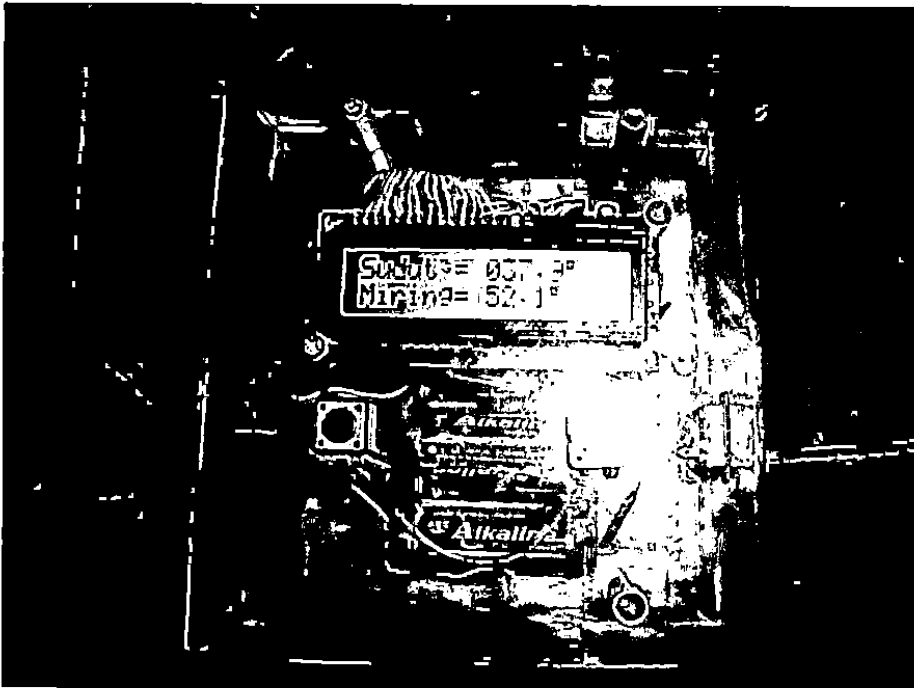


BAB IV

PENGUJIAN DAN PEMBAHASAN

A. Pembuatan Alat

Sesuai dengan perencanaan pada perancangan, alat kemudian dirakit dengan menggunakan komponen sesuai dengan spesifikasi dan analisa kebutuhan terdahulu. Hasil dari alat yang dibuat adalah sesuai dengan gambar alat sebagai berikut :



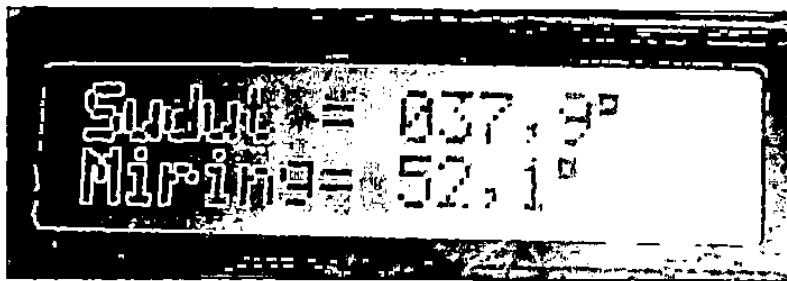
Gambar 4.1. Alat pengukur derajat kemiringan tembok

Bagian dari alat pengukur kemiringan adalah sebagai berikut :

1. LCD

LCD berfungsi sebagai penampil sudut kemiringan dari posisi tegak lurus. Sudut kemiringan ditampilkan dalam satuan derajat dengan

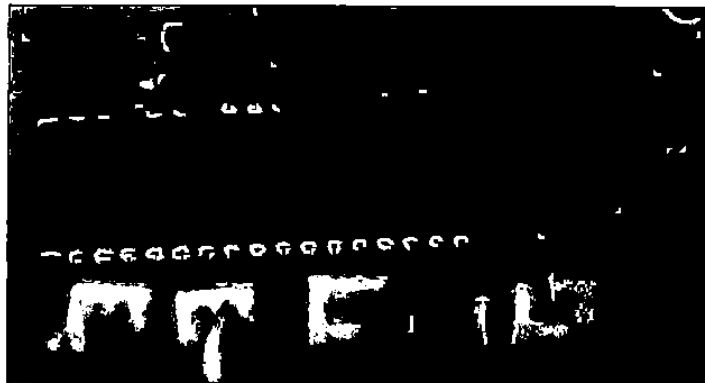
ketelitian satu angka dibelakang koma



Gambar 4.2. Tampilan LCD 26 x 2 karakter

2. Mikrokontroler

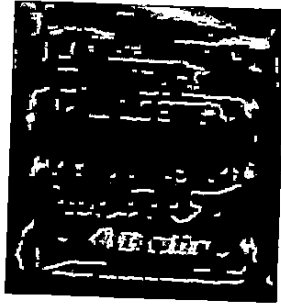
Mikrokontroler berperan melakukan proses perhitungan pengukuran posisi sudut serta melakukan perhitungan hasil akhir sudut. Dengan menggunakan ADC 10 bit yang merupakan aplikasi internal yang dimiliki oleh mikrokontroler *ATMega8535*



Gambar 4.3. Mikrokontroler *AVR ATMega8535*

3. Power Suplai

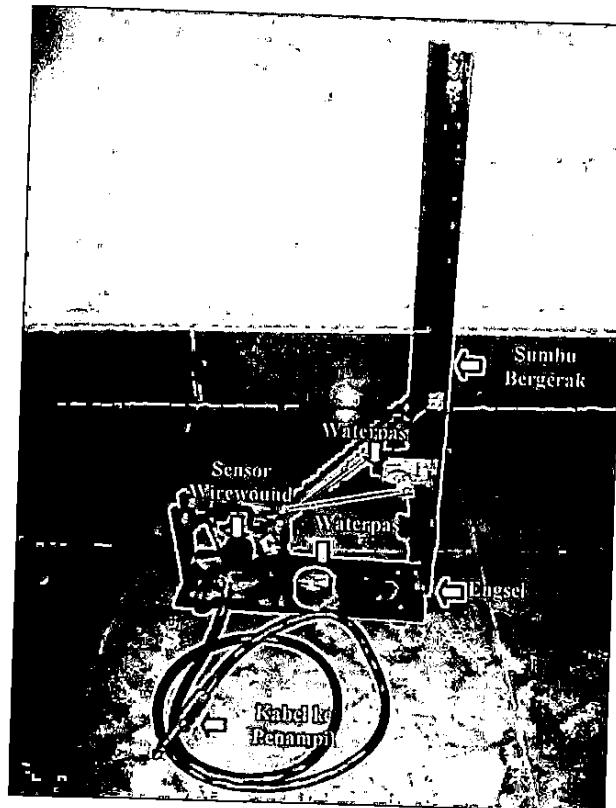
Power Suplai merupakan bagian dari sistem yang bertugas untuk menyuplai tegangan. Pada sistem ini digunakan 4 buah baterai alkaline yang mana masing-masing baterai memiliki tegangan 1,5 volt sehingga jika keempat baterai tersebut dihubungkan seri maka tegangan suplai



Gambar 4.4. Rangkaian Power Suplai

4. Sensor

Sensor berperan untuk mendeteksi perubahan sudut pengukuran.



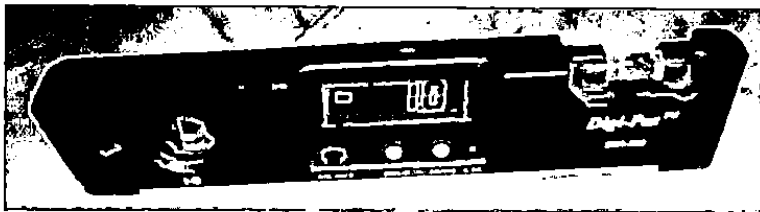
Gambar 4.5. Konstruksi Sensor Kemiringan

Pada bagian ini terdapat potensiometer jenis *wirewound* yang terhubung dengan tegangan, ketika potensiometer diputar pada 2 arah yang

berlawanan, maka tegangan yang masuk ke input ADC dari mikrokontroler juga berubah.

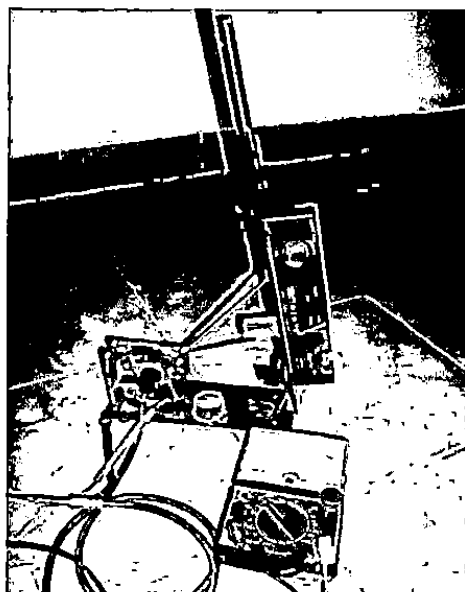
B. Proses Kalibrasi Alat

Proses kalibrasi ini dilakukan untuk mengetahui perbandingan antara perubahan tegangan keluaran sensor terhadap perubahan sudut kemiringan. Pada proses kalibrasi pengukuran sudut ini menggunakan waterpas digital merek Digi-Pas sebagai alat pembanding.



Gambar 4.6. *waterpass digital* merek Digi-Pas

Proses pengkalibrasian dilakukan dengan mengukur tegangan seluaran sensor wirewound pada setiap perubahan sudut yang ditampilkan pada waterpas digital. Gambar 4.7 berikut menunjukkan proses pengambilan data untuk kalibrasi



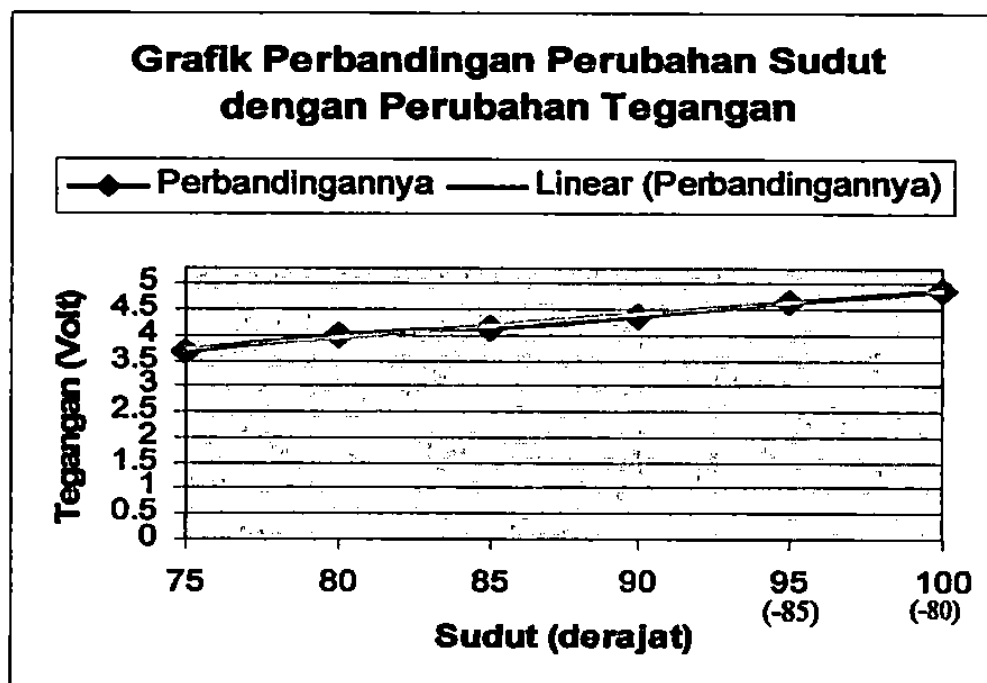
Gambar 4.7. Proses pengambilan data kalibrasi

Data hasil pengujian kalibrasi konversi tegangan menjadi sudut adalah sebagai berikut :

Tabel 4.1. Data pengukuran konversi tegangan ke sudut

Sudut Waterpas (°)	Tegangan keluaran potensio (volt)
-80	4,872
-85	4,643
90	4,385
85	4,155
80	3,989
75	3,671

Dari tabel diatas dapat dibuat grafik linieritas perbandingan antara perubahan sudut dengan perubahan tegangan



Gambar 4. 8 Grafik Linieritas Perubahan Sudut dan Tegangan

Dari data pada tabel 4.1 diatas didapat perhitungan rata-rata perubahan tegangan potensio tiap 1° sebagai berikut :

Tabel 4.2. Data Perhitungan rata-rata tegangan tiap derajat

Selisih Sudut	Selisih Tegangan (volt)	Rata-rata tiap derajat
-85 s/d -80	$4,872 - 4,643 = 0,229$	$0,229/5 = 0,0458$
90 s/d -85	$4,643 - 4,385 = 0,258$	$0,258/5 = 0,0516$
85 s/d 90	$4,385 - 4,155 = 0,230$	$0,230/5 = 0,046$
80 s/d 85	$4,155 - 3,989 = 0,166$	$0,166/5 = 0,0332$
75 s/d 80	$3,989 - 3,671 = 0,318$	$0,318/5 = 0,0636$

Sehingga dari tabel diatas didapat rata-rata perubahan tegangan tiap derajatnya adalah :

$$\text{rata-rata} = \frac{0,0458 + 0,0516 + 0,046 + 0,0332 + 0,0636}{5} = \frac{0,2402}{5} = 0,04804 \text{ volt .}$$

Dengan demikian berarti setiap perubahan 1° terjadi perubahan tegangan keluaran sensor sebesar 0,04804 volt. Tegangan keluaran sensor merupakan tegangan masukan dari ADC 10 bit mikrokontroler *ATMega8535* dengan resolusi sebesar:

$$r = \frac{V_{ref}}{2^n - 1}$$

Dimana r = Resolusi ADC

V_{ref} = Tegangan Refrensi ADC

n = jumlah bit ADC

dengan demikian resolusi ADC adalah :

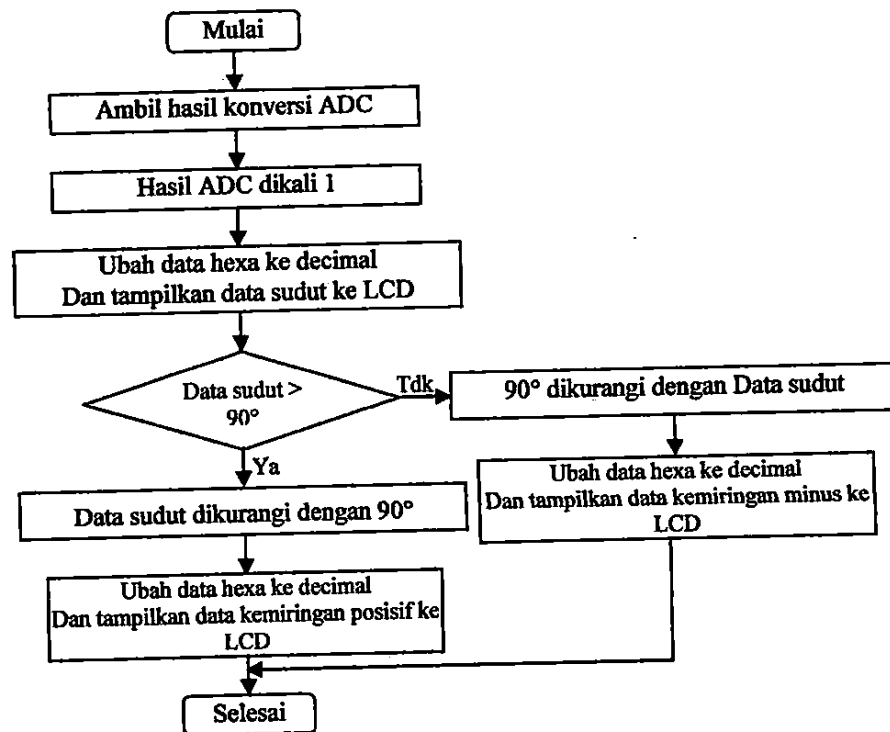
$$r = \frac{5,3}{2^{10} - 1} = \frac{5,3}{1023} = 0,00518 \text{ volt}$$

Dengan resolusi ADC sebesar 0,00518 volt berarti setiap perubahan tegangan sebesar 0,00518 volt pada masukan ADC terjadi perubahan 1 bit pada keluaran ADC. Jika resolusi ADCnya sebesar 0,00518 volt maka setiap perubahan 1 bit pada keluaran ADC dapat mengukur sudut kemiringan sebesar $0,00518/0,04804=0,107^{\circ}=0,1^{\circ}$

C. Software Konversi dari Tegangan menjadi Sudut

Dari hasil kalibrasi diatas didapat data bahwa alat yang dirancang ini memiliki ketelitian 0,00518 volt tiap $0,1^{\circ}$ atau 1 bit ADC tiap $0,1^{\circ}$. Data tersebut kemudian dimasukkan kedalam software mikrokontroler dalam hal ini menggunakan software dengan bahasa assembler. Pembuatan program mikrokontroler dengan bahasa assembler menggunakan software AVR Studio 4 sebagai *software compiler* dan software PonyProg2000 yang digunakan untuk mendownload program kedalam chip mikrokontroler *ATMega8535*.

Berikut ini adalah gambar diagram alir program konversi ADC menjadi:



Gambar 4.9. Diagram Alir program konversi dari tegangan ke sudut

konversihasilnya:

```

in    mc16uL,ADCL    ; ambil data ADC byte low
in    mc16uH,ADCH    ; ambil data ADC byte high
ldi   temp,0x01     ; isi buffer dengan data 000AH
mov   mp16uL,temp
ldi   temp,0x00
mov   mp16uH,temp
rcall mpy16u        ; buffer dikali dengan hasil ADC
sts   HasilkaliL,m16u0 ; hasil kalinya disimpan pada label HasilkaliL
sts   HasilkaliH,m16u1 ; dan label HasilkaliH
mov   dd16uL,m16u0
mov   dd16uH,m16u1
rcall pembagian16bit ; ubah data Hexadesimal menjadi data desimal
rcall tampilsudut    ; tampilkan data sudut ke LCD
;
lds   m16u0,HasilkaliL ; ambil data dari label HasilkaliL dan HasilkaliH
lds   m16u1,HasilkaliH
clc
ldi   temp,0x84      ; isi buffer dengan data 0384H = 90,00°
ldi   temp1,0x03
sub   m16u0,temp     ; kurangi hasilkali dengan data buffer
sbc   m16u1,temp1
brcs lebihkecil    ; jika masih ada sisa maka lompat ke lebihkecil
mov   dd16uL,m16u0
mov   dd16uH,m16u1
rcall pembagian16bit ; ubah data Hexadesimal menjadi data desimal
rcall tampilhasil1  ; tampilkan data kemiringan minus ke LCD
rcall Ldelay
ret
  
```



```

;
lebihkecil:
    lds    m16u0,HasilkaliL    ;ambil data dari label HasilkaliL dan HasilkaliH
    lds    m16u1,HasilkaliH
    clc
    ldi    temp,0x84           ; isi buffer dengan data 0384H = 90,00°
    ldi    temp1,0x03
    sub    temp,m16u0         ; kurangi buffer dengan hasilkali
    sbc    temp1,m16u1
    mov    dd16uL,temp
    mov    dd16uH,temp1
    rcall  pembagian16bit     ; ubah data Hexadesimal menjadi data desimal
    rcall  tampilhasil       ; tampilkan data kemiringan positif ke LCD
    rcall  Ldelay
    ret

```

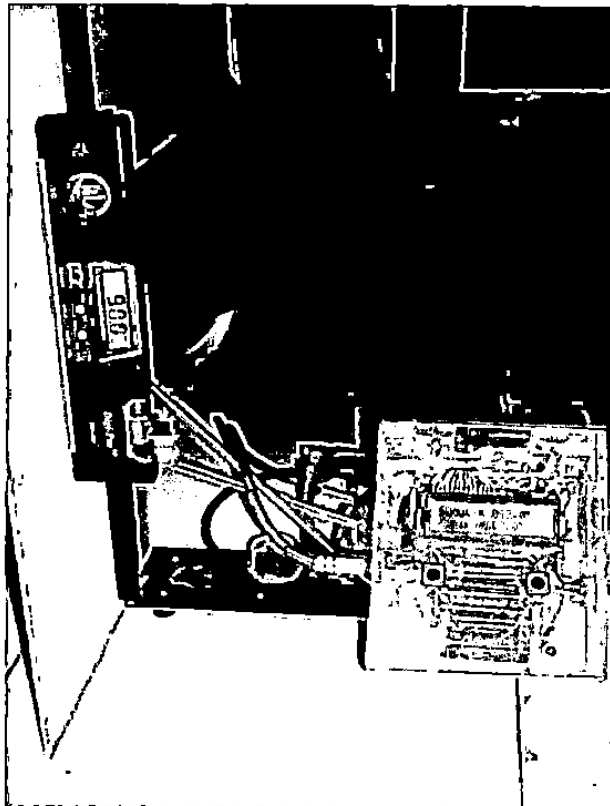
Subroutine konversihasilnya adalah program yang berfungsi untuk mengkonversi data hasil konversi ADC menjadi data sudut dan kemiringan. Program pertama adalah pengambilan data dari buffer ADC yaitu register ADCL dan ADCH. Kemudian data tersebut dikalikan dengan bilangan 0x01 (ketelitian 0,1°) sesuai dengan pembahasan yang telah dibahas pada sub bab 4.2 diatas. Hasil perkalian tersebut kemudian dikonversi menjadi data desimal dan ditampilkan ke LCD sebagai data sudut. Untuk mendapatkan data sudut kemiringan kemudian data sudut yang sudah didapatkan dikurangi dengan sudut 90° jika data sudut lebih kecil dari 90° maka kurangi 90° dengan data sudut lalu konversi ke data desimal dan tampilkan keLCD dengan notasi (-). Sedangkan jika data sudutnya lebih besar dari 90° maka data sudut dikurangi dengan 90° lalu konversi ke data desimal dan tampilkan keLCD dengan tidak ada notasi (-)

D. Validasi Alat

Validasi alat bertujuan untuk membandingkan nilai yang dihasilkan oleh

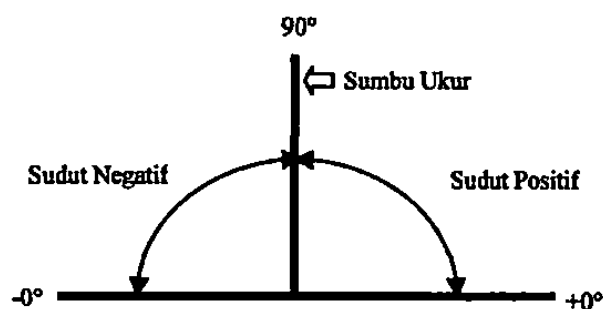
alat dengan nilai yang sesungguhnya. Alat bantu yang digunakan pada pengujian

ini adalah waterpas digital produksi Digi Pas. Pada Gambar 4.9 berikut ini adalah cara pengambilan data validasi pada posisi sumbu vertikal



Gambar 4.10. Pengambilan data validasi pada posisi sumbu vertikal

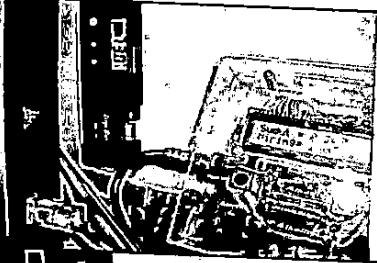

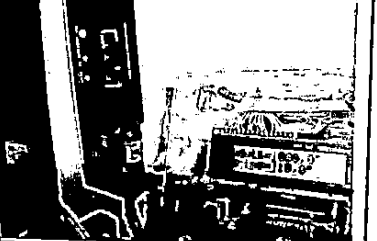


Pada pengambilan data sudut pada sumbu vertikal (tegak) alas sensor sebagai sumbu horisontal dan *waterpass digital* dipasangkan sejajar dengan dinding yang akan diukur sudutnya. Berikut ini adalah ilustrasi pengukuran sudut pada posisi sumbu vertikal :

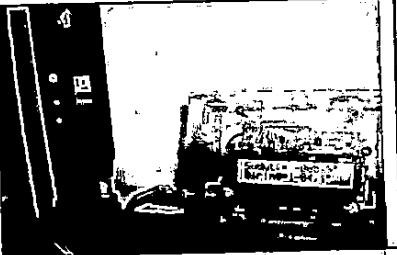

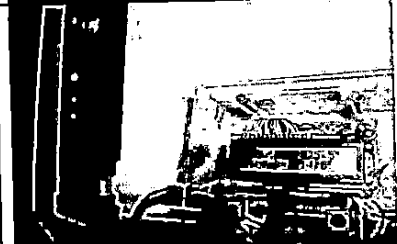
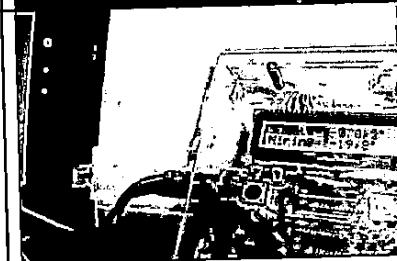


Gambar 4.11. Gambar Ilustrasi pengukuran sudut pada sumbu vertikal

Dari pengukuran yang dilakukan didapat data pengukurannya sebagai berikut :

Tabel 4. 3. Validasi Alat dengan Waterpas Digital pada sudut vertikal

No	Sudut Waterpass digital	Sudut Alat	Kemiringan alat	Keterangan
1	73,0°	73,3°	16,7°	
2	75,0°	75,0°	15,0°	
3	80,0°	80,0°	10,0°	
4	85,0°	85,2°	4,8°	
5	90,0°	90,0°	00,0°	

6	-85,0°	-85,9°	-04,1°	
7	-80,0°	-80,9°	-9,1°	
8	-75,0°	-75,5°	-14,5°	
9	-70,0°	-70,2°	-19,8°	

Data kemiringan adalah selisih sudut terukur dengan sumbu tegak lurus atau 90°. Dari kedua pengukuran sudut diatas dapat dihitung error pengukuran adalah sebagai berikut :

$$\text{Mean} = \bar{x}_i = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

$$\text{Deviasi} = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x}_i)^2}{n-1}}$$

dimana x_i = selisih pengukuran, \bar{x}_i = rata-rata selisih dan n = jumlah sample maka didapat perhitungan deviasi pengukuran data sudut bidang bidang vertikal adalah sebagai berikut :

Tabel 4. 4. Tabel Perhitungan deviasi pada sumbu vertikal

No	Sudut Waterpass digital	Sudut Alat	Selisih (x_i)	$(x_i - \bar{x}_i)^2$
1	73,0°	73,3°	-0,3°	0,2704°
2	75,0°	75,0°	0°	0,0484°
3	80,0°	80,0°	0°	0,0484°
4	85,0°	85,2°	-0,2°	0,1764°
5	90,0°	90,0°	0,0°	0,0484°
6	-85,0°	-85,9°	0,9°	0,4624°
7	-80,0°	-80,9°	0,9°	0,4624°
8	-75,0°	-75,5°	0,5°	0,0784°
9	-70,0°	-70,2°	0,2°	0,0004°

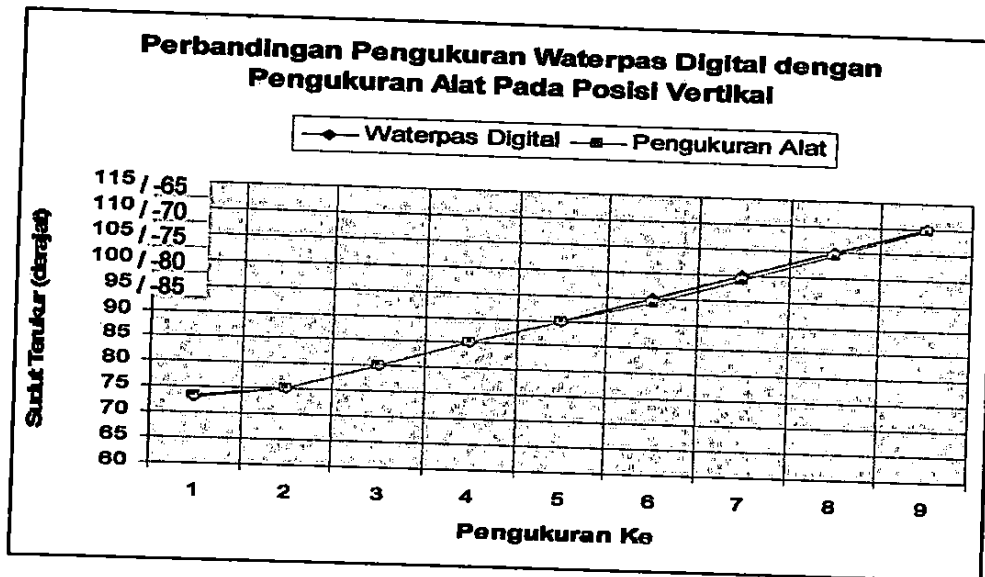
Jumlah data = 9

$$\text{Mean} = \bar{x}_i = \frac{(-0,3) + 0 + 0 + (-0,2) + 0 + 0,9 + 0,9 + 0,5 + 0,2}{9} = \frac{2}{9} = 0,22^\circ$$

$$\text{Error} = \text{Deviasi} = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x}_i)^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{1,5956}{8}} = 0,44^\circ$$

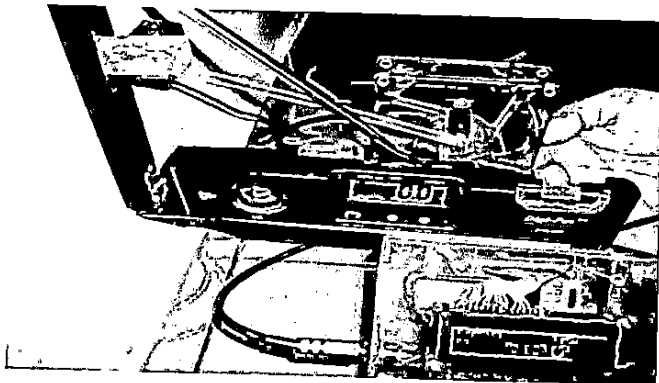
Sehingga di dapat nilai deviasi pengukuran data bidang vertikal dari alat yang dibuat sebesar 0,44°

Berikut ini adalah grafik perbandingan pengukuran waterpas digital dengan pengukuran alat pada prosisi vertikal :



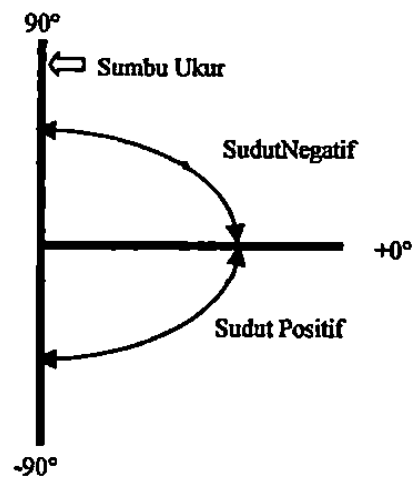
Gambar 4. 12. Grafik perbandingan pengukuran waterpas digital dengan pengukuran alat pada posisi posisi vertikal

Sedangkan pada Gambar 4.13 berikut ini adalah cara pengambilan data validasi pada posisi sumbu Horizontal



Gambar 4.13. pengambilan data validasi pada posisi sumbu horizontal




Pada pengambilan data sudut pada sumbu horizontal (datar) waterpas digital dipasang sejajar dengan alas sensor sebagai sumbu horizontal. Berikut ini adalah ilustrasi pengukuran sudut pada posisi sumbu horizontal :



Gambar 4.14. Gambar Ilustrasi pengukuran sudut pada sumbu horizontal

Tabel 4. 5. Validasi Alat dengan Waterpass Digital pada sudut horizontal

No	Sudut Waterpass digital	Sudut Alat	Kemiringan alat	Keterangan
1	15,0°	75,0°	15,0°	
2	10,0°	80,0°	10,0°	
3	5,0°	85,5°	05,0°	

4	0,0°	90,0°	00,0°	
5	-5,0°	-85,0	-05,0°	
6	-10,0°	-79,3	-10,7°	

Data kemiringan adalah adalah selisih sudut terukur dengan sumbu tegak lurus atau 90°. Dari kedua pengukuran sudut diatas dapat dihitung error setiap pengukuran adalah sebagai berikut :

$$\text{Mean} = \bar{x}_i = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

$$\text{Error=Deviasi} = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x}_i)^2}{n-1}}$$

dimana x_i = selisih pengukuran, \bar{x}_i = selisih rata-rata dan n = jumlah sample maka didapat perhitungan deviasi pengukuran data sudut bidang horisontal adalah sebagai berikut :

Tabel 4. 6. Tabel Perhitungan deviasi pada sumbu horisontal

No	Sudut Waterpass digital	Sudut Alat	Selisih (xi)	(xi - \bar{x}_i) ²
1	15,0°	75,0°	-60	1211,04°
2	10,0°	80,0°	-70	2007,04°
3	5,0°	85,5°	-80,5	3058,09°
4	0,0°	90,0°	-90	4199,04°
5	-5,0°	-85,0°	80	11067,04°
6	-10,0°	-79,3°	69,3	8930,25°

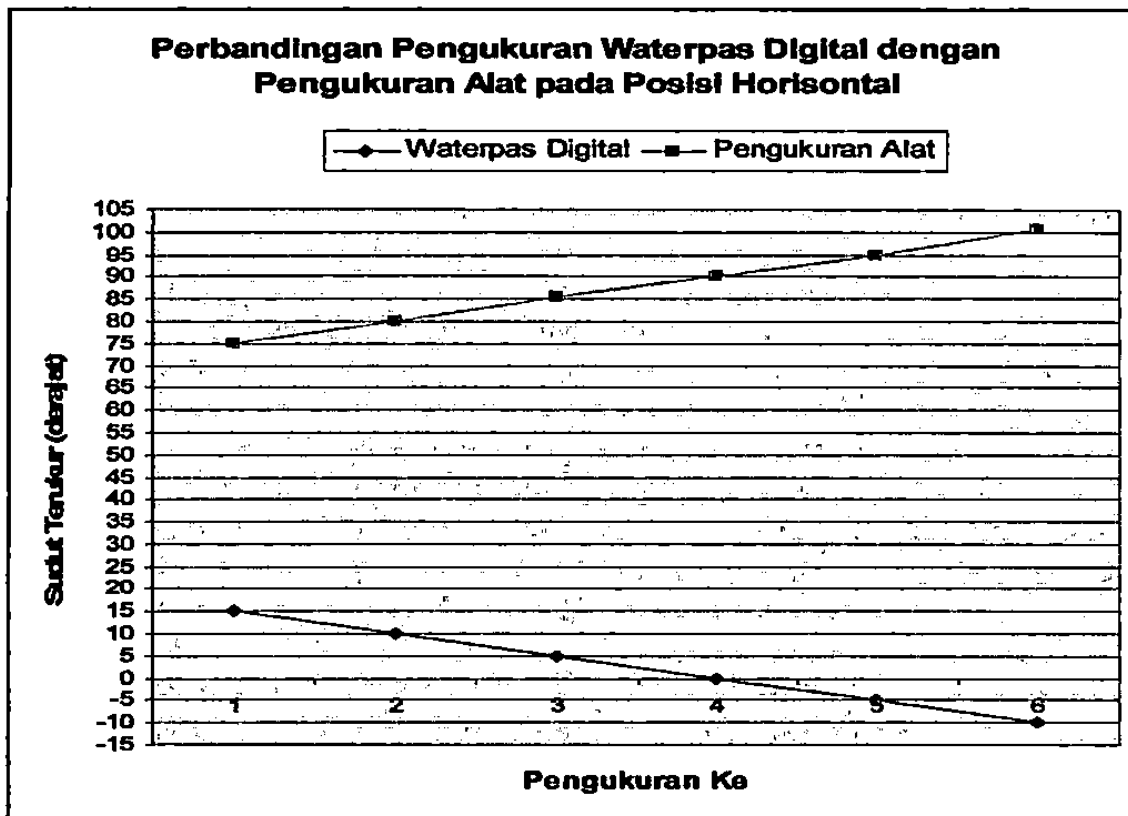
Jumlah data =9

$$\text{Mean} = \bar{x}_i = \frac{(-60) + (-70) + (-80,5) + (-90) + 80 + 69,3}{6} = \frac{-151,2}{6} = -25,2^\circ$$

$$\text{Error} = \text{Deviasi data ke 2} = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x}_i)^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{30472,5}{5}} = 78,06^\circ$$

Sehingga di dapat nilai deviasi pengukuran data bidang horisontal dari alat yang dibuat sebesar 78,06°

Berikut ini adalah Grafik Perbandingan Pengukuran Waterpass Digital dengan



Gambar 4. 15. Grafik Perbandingan Pengukuran Waterpas Digital dengan Pengukuran Alat pada posisi Horizontal

Error Deviasi pengukuran sudut untuk posisi datar (horizontal) sangat besar hal ini dikarenakan oleh beberapa hal yaitu :

1. Alat pengukur sudut ini hanya dirancang untuk mengukur sudut pada posisi tegak (vertikal) hal ini dikarenakan karena program yang dirancang pada perancangan alat ini hanya membaca dan menampilkan perubahan sudut pada posisi vertikal saja.
2. Jika diinginkan pengukuran pada posisi datar (horizontal) mendekati pembacaan waterpas digital maka diperlukan tambahan program yang akan mengurangi sudut terukur dengan 90° dan juga perlu ditambahkan sebuah saklar yang digunakan untuk memilih pengukuran pada posisi