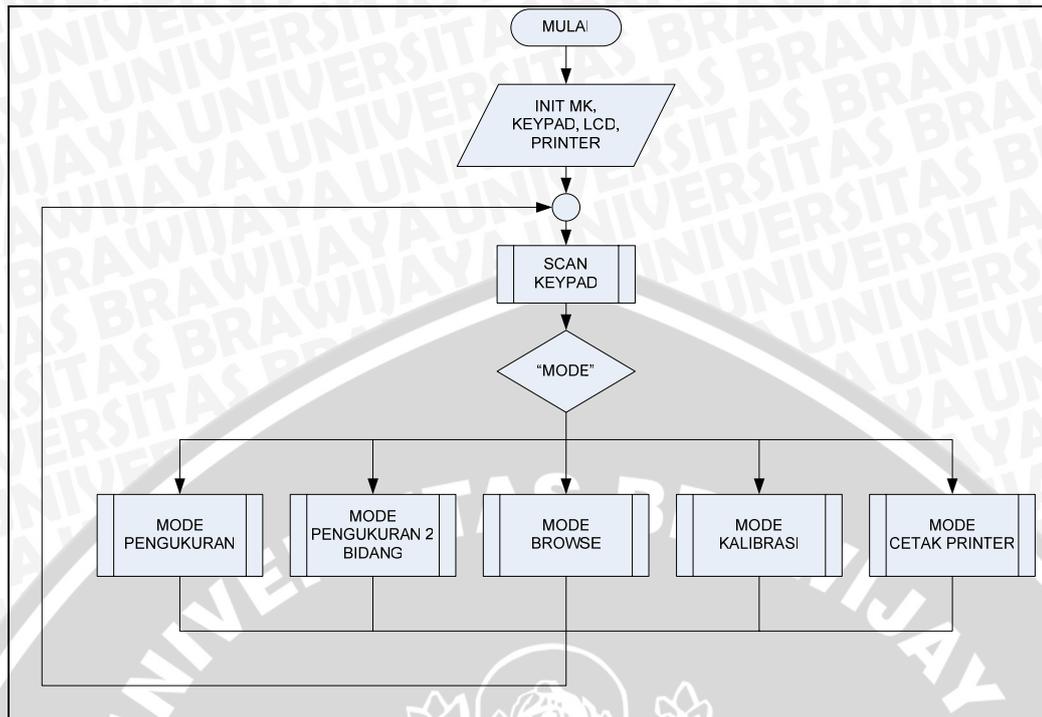
Sumber : Perancangan

4.4.2 Perencanaan dan Pembuatan Perangkat Lunak

Perancangan perangkat lunak pada mikrokontroler diharapkan dapat mengendalikan sistem. Perangkat lunak harus mampu melakukan pembacaan 2 keluaran sensor dalam waktu yang hampir bersamaan dengan cepat, mampu melakukan komunikasi antara mikrokontroler dan LCD sebagai tampilan, mampu pembacaan *keypad* yang digunakan untuk memilih mode dan beberapa fungsi lainnya, serta mampu menangani proses aritmatika dan operasi pada masing-masing mode. Jika tombol mode ditekan, ada 5 pilihan mode yaitu mode pengukuran sudut, mode 2 bidang, mode *browse*, mode kalibrasi, dan mode pencetakan.

4.4.2.1 Perangkat Lunak Program Utama

Program utama Alat Pengukur Sudut Kemiringan Bidang ini melakukan inisialisasi dan selalu mendeteksi 6 tombol pada *keypad* untuk memilih 5 mode yang tersedia. Saat tombol mode ditekan pertama kali maka akan tampil tulisan “MODE”, penekanan kedua sampai keenam dilakukan untuk memilih mode yang diinginkan dengan menekan tombol “ENTER” untuk masuk pada mode yang tersebut.



Gambar 4.10 Flowcart Program Utama

Sumber : Perancangan

4.4.2.2 Perangkat Lunak Mode Pengukuran Sudut

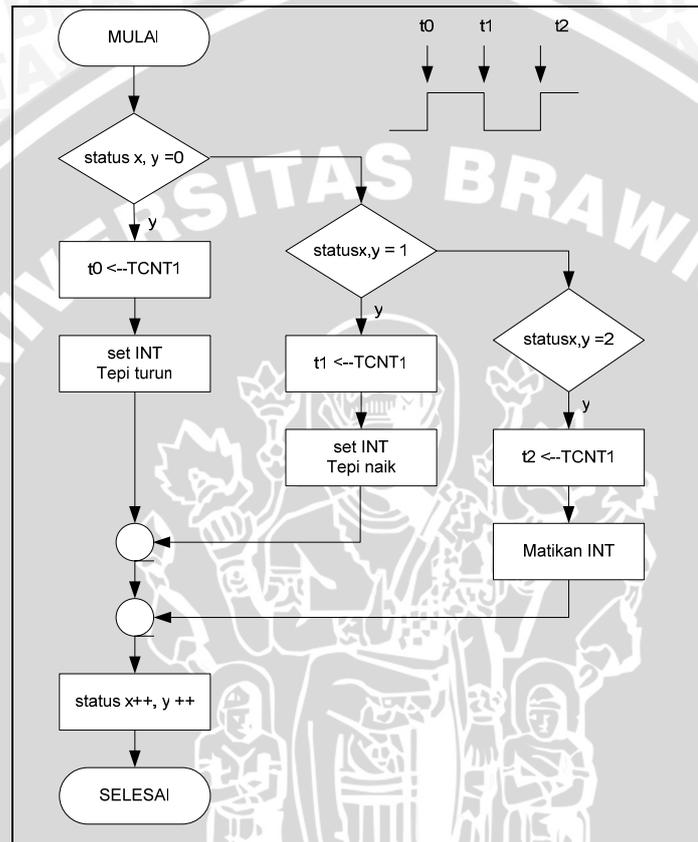
Untuk melakukan pengukuran sudut, ada beberapa sub program yang harus dijalankan diantaranya sub program untuk memperoleh data *duty cycle* dan sub program untuk memperoleh data sudut itu sendiri.

4.4.2.2.1 Perangkat Lunak Pembacaan Duty Cycle

Sub program pembacaan *duty cycle* adalah program yang memonitor 2 keluaran sensor. Karena diperlukan respons yang cepat saat dibutuhkan data sensor maka digunakan 2 interup eksternal AVR yaitu INT0 untuk memonitor keluaran sensor Y aksis dan INT1 untuk X aksis. Saat program pembaca *duty cycle* dipanggil, pertama kali akan mengaktifkan 2 interup tersebut dan mengesetnya menunggu tepi naik.

Kedua interup tidak aktif secara bersama-sama, setelah INT0 selesai baru INT1 diaktifkan. Saat interup terjadi, program menyimpan nilai timer yang digunakan untuk mencacah panjangnya sinyal. Timer yang digunakan adalah TIMER1 16 bit dengan sumber clock sebesar $CK/8$. Nilai timer yang disimpan adalah nilai timer pada masing-masing tepi logika sinyal, tepi naik pertama disimpan dalam t_0 , tepi turun disimpan dalam t_1 , dan tepi naik kedua dalam t_2 .

Setelah didapat t_0 masing-masing interup diset menjadi menunggu tepi turun, setelah didapatkan t_1 interup kembali diset menunggu tepi naik, dan setelah diperoleh nilai t_2 interup dimatikan. Proses ini dilakukan pada masing-masing pemonitor keluaran sensor Y aksis dan X aksis. Flowcart sub program saat terjadi INT0 dan INT1 ditunjukkan dalam Gambar 4.11.



Gambar 4.11 Flowcart Pemonitor Keluaran Sensor X dan Y Aksis menggunakan INT0 dan INT1.

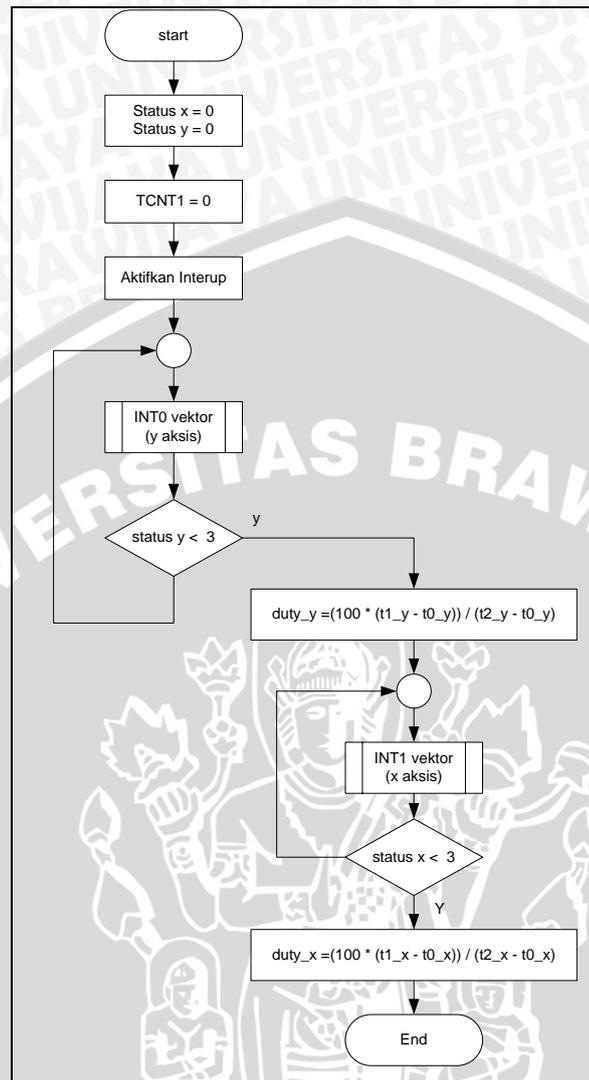
Sumber : Perancangan

Setelah didapatkan 3 nilai t , maka program pembaca *duty cycle* akan menghitung besarnya *duty cycle*. Nilai *duty cycle* dihitung dengan persamaan berikut

$$duty_y = \frac{t_{1y} - t_{0y}}{t_{2y} - t_{0y}} \times 100$$

$$duty_x = \frac{t_{1x} - t_{0x}}{t_x - t_{0x}} \times 100$$

Flowcart sub program pembaca *duty cycle* ditunjukkan dalam Gambar 4.12.

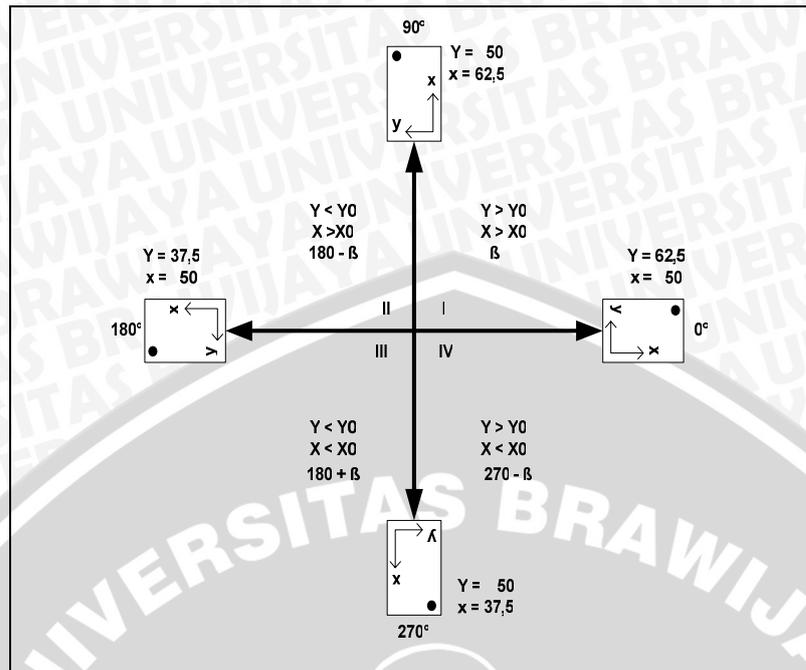


Gambar 4.12 Flowcart Pembacaan Duty Cycle

Sumber : Perancangan

4.4.2.2.2 Perangkat Lunak Perhitungan Sudut

Perancangan sub program perhitungan sudut ini dilakukan dengan berpatokan pada data yang ada di datasheet. Sedangkan perancangan secara lebih pastinya dilakukan setelah diperoleh data pengujian keluaran *duty cycle* sensor pada masing-masing posisi 0 -360 derajat. Pengujian tersebut harus dilakukan untuk mengetahui data *duty cycle* beserta polanya yang akan diproses. Selain itu juga untuk menentukan nilai *duty cycle* maksimal dan minimal dari keluaran sensor. Penggambaran kondisi data sensor pada data sheet ditunjukkan pada Gambar.4.13.



Gambar 4.13 Kondisi dan Pola Data Sensor Sesuai Data sheet sebagai Syarat Kuadran

Sumber : Perancangan

Jika diperoleh data seperti pada Gambar 4.10 maka dapat ditentukan nilai *duty cycle* maksimal adalah 62,5 % dan nilai *duty cycle* minimal adalah 37,5% pada masing-masing aksis keluaran. Kedua nilai inilah yang digunakan untuk menentukan nilai sensitivitas sensor. Nilai sensitivitas yang dimaksud adalah nilai perubahan per 1 g. Karena nilai percepatan sensor berkisar antara 1g sampai -1 g maka nilai sensitivitas sensor (nilai per 1g) ditunjukkan dalam persamaan berikut:

$$sensitivitas(\%) = \frac{\max DCM(\%) - \min DCM(\%)}{2} \quad (4-9)$$

Sedangkan nilai pada posisi 0g diperoleh dapat diperoleh dari persamaan berikut:

$$0g(\%) = \frac{\max DCM(\%) + \min DCM(\%)}{2} \quad (4-10)$$

Sehingga pada posisi 0g diperoleh nilai sebesar:

$$0g(\%) = \frac{62,5 + 37,5}{2} = 50$$

Nilai yang dibutuhkan untuk mendapatkan nilai sudut adalah melalui nilai percepatan yang dihitung dengan persamaan:

$$A(g) = \frac{|DCM\% - 0g(\%)|}{\text{sensitifitas}(\%)} \quad (4-11)$$

Tanda mutlak ditambahkan agar tidak terdapat nilai percepatan yang bernilai negatif untuk mempermudah dalam proses selanjutnya. Dan nilai sudut dapat diperoleh dengan persamaan:

$$\alpha = \arcsin(A(g)/1g) \quad (4-12)$$

Nilai 0g masing-masing aksis digunakan sebagai pembanding sehingga dihasilkan kombinasi syarat yang berbeda pada masing-masing kuadran seperti ditunjukkan dalam Gambar 4.10 sebelumnya. Syarat-syarat itulah yang digunakan untuk mengidentifikasi sensor sedang berada pada kuadran ke berapa, karena nilai \arcsin tidak dapat menentukan sudut dengan *range* 0 – 360, sehingga ada beberapa konstanta yang ditambahkan seperti 180 pada kuadran II dan konstanta yang dikurangkan seperti 180 dan 270 pada kuadran III dan IV.

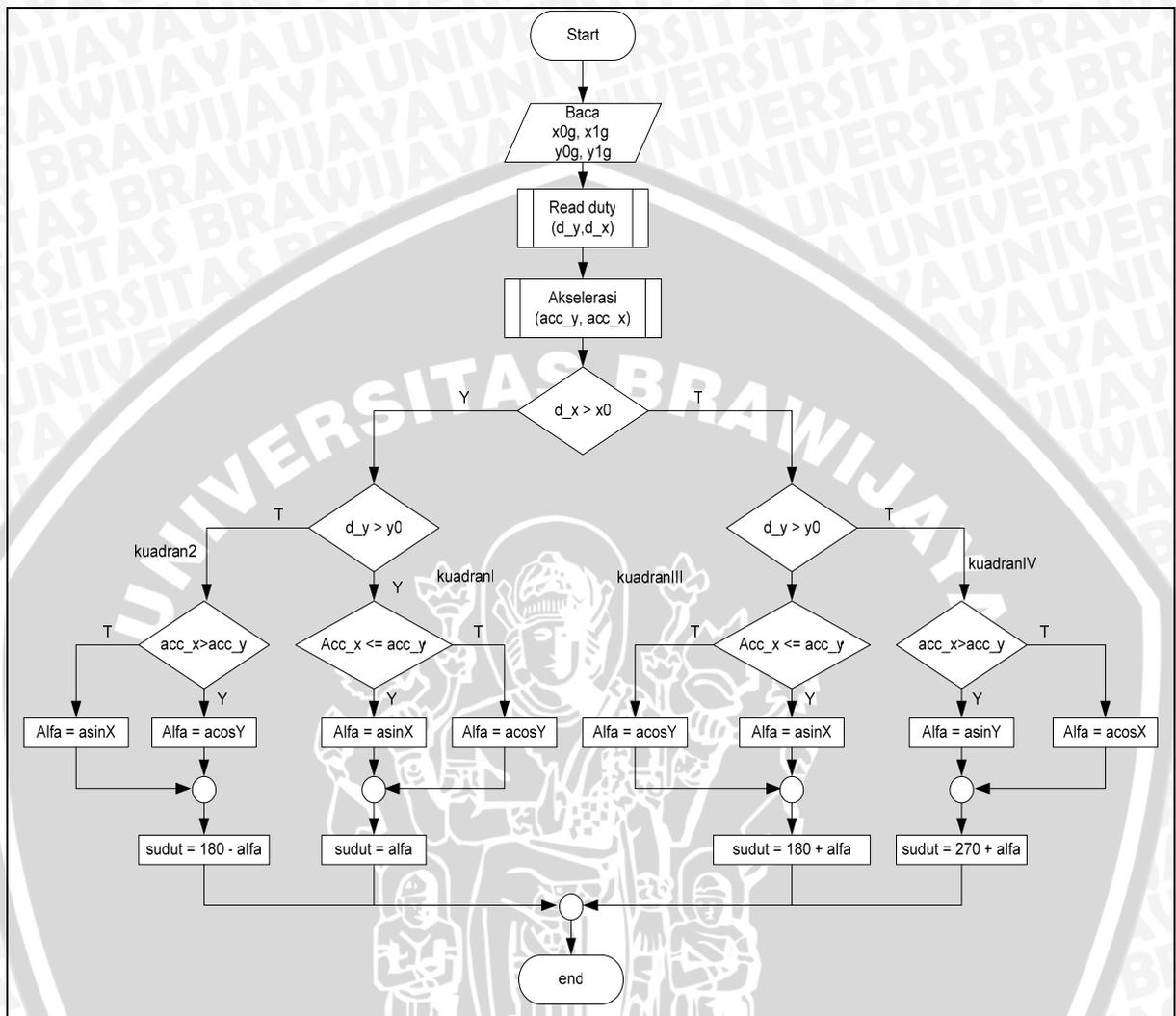
Resolusi sensor berubah menjadi semakin kecil ketika mendekati sumbu gravitasi bumi, sehingga aksis yang digunakan untuk pengonversian ke data sudut adalah aksis yang terdekat dengan sumbu horizontal bumi. Penggunaan aksis ini dibedakan dengan mengidentifikasi apakah posisi aksis lebih kecil ataukah lebih besar dari sudut 45 ° atau posisi tengah pada masing-masing kuadran. Syarat yang bisa digunakan adalah perbandingan antara nilai percepatan Y aksis (A_y) dan X aksis (A_x). Kondisi data ditunjukkan pada Gambar 4.14

X AXIS ORIENTATION TO HORIZON (°)	X OUTPUT		Y OUTPUT (g)		
	X OUTPUT (g)	Δ PER DEGREE OF TILT (mg)	Y OUTPUT (g)	Δ PER DEGREE OF TILT (mg)	
-90	-1.000	-0.2	0.000	17.5	} $A_y < A_x$
-75	-0.966	4.4	0.259	16.9	
-60	-0.866	8.6	0.500	15.2	
-45	-0.707	12.2	0.707	12.4	} $A_y > A_x$
-30	-0.500	15.0	0.866	8.9	
-15	-0.259	16.8	0.966	4.7	
0	0.000	17.5	1.000	0.2	
15	0.259	16.9	0.966	-4.4	
30	0.500	15.2	0.866	-8.6	
45	0.707	12.4	0.707	-12.2	} $A_y < A_x$
60	0.866	8.9	0.500	-15.0	
75	0.966	4.7	0.259	-16.8	
90	1.000	0.2	0.000	-17.5	

Gambar 4.14 Kondisi dan Pola Data Sensor Sesuai Data Sheet sebagai Penentu Aksis yang Digunakan

Sumber : Perancangan

Dari perancangan dan pemetaan data keluaran sensor tersebut maka dapat dirancang *flowchart* perhitungan sudut ditunjukkan dalam Gambar 4.15



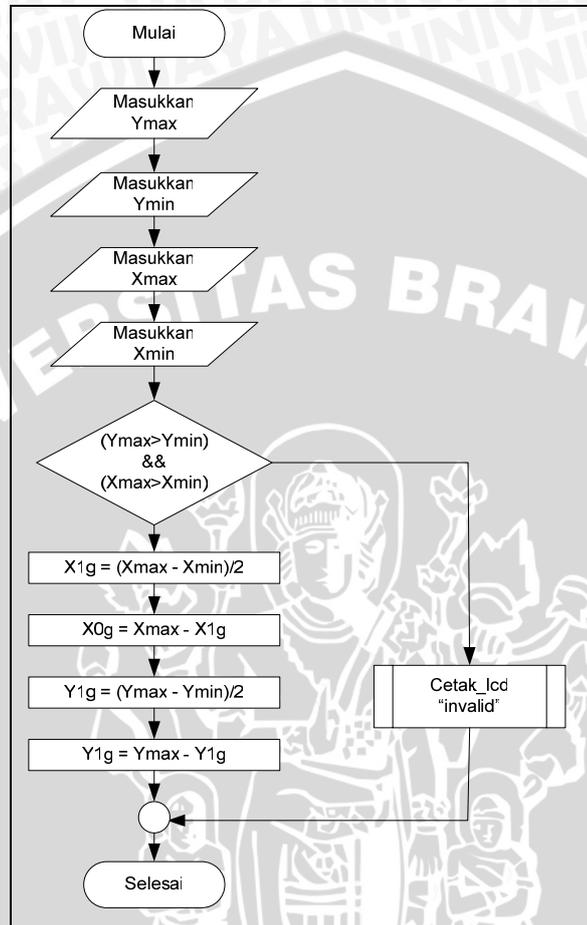
Gambar 4.15 Flowcart Perhitungan Sudut dari 0 – 360 derajat

Sumber : Perancangan

4.4.2.3 Perangkat Lunak Mode Kalibrasi

Keluaran digital kedua aksis sensor secara perhitungan kasar mempunyai nilai ideal 50% pada 0g dengan sensitivitas 12,5% untuk setiap perubahan 1g. Kalibrasi yang dimaksud adalah penyesuaian nilai-nilai parameter yang dibutuhkan dalam perhitungan, dan dimungkinkan dapat berubah karena pengaruh kondisi geografis dan suhu tempat pengukuran. Parameter-parameter yang dibutuhkan antara lain X_{max} , X_{min} , Y_{max} , dan Y_{min} . Keempat parameter diperoleh dengan memanggil sub program pembacaan duty cycle. Keempat nilai tersebut perlu dicek kebenarannya dengan cara memastikan apakah kondisi

$((X_{max} > X_{min}) \& (Y_{max} > Y_{min}))$ bernilai benar maka data dianggap valid dan jika tidak harus dilakukan kalibrasi ulang. Nilai parameter kemudian dimasukkan ke dalam persamaan untuk mendapatkan nilai X_{0g} , X_{1g} , Y_{0g} , dan Y_{1g} . Flowcart sub program mode kalibrasi ditunjukkan dalam Gambar 4.16



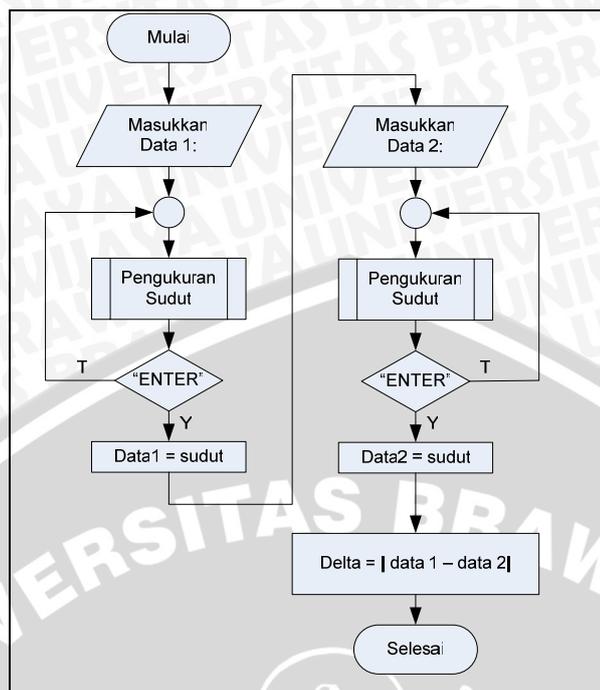
Gambar 4.16 Flowcart Sub Program Mode Kalibrasi

Sumber : Perancangan

Nilai X_{0g} , X_{1g} , Y_{0g} , dan Y_{1g} yang didapatkan melalui pengujian nantinya akan diset pada program, sehingga proses kalibrasi (penge-setan ulang nilai-nilai tersebut) hanya dilakukan jika diperlukan.

4.4.2.4 Perangkat Lunak Pengukuran 2 Bidang

Mode pengukuran 2 bidang dilakukan dengan memanggil fungsi pengukuran sudut. Data sudut bidang pertama dan kedua disimpan untuk mendapatkan besar sudut diantaranya yaitu selisih dari kedua nilai tersebut. Perancangan flowcart sub program pengukuran 2 sudut ditunjukkan dalam Gambar 4.17

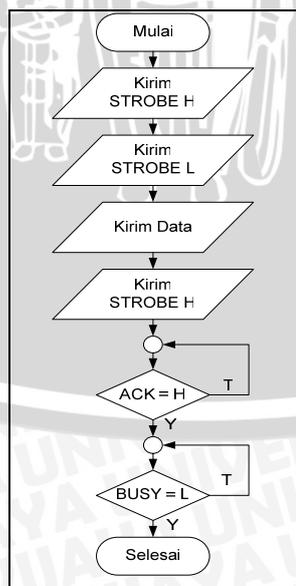


Gambar 4.17 Flowcart Sub Program Mode Pengukuran 2 Bidang

Sumber : Perancangan

4.4.2.5 Perangkat Lunak Mode Cetak Data Sudut Menggunakan Printer

Jika dipilih mode “PRINT” maka pertanyaan untuk mempertegas perintah pencetakan data akan muncul. Jika tombol “ENTER” ditekan maka proses pencetakan semua data yang tersimpan akan dilakukan. Flowcart pencetakan 1 byte data ditunjukkan dalam Gambar 4.18.



Gambar 4.18 Flowcart Pencetakan Data menggunakan Printer

Sumber : Perancangan