



**PROTOTYPE INSTRUMEN ALAT UKUR UNTUK KONDISI PADA  
PENDAKI GUNUNG**

**SKRIPSI**

Oleh:

**Berty Restanti  
NIM 071910201090**

**PROGRAM STUDI STRATA 1 TEKNIK  
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS JEMBER  
2012**

*PERSEMBAHAN*

**Kupersembahkan Karya Ini  
Untuk Mama & Papa**

## MOTTO

*“Sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan. Maka apabila kamu telah selesai (dari sesuatu urusan), kerjakanlah dengan sungguh-sungguh (urusan) lain. Dan hanya kepada Tuhan-mulah hendaknya kamu berharap”*

**( Terjemahan Q.S Al-Nasyrah : 6-8 )**

*“Berdoalah kamu kepada-Ku niscaya akan Kuperkenankan bagimu”*

**(Q.S. Al-Mu'minun: 60)**

*“Yang bisa dilakukan seorang makhluk bernama manusia terhadap mimpi- mimpi dan keyakinannya adalah mereka hanya tinggal mempercayainya  
Selebihnya...hanya kaki yang akan berjalan lebih jauh  
Tangan yang akan membawa lebih berat  
Otak yang akan berfikir lebih keras  
Dan doa yang tak pernah putus”  
(5 cm)*

*“Bahwa berusaha adalah hal terindah yang harus dilakukan untuk mendapatkan impian kita”*

**(Berty Restanti)**

## PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

nama : Berty Restanti

NIM : 071910201090

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya tulis yang berjudul : “ *Prototype Instrumen Alat Ukur Untuk Kondisi Pada Pendaki Gunung*” adalah benar – benar hasil karya sendiri, kecuali jika dalam pengutipan substansi disebutkan sumbernya, dan belum pernah diajukan pada institusi manapun, serta bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa adanya tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapatkan sanksi akademik jika di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 15 Februari 2012

Yang menyatakan,

Berty Restanti

NIM. 071910201090

## LEMBAR PENGESAHAN

Skripsi berjudul *Prototype Instrumen Alat Ukur Untuk Kondisi Pada Pendaki Gunung* telah diuji dan disahkan oleh Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Elektro Universitas Jember pada:

Hari : Rabu

Tanggal : 1 Februari 2012

Tempat : Fakultas Teknik Universitas Jember

Menyetujui,

Ketua

Sekretaris

Ir. Widyono Hadi , M.T.  
NIP. 19610414 198902 1 001

Sumardi, S.T., M.T.  
NIP. 19670113 199802 1 001

Anggota 1

Anggota 2

Dedy Kurnia Setiawan, S.T., M.T.  
NIP. 19800610 200501 1 003

H. Samsul Bachri M, S.T., MMT.  
NIP. 19640317 199802 1 001

Mengesahkan  
Dekan Fakultas Teknik

Ir. Widyono Hadi , M.T.  
NIP. 19610414 198902 1 001

## **PRAKATA**

Puji syukur yang tak terhingga saya sampaikan kepada Allah SWT Yang Maha Berkuasa Atas Segalanya, karena hanya dengan ridho, hidayah dan anugerah-Nya saya dapat menyelesaikan skripsi ini. Ucapan terima kasih saya sampaikan juga ke berbagai pihak yang turut membantu memperlancar penyelesaian proyek akhir ini, yaitu kepada:

1. Kedua orang tuaku yang banyak memberikan do'a, kasih sayang, cinta, kesabaran dan semangat sampai aku menjadi sekarang ini, terima kasih.
2. Bapak Ir. Widyono Hadi, M.T., selaku Dekan Fakultas Teknik dan Dosen Pembimbing Utama yang banyak memberikan bimbingan yang sangat berguna untuk menyelesaikan skripsi ini.
3. Bapak Sumardi S.T, M.T, selaku Ketua Jurusan dan Dosen Pembimbing Anggota yang telah memberikan bimbingan dengan sebaik-baiknya.
4. Bapak Dedy Kurnia Setiawan, S.T, M.T. selaku dosen penguji 1 dan Bapak H. Samsul Bachri M, S.T., M.T. selaku dosen penguji 2.
5. Semua Guru TK hingga SMA, Dosen Teknik Elektro Universitas Jember, terima kasih banyak telah memberikan bekal ilmu yang berguna.
6. Semua teman – teman Teknik Elektro 2007 yang tidak dapat saya sebutkan satu - persatu. Terima kasih untuk dukungan kalian yang selalu ada. Aku bersyukur telah menjadi bagian dari kalian. Tetap semangat menatap masa depan. Suatu hari kita akan bertemu lagi dengan membawa impian masing – masing yaitu sukses.
7. Partner kerja dalam pembuatan skripsi ini, Reda, Anggi “terima kasih atas bantuannya, mungkin hanya kalimat tulus itulah yang dapat aku berikan. Rengga, Raga “terima kasih atas dukunganmu kawan”, Andreas, Haqqi “Allah tidak tidur kawan, tetaplah berusaha”.

8. Buat keluargaku “MAHADIPA”, terima kasih telah memberikan banyak pelajaran berharga, yang pastinya tidak akan bisa saya dapatkan di bangku kuliah manapun. Tetap GET!!
9. Kakak terbaikku Ayunita Hariyanti, saat ini mari kita bermimpi bersama dan meraihnya bersama pula.
10. Sahabatku, Intan “Tacix”, Indah “Bana”, Yusnia, Nurul!!mari kita berjuang mendapatkan impian kita.

Dalam penyusunan skripsi ini penulis menyadari masih banyak kekurangan, kritik dan saran tetap diharapkan demi kesempurnaan skripsi ini. Akhirnya penulis berharap, semoga skripsi ini dapat bermanfaat.

Penulis

*Prototype Instrumen Alat Ukur Untuk Kondisi Pada Pendaki Gunung (Prototype Instrument To Measure The Condition Of A Mountaineer)*

**Berty Restanti**

*Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Jember*

**ABSTRAK**

Penelitian tentang “*Prototype Instrumen Alat Ukur untuk Kondisi pada Pendaki Gunung*” membuat pengukuran kesimpulan kondisi layak atau tidak layaknya lingkungan untuk pendaki gunung. Diharapkan dengan adanya alat tersebut dapat mengantisipasi perubahan lingkungan yang berakibat pada kesehatan pendaki gunung. Menentukan kondisi layak atau tidak layak digunakan 2 masukan yaitu nilai tekanan udara dan kadar oksigen. Sensor yang digunakan untuk penelitian ini menggunakan sensor tekanan udara HP03SA dan sensor oksigen KE-50. Pengujian dilakukan di Gunung Bromo dengan ketinggian referensi 2329 mdpl dan Rembangan dengan ketinggian referensi  $\pm 600$  mdpl. Beberapa pengujian yang dilakukan dapat diambil kesimpulan error % untuk ketinggian sebesar 4,64 % dan error % untuk tekanan udara sebesar 2,6 %.

Kata kunci : Instrumen ukur, Ketinggian, Tekanan Udara, Kadar Oksigen.



*Prototype Instrumen Alat Ukur Untuk Kondisi Pada Pendaki Gunung (Prototype Instrument to Measure The Condition of A Mountaineer)*

**Berty Restanti**

*Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Jember*

**ABSTRACT**

*Research on "Prototype Instrument for the Measurement Conditions on Mountain Climber" makes feasible the measurement conditions or the conclusions do not like the environment for mountain climbers. It is expected that these tools can anticipate environmental changes that result in health mountain climbers. Determine the appropriate conditions or improper use two inputs, namely the value of air pressure and oxygen levels. Sensors used for this study using air pressure sensor HP03SA and oxygen sensor KE-50. Tests conducted at a reference height of Mount Bromo in 2329 mdpl and reference height of Rembangan  $\pm$  600 mdpl. Some of the tests performed can be concluded at an altitude error% to 4.64% and error% for the air pressure of 2.6%*

*Key words: measuring instruments, altitude, air pressure, oxygen content.*

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	i
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN</b> .....	ii
<b>HALAMAN MOTTO</b> .....	iii
<b>HALAMAN PERNYATAAN</b> .....	iv
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	v
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	vi
<b>ABSTRAK</b> .....	viii
<b>ABSTRACT</b> .....	ix
<b>DAFTAR ISI</b> .....	x
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xiii
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xv
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	xvi
<b>BAB 1. PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	3
1.3. Tujuan.....	3
1.4. Manfaat.....	4
1.5. Batasan Penelitian.....	4
<b>BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	5
2.1. Teori Tekanan Atmosfer .....	5
2.2. Teori Sistem Respirasi pada Paru – Paru .....	8
2.2.1. Pertukaran Gas Pernapasan .....	8
2.2.2. Respirasi Pada Tempat yang Tinggi .....	9
2.3. Pengolahan Sinyal.....	10
2.3.1. Sinyal Analog.....	11
2.3.2. Sinyal Digital .....	12
2.4. Sensor.....	13

2.4.1.Sensor Oksigen (Figaro Oxygen Sensor KE-50).....	15
2.4.2.Sensor Tekanan Udara (HP03SA) .....	17
2.5. Mikrokontroler ATmega 8535.....	18
2.5.1 Fitur ATmega 8535 .....	18
2.5.2 Konfigurasi PIN.....	20
2.6.LCD (Liquid Crystal Display) .....	21
<b>BAB 3. METODE PENELITIAN</b> .....	22
3.1.Tempat dan Waktu Penelitian .....	23
3.2.Tahapan Perancangan.....	24
3.3.Alat dan Bahan.....	23
3.4.Desain Sistem.....	23
3.5.Desain Skematik Rangkaian.....	23
3.5.1 Rangkaian sensor tekanan udara dan ketinggian (HP03SA) ..	23
3.5.2 Rangkaian sensor oksigen KE-50 .....	26
3.5.3 Rangkaian pengkondisi sinyal .....	28
3.5.4.Rangkaian sistem minimum dan LCD.....	30
3.5.5.ADC (Analog to Digital Converter) .....	34
3.5.6.Perancangan software .....	35
3.6.Flowchart dan Algoritma.....	37
3.6.1. <i>Flowchart</i> sistem .....	37
3.6.2. Algoritma.....	40
<b>BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN</b> .....	41
4.1.Hasil Pengujian .....	41
4.1.1.Hasil pengujian rangkaian sensor tekanan udara dan ketinggian (HP03SA).....	41
4.1.2.Hasil Pengujian Sensor Oksigen KE-50 .....	44
4.1.3.Hasil Pngujian Rangkaian Pengkondisian Sinyal.....	47
4.1.4.Hasil pengujian rangkaian sistem minimum dan LCD.....	50
4.1.5.Hasil percobaan Analog Digital to Converter (ADC) .....	51

4.2.Perancangan Software .....	53
4.3.Listing Program .....	53
4.4.Pengujian Keseluruhan .....	55
<b>BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN</b> .....	<b>73</b>
5.1. Kesimpulan .....	73
5.2. Saran .....	74
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	

## DAFTAR GAMBAR

2.1	(a) bagan sebuah tabung barometer Toricelli. (b) bagan hubungan tekanan atmosfer terhadap ketinggian .....	5
2.2	Kurva pengeplotan fungsi.....	7
2.3	Bagan hubungan ketinggian dengan tekanan udara .....	9
2.4	Perbedaan sinyal analog dan digital .....	10
2.5	Bentuk sinyal suara .....	11
2.6	Sensor Oksigen KE-50.....	15
2.7	Sensor tekanan HP03SA (Sumber: datasheet HP03SA).....	17
2.8	Circuit diagram sensor HP03SA (Sumber: datasheet HP03SA).....	17
2.9	Arsitektur ATmega 8535 .....	19
2.10	Pin ATmega 8535 .....	20
2.11	Bentuk ATmega 8535.....	20
2.12	Bentuk fisik LCD 16 x 2 .....	21
3.1.	Desain system “prototype instrument ukur untuk kondisi pada pendaki gunung.....	24
3.2.	Rangkaian modul HP03SA .....	25
3.3.	Rangkaian sensor HP03SA .....	26
3.4.	Rangkaian sensor oksigen .....	27
3.5.	Grafik hubungan sensor output dengan oxygen concentration (data sheet KE-50).....	28
3.6.	Rangkaian Op-Amp noninverting .....	29
3.7.	Rangkaian Sistem Minimum dengan Software Eagle.....	31
3.8.	Rangkaian sistem minimum dengan ATmega 8535 .....	32
3.9.	Rangkaian LCD.....	32
3.10.	Software CodeVision AVR.....	35
3.11.	Susunan pin dan gambar downloader USBK-125i creative vision to mikrokontroler .....	36

3.12.	Flowchart sistem prototype “instrument alat ukur untuk kondisi pada pendaki gunung” .....	37
3.13	Flowchart sistem rule untuk menentukan kondisi.....	39
4.1.	Grafik perbandingan ketinggian dengan tekanan udara.....	41
4.2.	Grafik hubungan sensor output dengan oxygen concentration (data sheet KE-50).....	44
4.3.	Grafik hubungan output sensor dengan kadar oksigen yang linier .....	45
4.4.	Pengujian Rangkaian LCD.....	51
4.5.	GPS Garmin eTrex Vista Hcx.....	56
4.6.	Perbandingan nilai tekanan udara dengan GPS .....	56
4.7.	Perbandingan nilai ketinggian dengan GPS .....	57
4.8.	Pengujian ke-1 Grafik Hubungan Ketinggian dengan Kadar Oksigen	62
4.9.	Pengujian ke-1 Grafik Hubungan Tekanan Udara dengan Kadar Oksigen.....	63
4.10.	Pengujian ke- 1 Grafik Hubungan Tekanan Udara dan Ketinggian .....	63
4.11.	Pengujian ke-2 Grafik Hubungan Ketinggian dengan Kadar Oksigen	66
4.12.	Pengujian ke-2 Grafik Hubungan Tekanan Udara dengan Kadar Oksigen.....	66
4.13.	Pengujian ke-2 Grafik Hubungan Tekanan Udara dan Ketinggian .....	67
4.14.	Pengujian ke-3 Grafik Hubungan Ketinggian dengan Kadar Oksigen	69
4.15.	Pengujian ke-2 Grafik Hubungan Tekanan Udara dengan Kadar Oksigen.....	69
4.16.	Pengujian ke-2 Grafik Hubungan Tekanan Udara dan Ketinggian .....	71

## DAFTAR TABEL

3.1.	Jadwal Kegiatan Penelitian.....	23
3.2.	Batasan Normal Ketinggian dan Tekanan Udara .....	40
4.1.	Nilai ketinggian dan tekanan udara .....	41
4.2.	Tekanan udara yang terukur dengan tekanan udara dihitung secara teori.....	43
4.3.	Pengujian tegangan keluaran sensor KE-50 .....	45
4.4.	Pengujian kadar oksigen setelah ditambahkan O <sub>2</sub> (Oksigen).....	46
4.5.	Data Error % Pengujian Kadar Oksigen.....	46
4.6.	Pengujian Rangkaian Penguat ke-1 .....	49
4.7.	Pengujian Rangkaian Penguat ke-2 .....	49
4.8.	Perhitungan error penguatan 1 .....	49
4.9.	Perhitungan error penguatan 2.....	50
4.10.	Nilai tegangan yang diubah menjadi nilai ADC .....	52
4.11	Data perbandingan prototype instrumen ukur kondisi pendaki gunung dengan GPS digital. ....	56
4.12.	Perbandingan prototype instrumen ukur kondisi pendaki gunung dengan GPS digital.....	57
4.13.	Aturan untuk menentukan kondisi .....	58
4.14	Data pengujian ke-1 di Gunung Bromo .....	61
4.15.	Data Error % Pengambilan Data di Gunung Bromo.....	62
4.16.	Data pengujian ke-2 di Wisata Rembangan .....	65
4.17.	Pengujian ke-3 di Rembangan dengan pembanding GPS e-Trex .....	68
4.18.	Data Error% Pengujian ke-3 di Rembangan .....	70

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A .....	76
Lampiran B.....	83



## **BAB 1. PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Mendaki gunung (*hiking*) merupakan salah satu kegiatan alam terbuka yang banyak diminati banyak orang. Aktivitas mendaki gunung tidak lagi menjadi kegiatan yang eksklusif bagi kalangan orang – orang tertentu atau bisa disebut pecinta alam dan sejenisnya, akan tetapi mendaki gunung menjadi pilihan orang – orang di kalangan umum untuk melatih fisik dan mental mereka.

Dari sekian banyak persiapan yang diperlukan, hal yang paling utama adalah justru kesehatan dan kesiapan mental pendaki yang bersangkutan. Apabila kondisi pendaki dalam keadaan bagus dan prima, maka diharapkan proses pendakian dapat dilakukan dengan tingkat keberhasilan yang tinggi. Kendala umum yang dihadapi oleh pendaki saat melakukan proses pendakian adalah stamina yang menurun dengan drastis saat mendekati puncak. Kondisi ini akan sangat terlihat pada pendaki yang mengalami sesak nafas dan sedikit tersengal. Kondisi ini terjadi ketika tekanan udara semakin menipis serta dapat berlanjut pada keadaan pendaki yang mulai kehilangan keseimbangan mengontrol tubuh, yaitu dapat menyebabkan pingsan (Erikson, 2011).

Dengan berubahnya ketinggian tempat, maka kondisi lingkungan pun akan jelas terlihat. Analisis lingkungan yang perubahannya tampak jelas bila dikaitkan dengan ketinggian yaitu suhu dan kandungan oksigen (O<sub>2</sub>) dalam udara. Semakin bertambah ketinggian maka suhu akan turun dan kandungan oksigen dalam udara akan menipis. Fenomena alam seperti ini teramat penting untuk diketahui sehingga dapat dengan mudah mempelajari proses fisiologi tubuh di daerah ketinggian.

Dengan berkembangnya teknologi, tuntutan akan kebutuhan instrumen – instrumen yang lebih terpercaya dan teliti semakin meningkat yang kemudian

menghasilkan perkembangan – perkembangan baru dalam perencanaan dan pemakaian. Untuk menggunakan instrumen – instrumen ini secara cermat, perlu dipahami prinsip – prinsip kerjanya lebih dahulu. Selain itu juga diperkirakan bahwa instrumen tersebut sesuai untuk pemakaian yang direncanakan.

Untuk mengantisipasi kebutuhan oksigen pada tubuh saat mendaki gunung maka diperlukan sebuah instrumen pengukuran ketinggian, tekanan udara dan kadar oksigen di sekitar lingkungan kita. Tanpa adanya instrumen tersebut, maka akan sangat sulit bagi pendaki gunung untuk menentukan titik ketinggian serta kadar oksigen di ketinggian tersebut. Umumnya, di dalam pengukuran dibutuhkan instrumen sebagai suatu cara fisis untuk menentukan suatu besaran (*kuantitas*) atau variabel.

Apabila kondisi kadar oksigen dan ketinggian dari lokasi pendakian dapat diketahui, maka akan banyak keuntungan yang dapat diraih. Salah satunya adalah dengan menentukan saat yang tepat untuk beristirahat (semula hanya dengan indikator nafas pendaki yang kelelahan saja). Prosesnya hanya mengandalkan 2 (dua) buah sensor, yaitu sensor oksigen ( $O_2$ ) dan sensor tekanan udara. Tegangan keluaran sensor tersebut dimasukkan dalam suatu bagian instrumentasi, yang berupa pre-amplifier, dengan tujuan untuk memperkuat sinyal sensor yang lemah. Kemudian, setelah mengalami proses kuantisasi dan pengubahan dari analog ke digital melalui *ADC*, maka data yang dihasilkan akan diproses oleh mikrokontroler yang akan menampilkan data tekanan dan kadar oksigen ke sebuah display *LCD*.

Altimeter merupakan alat untuk mengukur ketinggian suatu titik dari permukaan laut. Umumnya, alat tersebut digunakan untuk proses navigasi pada penerbangan dan untuk pendakian gunung. Prinsip kerja dari altimeter menggunakan tekanan udara, yaitu dengan bertambahnya suatu ketinggian, maka tekanan udara akan berkurang. Dari prinsip tersebut maka, dirancang sebuah alat untuk mengukur ketinggian berdasarkan tekanan udara beserta alat pengukur

kadar oksigen dalam suatu ketinggian tertentu untuk mengetahui kondisi layak atau tidak layak bagi pendaki gunung.

Berdasarkan latar belakang tersebut, para pendaki gunung memerlukan alat untuk mengukur ketinggian dan kadar oksigen. Terkait dengan hal tersebut, maka akan dibuat “*prototype* instrumen alat ukur untuk kondisi pada pendaki gunung”.

## **1.2 Rumusan masalah**

Dalam penelitian ini dirumuskan masalah yaitu:

1. Bagaimana merancang instrumen ukur kondisi untuk pendaki gunung dan mengetahui nilai kadar oksigen, tekanan udara pada ketinggian tertentu?
2. Bagaimana pengaruh ketinggian dan tekanan udara terhadap kondisi pendaki gunung?

## **1.3 Tujuan**

Berdasarkan permasalahan yang diuraikan di atas, tujuan dari penelitian ini adalah membuat “*prototype* instrumen alat ukur untuk kondisi pada pendaki gunung” sebagai pengembangan instrumen pengukuran yang berguna bagi aktifitas pendakian.

#### **1.4 Manfaat**

Adapun manfaat yang penyusun ingin dicapai dari penelitian ini antara lain :

1. Pendaki gunung dapat selalu memantau kondisi kesehatan (pernafasan) ketika melakukan pendakian dengan menggunakan instrumen ukur kondisi pada pendaki gunung.
2. Pendaki gunung dapat mengetahui ketinggian, tekanan udara, dan konsentrasi oksigen ( $O_2$ ) di lingkungan pada saat pendakian.

#### **1.5 Batasan Penelitian**

Pada penelitian ini, penyusun membuat batasan masalah dalam penelitian pengaruh ketinggian dan kadar oksigen terhadap kondisi pendaki gunung antara lain :

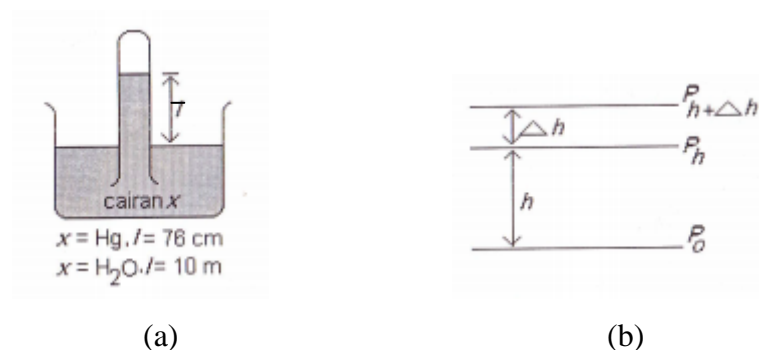
1. Penentuan besarnya tekanan udara saat ketinggian tertentu dalam hektopascal (hPa).
2. Pengukuran ketinggian titik pendakian dalam satuan mdpl (meter diatas permukaan laut).
3. Pengukuran konsentrasi oksigen ( $O_2$ ) pada ketinggian tertentu dalam satuan % (persen).
4. Proses kalibrasi instrumen ukur kondisi pada pendaki gunung.
5. Kondisi berupa dampak langsung yang dirasakan pendaki, misalnya layak atau tidak layak.

## BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Teori Tekanan Atmosfer

Atmosfir merupakan tekanan udara di daerah udara terbuka di permukaan bumi. Selanjutnya tekanan atmosfer disebut juga tekanan udara luar atau tekanan udara saja. Tekanan atmosfer terbesar adalah di permukaan laut, besarnya 1 atmosfer. Tekanan 1 atmosfer setara dengan tekanan yang diberikan oleh penampang depan mobil sedan seluas  $2 \text{ m}^2$  dalam keadaan tegak dan bersusun 10 buah mobil.

Atmosfer kita berisi beragam jenis gas, baik  $\text{O}_2$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{N}_2$ , dll. Atom atau molekul itu memiliki berat yang berbeda – beda dan di atmosfer bumi berkerapatan tidak *homogeny*. Gas bermassa lebih besar, lebih dominan berada pada tempat yang rendah. Semakin tinggi tempat relatif terhadap permukaan laut, nilai tekanan udara (baca: tekanan atmosfer) berkurang. Ini bisa dibuktikan ketika berada di tempat yang tinggi maka titik didih air (di wadah terbuka) adalah kurang dari  $100^\circ\text{C}$ . Selain itu juga dapat dibuktikan oleh rendahnya kenaikan permukaan air raksa (Hg) di dalam tabung barometer Torricelli (Bambang, Tri, 2007).



Gambar 2.1 (a) Bagan Sebuah Tabung Barometer Toricelli. (b) Bagan Hubungan Tekanan Atmosfer Terhadap Ketinggian (Sumber: Murdoka, 2007)

Ketika tabung Torricelli berada di pantai yang bertekanan udara 1 atm maka tinggi Hg di dalam tabung adalah 76 cm. bisa dimaknai bahwa 76 cm ketinggian Hg di tabung Torricelli setara dengan tekanan 1 atm. Jika zat cair di dalam tabung bukan Hg, tetapi air (H<sub>2</sub>O) maka ketinggian air di tabung Torricelli setinggi 10 meter.

Alat ukur tekanan udara adalah barometer sehingga tabung Torricelli biasa disebut barometer Torricelli. Di masyarakat dikenal ragam barometer, termasuk barometer elektronis yang bertampilan digital (*display*). Barometer Torricelli menggunakan zat cair Hg sebab tinggi permukaan Hg di dalam tabung, ketika bertekanan 1 atmosfer, hanya 76 cm. Zat cair lain, misalnya air, walaupun lebih teliti tidaklah praktis sebab pada tekanan yang sama memiliki ketinggian 10 meter (setara dengan tinggi gedung berlantai 3).

Variasi tekanan udara terhadap ketinggian dari permukaan laut tidaklah linier (gambar 2.1), melainkan merupakan fungsi eksponensial. Artinya, tekanan udara itu merosot secara eksponensial terhadap ketinggian. Jika tekanan udara pada ketinggian  $h_0$  adalah  $P_{a0}$ , dan pada ketinggian  $h$  disebut  $P_{ah}$ , selanjutnya tekanan dari 2 ketinggian itu memiliki hubungan (gambar 2.1):

$$P_{ah} = P_{a0} e^{-\frac{h}{h_0}} \quad (2.1)$$

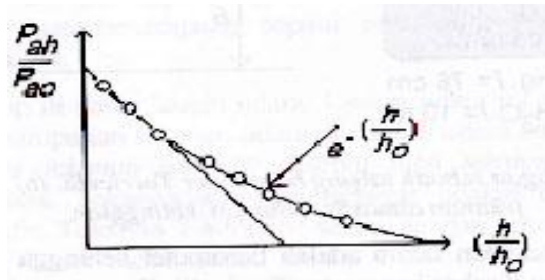
Berarti kalau pada ketinggian  $h$  bertekanan  $P_{ah}$  maka pada ketinggian  $h+\Delta h$  ( $=\Delta h$  di atas ketinggian  $h$ ) bertekanan udara  $P_{ah}+\Delta h$ , dan antara kedua tekanan itu terdapat hubungan (gambar 2.2 b):

$$\frac{\Delta h}{h} = \ln \left( \frac{P_{ah}}{P_{ah} + \Delta h} \right) \quad (2.2)$$

Dari pengetahuan matematika tentang deret, ketika fungsi

$$y \approx 1 - \frac{x}{x_0} \quad (2.3)$$

pada  $x \ll x_0$ , maka fungsi itu dapat didekati oleh hubungan . Ini berarti bila tekanan udara pada ketinggian  $h$  adalah  $P_{ah}$ , maka pada ketinggian  $\Delta h$  di atas  $h$  memiliki tekanan  $P_{ah+\Delta h}$  dalam kaitan:



Gambar 2.2 Kurva Pengeplotan Fungsi (sumber: Murdoka, 2007)

$$P_{ah + \Delta h} = P_{ah} \left[ 1 - \frac{\Delta h}{h} \right] \quad (2.4)$$

Persamaan (2.1) dan (2.4) merupakan persamaan yang menghubungkan antara tekanan udara luar terhadap ketinggian (relative dari permukaan laut).

Itu dirumuskan menggunakan 3 asumsi:

1. Perubahan suhu udara terhadap ketinggian tempat diabaikan.
2. Percepatan gravitasi dianggap tetap.
3. Komposisi gas di atmosfer dianggap tidak berubah oleh perubahan ketinggian.

Pada kenyataannya, suhu udara di atmosfer kita terus merosot oleh bertambahnya ketinggian dari permukaan laut (dpl). Semakin tinggi tempat, tentunya percepatan gravitasi bumi ( $g$ ) terus berkurang sehingga sebenarnya  $g$  tidaklah tetap walau angka perubahannya amat kecil. Selain itu komposisi gas di atmosfer tidaklah homogen karena gas yang lebih berat mendominasi keberadaannya pada ketinggian rendah. Selanjutnya posisi gas tidaklah statis (diam) namun dapat juga mengalir atau bahkan berolak. Namun persamaan (2.1)

dan (2.4) cukup memberi gambaran bagaimana tekanan udara merosot oleh ketinggian dari permukaan laut (dpl)

Tekanan udara disebut 1 atmosfer ditunjukkan oleh adanya kenaikan permukaan air raksa (Hg) pada tabung Torricelli setinggi 76 cm sehingga 1 atmosfer = 76 cmHg =  $1,01 \times 10^5$  Pa = 101 kPa = 10 m H<sub>2</sub>O. Hasil eksperimen menyimpulkan bahwa Puncak Everest yang berketinggian 8600 meter memiliki tekanan udara 26,3 cmHg, sedangkan di permukaan laut yang berketinggian 0 meter bertekanan 76 cmHg. Berhubung tekanan atmosfer merosot terhadap ketinggian diatas permukaan laut (dpl) maka tekanan atmosfer itu berkurang 1 mmHg pada setiap kenaikan 10 m pada hitungan itu ketinggian acuan yang digunakan adalah permukaan laut (Bambang, Tri, 2007).

## **2.2 Teori Sistem Respirasi pada Paru – Paru**

### **2.2.1 Pertukaran Gas Pernapasan**

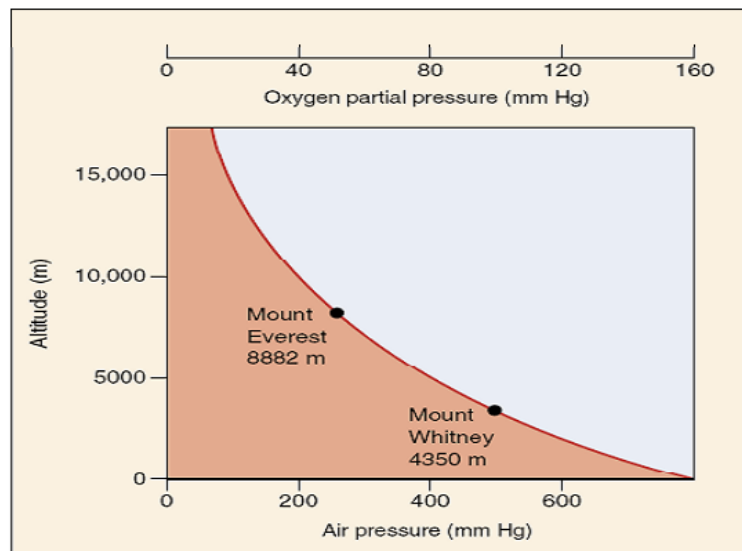
Gas pernapasan mengalami pertukaran di alveoli dan kapiler jaringan tubuh. Oksigen ditransfer dari paru-paru ke darah dan karbon dioksida ditransfer dari darah ke alveoli untuk dikeluarkan sebagai produk sampah. Pada tingkat jaringan, oksigen ditrasfer dari darah ke jaringan, dan karbon dioksida ditransfer dari jaringan ke darah untuk kembali ke alveoli dan dikeluarkan. Transfer ini bergantung pada proses difusi (Potter, Perry,1999).

Sistem pernapasan merupakan proses pertukaran gas yang terjadi di dalam tubuh, sangat penting untuk kelangsungan hidup. Ventilasi paru mempertahankan konsentrasi oksigen maksimum dan konsentrasi karbondioksida minimum di dalam alveoli. Gas-gas berdifusi menuruni gradien tekan dalam paru-paru dan organ-organ lain. Oksigen dan karbondioksida berdifusi dari tempat di mana tekanan parsialnya lebih tinggi ke tempat di mana tekanan parsialnya lebih rendah



### 2.2.2 Respirasi pada Tempat yang Tinggi

Tekanan barometer di berbagai ketinggian tempat berbeda. Pada ketinggian permukaan laut tekanan barometer 760 mmHg, sedangkan pada ketinggian 10.000 kaki di atas permukaan laut hanya 523 mmHg, dan pada 50.000 kaki adalah 87 mmHg. Penurunan tekanan barometer merupakan dasar penyebab semua persoalan hipoksia pada fisiologi manusia di tempat tinggi. Hal tersebut dapat dijelaskan bahwa seiring dengan penurunan tekanan barometer akan terjadi juga penurunan tekanan oksigen parsial yang sebanding, sehingga tekanan oksigen selalu tetap sedikit lebih rendah 20%-21% dibanding tekanan barometer total. Jadi pada ketinggian permukaan laut total tekanan atmosfer 760 mmHg, ketika di atas 12.000 kaki tekanan barometernya hanya 483mmHg Dalam hal ini terjadi penurunan total tekanan atmosfer, yang berarti lebih sedikit 40% molekul per pernapasan pada saat berada di tempat tinggi dibandingkan dengan permukaan laut.



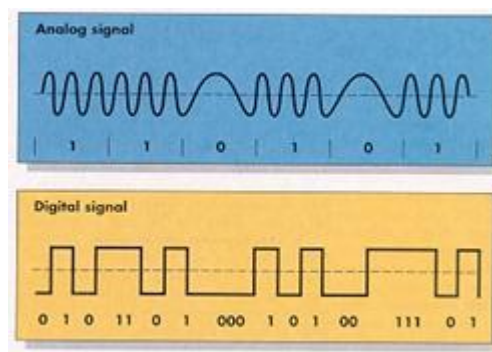
Gambar 2.3 Bagan Hubungan Ketinggian dengan Tekanan Udara  
(sumber : Ridwan, 2011)

Faktor ketinggian geografis biasanya dihubungkan dengan kadar oksigen. Udara kering mengandung 20,93% oksigen pada semua ketinggian dengan tekanan rata-rata 760 mmHg (Beall,2006). Ketika ketinggian bertambah, kadar oksigen tetap sama namun jumlah partikel oksigen mengalami pengurangan yang signifikan akibat turunnya tekanan barometrik. Dampak dari kejadian itu adalah tubuh akan melakukan adaptasi dengan kondisi tersebut, misalnya meningkatkan frekuensi pernafasan dan denyut jantung dan meningkatkan jumlah sel darah merah di dalam tubuh (Wildiarmoni, 2010).

Ketinggian ditentukan berdasarkan skala Tinggi (2438 – 3658 meter), Sangat Tinggi (3658 – 5487 meter) dan Ekstrim Tinggi (lebih dari 5500 meter). Telah diketahui bahwa kadar oksigen pada ketinggian di permukaan laut sebanyak 21% dengan rerata tekanan barometrik 760mmHg (Wildiarmoni, 2010). Udara pada ketinggian tetap mengandung 20,95 % oksigen tetapi tekanan atmosfer hanya 380 mmHg. Jadi  $PO_2$  hanya 80 mmHg ( $380 \times 20,95\%$ ), hanya setengah dari jumlah oksigen tersedia pada level permukaan laut (Ridwan, 2010).

### 2.3 Pengolahan Sinyal

Dalam dunia elektronika, dikenal dua macam sinyal yaitu sinyal analog dan sinyal digital.



Gambar 2.4 Perbedaan Sinyal Analog dan Digital (sumber : Setiawan, 2009)

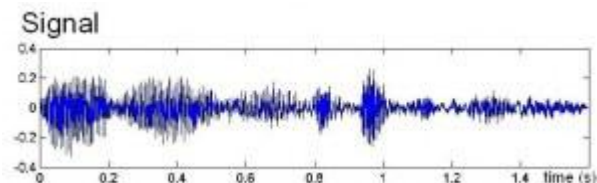
Secara umum, sinyal didefinisikan sebagai suatu besaran fisis yang merupakan fungsi waktu, ruangan atau beberapa variabel.

### 2.3.1 Sinyal analog

Sinyal analog bekerja dengan mentransmisikan suara dan gambar dalam bentuk gelombang kontinu (*continous varying*). Dua parameter/karakteristik terpenting yang dimiliki oleh isyarat analog adalah amplitudo dan frekuensi. Isyarat analog biasanya dinyatakan dengan gelombang sinus, mengingat gelombang sinus merupakan dasar untuk semua bentuk isyarat analog. Hal ini didasarkan kenyataan bahwa berdasarkan analisis fourier, suatu sinyal analog dapat diperoleh dari perpaduan sejumlah gelombang sinus. Dengan menggunakan sinyal analog, maka jangkauan transmisi data dapat mencapai jarak yang jauh, tetapi sinyal ini mudah terpengaruh oleh *noise*. Gelombang pada sinyal analog yang umumnya berbentuk gelombang sinus memiliki tiga variable dasar, yaitu amplitudo, frekuensi dan *phase*.

1. Amplitudo merupakan ukuran tinggi rendahnya tegangan dari sinyal analog.
2. Frekuensi adalah jumlah gelombang sinyal analog dalam satuan detik.
3. Phase adalah besar sudut dari sinyal analog pada saat tertentu.

Salah satu contoh sinyal analog yang paling mudah adalah suara.



Gambar 2.5 Bentuk Sinyal Suara (sumber : Setiawan, 2009)

Pengolahan sinyal analog memanfaatkan komponen-komponen analog seperti dioda, transistor, Op-Amp, dan lainnya.

### 2.3.2 Sinyal digital

Sinyal digital merupakan hasil teknologi yang dapat mengubah signal menjadi kombinasi urutan bilangan 0 dan 1 (biner), sehingga tidak mudah terpengaruh oleh derau, proses informasinya pun mudah, cepat dan akurat, tetapi transmisi dengan sinyal digital hanya mencapai jarak jangkauan pengiriman data yang relatif dekat. Biasanya sinyal ini juga dikenal dengan sinyal diskret. Sinyal yang mempunyai dua keadaan ini biasa disebut dengan bit. Bit merupakan istilah khas pada sinyal digital. Sebuah bit dapat berupa nol (0) atau satu (1). Kemungkinan nilai untuk sebuah bit adalah 2 buah ( $2^1$ ). Kemungkinan nilai untuk 2 bit adalah sebanyak 4 ( $2^2$ ), berupa 00, 01, 10, dan 11. Secara umum, jumlah kemungkinan nilai yang terbentuk oleh kombinasi n bit adalah sebesar  $2^n$  buah.

Sistem digital merupakan bentuk *sampling* dari sistem analog. Digital pada dasarnya di *code*-kan dalam bentuk biner atau hexa. besarnya nilai suatu sistem digital dibatasi oleh lebarnya / jumlah bit (*bandwidth*). jumlah bit juga sangat mempengaruhi nilai akurasi sistem digital.

Signal digital ini memiliki berbagai keistimewaan yang unik yang tidak dapat ditemukan pada teknologi analog yaitu :

- a. Mampu mengirimkan informasi dengan kecepatan cahaya yang dapat membuat informasi dapat dikirim dengan kecepatan tinggi.
- b. Penggunaan yang berulang – ulang terhadap informasi tidak mempengaruhi kualitas dan kuantitas informasi itu sendiri.

- c. Informasi dapat dengan mudah diproses dan dimodifikasi ke dalam berbagai bentuk.
- d. Dapat memproses informasi dalam jumlah yang sangat besar dan mengirimnya secara interaktif.

Pengolahan sinyal digital memerlukan komponen-komponen digital, *register*, *counter*, *decoder*, mikroprocessor, mikrokontroler dan sebagainya. Saat ini pengolahan sinyal banyak dilakukan secara digital, karena kelebihanannya antara lain :

1. untuk menyimpan hasil pengolahan, sinyal digital lebih mudah dibandingkan sinyal analog. Untuk menyimpan sinyal digital dapat menggunakan media digital seperti *CD*, *DVD*, *Flash Disk*, *Hardisk*. Sedangkan media penyimpanan sinyal analog adalah pita tape magnetik.
2. lebih kebal terhadap noise karena bekerja pada level '0' dan '1'.
3. lebih kebal terhadap perubahan temperatur.
4. lebih mudah pemrosesannya.

Sinyal digital inilah yang bisa dibaca oleh perangkat digital kita yaitu mikrokontroler dan komputer. Agar sinyal analog dapat diolah oleh komputer, maka harus dirubah dulu menjadi sinyal digital.

#### **2.4 Sensor**

Sensor adalah suatu peralatan yang berfungsi untuk mendeteksi gejala-gejala atau sinyal-sinyal yang berasal dari perubahan suatu energi seperti energi listrik, energi fisika, energi kimia, energi biologi, energi mekanik dan sebagainya ( D Sharon, dkk, 1982).

Sebenarnya sensor secara umum didefinisikan sebagai alat yang mampu menangkap fenomena fisika atau kimia kemudian mengubahnya menjadi sinyal elektrik baik arus listrik ataupun tegangan. Fenomena fisik yang mampu

menstimulus sensor untuk menghasilkan sinyal elektrik meliputi temperatur, tekanan, gaya, medan magnet cahaya, pergerakan dan sebagainya. Sementara fenomena kimia dapat berupa konsentrasi dari bahan kimia baik cairan maupun gas. Dengan definisi ini maka sensor merupakan alat elektronik yang begitu banyak dipakai dalam kehidupan manusia saat ini.

Seperti juga definisi umum tentang sensor di atas, sensor kimia adalah alat yang mampu menangkap fenomena berupa zat kimia (baik gas maupun cairan) untuk kemudian diubah menjadi sinyal elektrik. Seiring dengan kesadaran yang meningkat terhadap masalah lingkungan, perkembangan pesat dari industri yang berpengaruh pada gas emisi membuat permintaan akan sensor menjadi meningkat drastis.

Meskipun cakupan dari sensor kimia ini sangat luas meliputi seluruh zat – zat kimia, namun dalam perkembangannya yang sangat menonjol adalah sensor yang berkenaan dengan gas – gas kimia seperti  $\text{NO}_2$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{O}_2$ . Secara umum model sensor gas atau sensor kimia meliputi bagian penerima yang memiliki sensitifitas terhadap zat yang akan dideteksi yang dikenal dengan hidungnya sensor (*sensitive layer/nose parts/chemical interface*). Bagian berikutnya adalah transducer, yaitu bagian yang mampu mengubah hasil deteksi tersebut menjadi sinyal elektrik.

Sensor kimia terdiri dari bagian penerima dan bagian transducer. Bagian penerima berfungsi menyeleksi dan mengubah sifat kimia yang dideteksinya menjadi energi yang bisa diukur oleh bagian transducer. Sedangkan transducer berfungsi mengubah energi yang membawa sifat – sifat kimia tersebut menjadi sinyal elektrik.

Karakteristik sensor ditentukan dari sejauh mana sensor tersebut memiliki kemampuan yang baik dalam mengenali zat yang ingin dideteksinya. Kemampuan mendeteksi zat tersebut ini meliputi:

1. Sensitifitas

Yaitu ukuran seberapa sensitif sensor mengenali zat yang dideteksinya.

2. Selektifitas

Yaitu sejauh mana sensor memiliki kemampuan menyeleksi gas atau cairan yang ingin dideteksinya

3. Waktu respon dan waktu *recovery*

Yaitu waktu yang dibutuhkan sensor untuk mengenali zat yang di deteksinya. Semakin cepat waktu respon dan waktu *recovery* maka semakin baik sensor tersebut.

4. Stabilitas dan daya tahan

Yaitu, sejauh mana sensor dapat secara konsisten memberikan besar sensitifitas yang sama untuk suatu gas, serta seberapa lama sensor tersebut dapat terus digunakan.

2.4.1 Sensor Oksigen (Figaro Oxygen Sensor KE- 50 series)

Sensor oksigen KE-50 yang diproduksi oleh Figaro merupakan sensor oksigen yang memiliki sensitivitas yang tinggi.



Gambar 2.6 Sensor Oksigen KE-50

Tabel 2.1 Spesifikasi Sensor KE-50 (sumber: datasheet sensor oksigen KE-50)

<b>Jenis pengujian</b>	<b>Metode pengujian</b>	<b>Standar yang digunakan</b>
Tegangan keluaran	Pengukuran Tegangan keluaran pada tekanan udara normal dengan voltmeter	$V_a = 47.0 \sim 65.0$ mV pada $25^\circ\text{C}/60\%$ kelembapan udara
Linieritas	Pengukuran Tegangan keluaran dalam $0\% \text{ O}_2 (V_0)$ dan dalam $100\% \text{ O}_2 (V_{100})$ dengan voltmeter	$V_0 \leq 6.0$ mV $V_{100} = 204 \sim 310$ mV
Karakteristik suhu	Tegangan keluaran pada $40^\circ\text{C}$ ( $V_H$ ) dan $5^\circ\text{C}$ ( $V_L$ ) untuk pengukuran oleh voltmeter	$V_H/V_a = 0.91 \sim 1.09$ $V_L/V_a = 0.91 \sim 1.09$
Akurasi	Perhitungan oleh $V_0, V_{100}$ , dan $V_a$	$(V_a - V_0)/(V_{100} - V_0) = 0.21 \pm 0.02$
Kemasan	Inspeksi visual	Kemasan tidak rusak/cacat
Dimensi	Pengukuran dimensi luar dengan <i>side calipers</i>	Dimensi sesuai standar 88MD-109

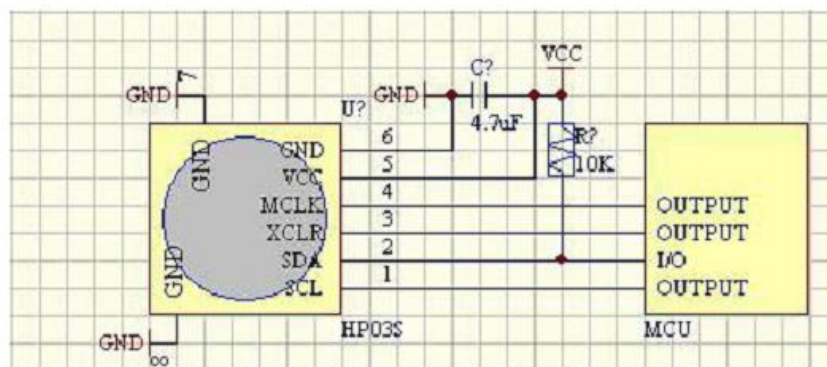


### 2.4.2 Sensor Tekanan Udara (HP03SA)

Modul tekanan *HP03SA* mencakup sensor piezo-resistif dan antar muka ADC. Modul tekanan ini menyediakan 16-bit data untuk tekanan dan tegangan yang terkait suhu. Dengan bantuan kalibrasi yang sangat akurat dari sensor, 11 koefisien unik yang disimpan di dalam chip. Sehingga tingkat keakuratan tekanan dan suhu dapat terbaca. Sensor ini dapat diaplikasikan untuk pengukuran tekanan dan sistem kontrol, *altimeter mobile atau barometer system, GPS*, dan lainnya.



Gambar 2.7 Sensor Tekanan HP03SA (Sumber: datasheet HP03SA)



Gambar 2.8 Circuit Diagram Sensor HP03SA (Sumber: datasheet HP03SA)

Fitur sensor tekanan HP03SA antara lain:

1. Sensor tekanan yang sudah terintegrasi
2. Range tekanan absolut = 300 – 1100 hpa
3. 16-bit ADC
4. 11 koefisien untuk kompensasi software
5. I<sup>2</sup>C serial interface
6. Salah satu sistem clock line (32768Hz)
7. Satu hardware dikontrol garis reset
8. Tegangan rendah, konsumsi daya rendah

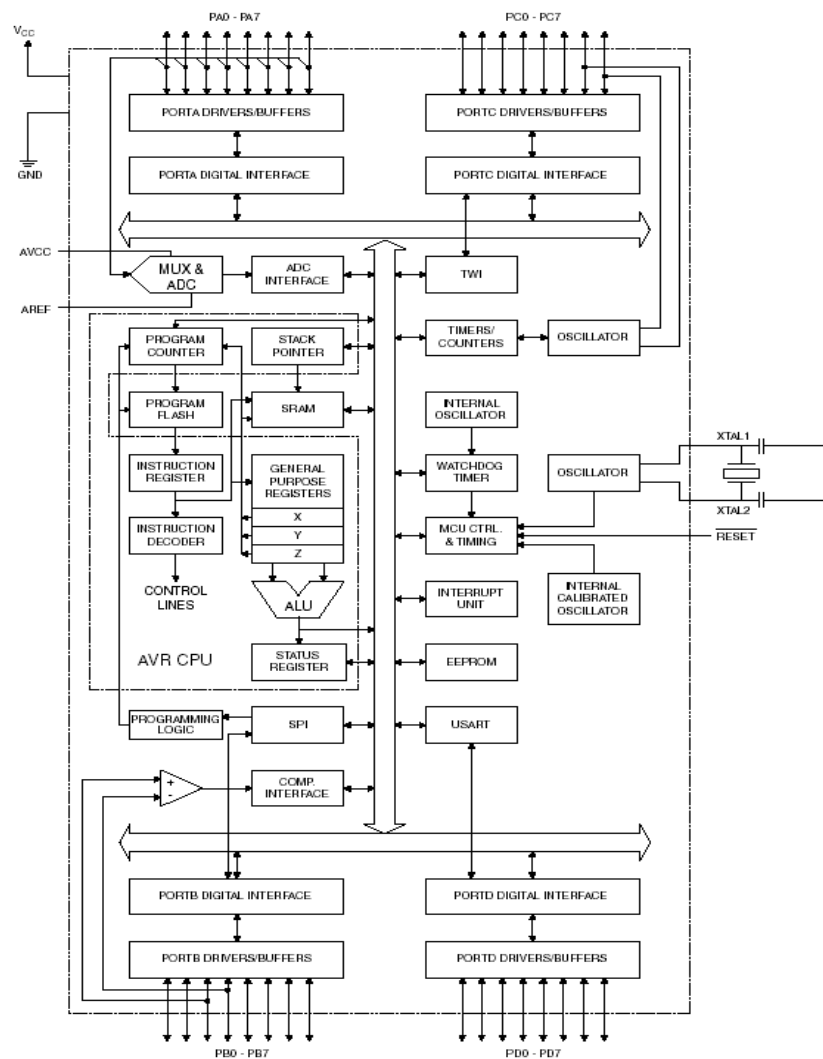
## 2.5 Mikrokontroler ATmega 8535

Atmel adalah salah satu vendor yang bergerak dalam bidang mikroelektronika, telah mengembangkan AVR (*Alf and Vegard's processor*) sekitar tahun 1997. Berbeda dengan mikrokontroler MCS51, AVR menggunakan RISC (*Reduce Instruction Set Computer*) yang mempunyai lebar bus data delapan bit. Perbedaan ini bisa dilihat dari frekuensi kerjanya. MCS51 memiliki frekuensi kerja seperduabelas kali frekuensi osilator. Jadi dengan frekuensi osilator yang sama, kecepatan AVR dua belas kali lebih cepat dibanding kecepatan MCS51. Secara umum AVR dibagi menjadi empat kelas, yaitu ATtiny, AT90Sxx, ATmega dan AT86RFxx, perbedaannya terletak pada fitur – fitur yang ditawarkan.

### 2.5.1 Fitur ATmega 8535

1. 8 bit AVR berbasis RISC dengan performa tinggi dan konsumsi daya rendah
2. Kecepatan maksimal 16 MHz
3. Memori 8 Kb Flash, 512 byte SRAM, 512 byte EEPROM
4. 2 buah 8 bit timer/counter
5. 1 buah 16 bit timer/counter

6. 4 kanal PWM
7. 8 kanal 10/8 bit ADC
8. Programable serial USART
9. Komparator analog
10. 6 pilihan sleep mode untuk penghematan daya
11. 32 jalur I/O

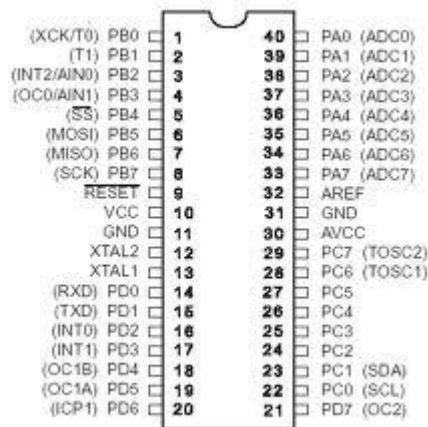


Gambar 2.9 Arsitektur ATmega 8535

### 2.5.2 Konfigurasi PIN

ATMega 8535 memiliki konfigurasi pin sebagai berikut.

1. VCC = pin masukan catu daya
2. GND = pin ground
3. Port A (PA0 – PA7) = pin I/O (bidirectional), pin ADC
4. Port B (PB0 – PB7) = pin I/O (bidirectional), pin timer/counter, analog comparator, SPI
5. Port C (PC0 – PC7) = pin I/O (bidirectional), TWI, analog comparator, Timer Oscilator
6. Port D (PD0 – PD7) = pin I/O (bidirectional), analog comparator, interupsi eksternal, USART
7. RESET = pin untuk me – reset mikrokontroler
8. XTAL1 dan XTAL 2 = pin untuk clock eksternal
9. AVCC = pin input tegangan
10. AREF = pin input tegangan referensi ADC



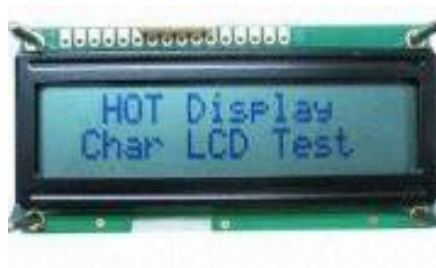
Gambar 2.10 Pin ATMega 8535



Gambar 2.11 Bentuk ATMega 8535

## 2.6 LCD (Liquid Crystal Display)

*LCD (Liquid Crystal Display)* atau disebut tampilan kristal cair merupakan jenis media tampilan di berbagai bidang misalnya dalam alat – alat elektronik seperti televisi, kalkulator, ataupun layar komputer. *LCD (liquid cell display)* merupakan suatu alat yang dapat menampilkan karakter *ASCII* sehingga kita bisa menampilkan campuran huruf dan angka sekaligus. *LCD* didalamnya terdapat sebuah mikroprosesor yang mengendalikan tampilan, kita hanya perlu membuat program untuk berkomunikasi.



Gambar 2.12 Bentuk Fisik *LCD* 16 x 2

Ukuran *LCD* ada berbagai macam seperti:

1. *LCD* 16 x 2 ada 16 kolom dan 2 baris
2. *LCD* 16 x 4 ada 16 kolom dan 4 baris

Perbedaannya terletak pada alamat menaruh karakter saja. Karakter yang ditampilkan oleh *LCD* beraneka ragam tergantung dari jenis *LCD* tersebut.

## BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

### 3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Pembuatan “*prototype* instrumen alat ukur untuk kondisi pada pendaki gunung” ini dilakukan di Laboratorium Dasar dan Optik, Kampus Fakultas Teknik, Universitas Jember di Jl. Slamet Riyadi no. 62 Patrang, Jember. Sedangkan waktu penelitian dilaksanakan mulai Mei 2011. Pengambilan data dilakukan di Gunung Bromo dengan ketinggian referensi 2329 mdpl dan Rembangan Jember. Gunung Bromo yang memiliki kawah aktif juga akan berpengaruh pada kadar oksigen, sehingga dapat digunakan untuk pengujian “*prototype* instrumen alat ukur untuk kondisi pada pendaki gunung”.

Tabel 3.1 Jadwal Kegiatan Penelitian

No	Kegiatan	Bulan					
		1	2	3	4	5	6
1	Studi Literatur	■	■				
2	Pengerjaan Alat		■	■	■		
3	Pengujian Alat			■	■		
4	Analisa Alat				■	■	
5	Pembahasan						
6	Laporan		■	■	■	■	■

### 3.2 Tahapan Perancangan

Dalam pembuatan “*prototype* instrumen alat ukur untuk kondisi pada pendaki gunung” dibutuhkan langkah-langkah perancangan, antara lain:

- 1) Studi Literatur
- 2) Perancangan perangkat keras dan perangkat lunak
- 3) Pembuatan perangkat penyusun sistem yaitu sensor oksigen dan sensor tekanan udara yang dihubungkan dengan mikrokontroler yang berupa perangkat keras lalu dihubungkan dengan perangkat lunak. Sedangkan perangkat lunak meliputi program pengolahan data kondisi pada pendaki berdasarkan tekanan udara, dan kadar oksigen.
- 4) Kaliberasi perangkat keras  
Bagian ini memuat dua bagian utama, yaitu proses kaliberasi dan proses pengujian alat pada kondisi yang sebenarnya. Bagian pertama yang diuji adalah bagian sensor, yaitu sensor tekanan udara dan sensor oksigen.
- 5) Pengujian perangkat keras dan perangkat lunak  
Pengujian perangkat penyusun sistem yang sudah dirancang, yaitu perangkat keras dan perangkat lunak sebelum diintegrasikan menjadi sistem keseluruhan.
- 6) Integrasi sistem  
Mengintegrasikan perangkat penyusun sistem yang sudah dirancang, yaitu perangkat keras dan perangkat lunak menjadi sistem keseluruhan.
- 7) Pengujian dan analisa sistem  
Menguji sistem yang telah terintegrasi secara menyeluruh lebih dahulu. Selanjutnya menganalisis data yang telah didapatkan pada saat pengujian.

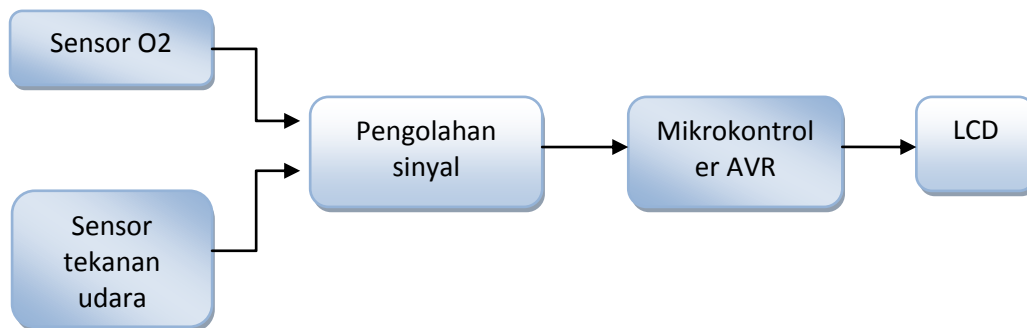


### 3.3 Alat dan Bahan

1. Satu buah Komputer
2. Sensor Oksigen (KE-50)
3. Sensor Tekanan Udara (*HP03SA*)
4. *LCD* 16x2
5. Mikrokontroler ATmega 8535
6. Solder
7. *PCB*

### 3.4 Desain Sistem

Gambar 3.1 merupakan desain blok diagram sistem “*prototype* instrumen alat ukur untuk kondisi pada pendaki gunung”:



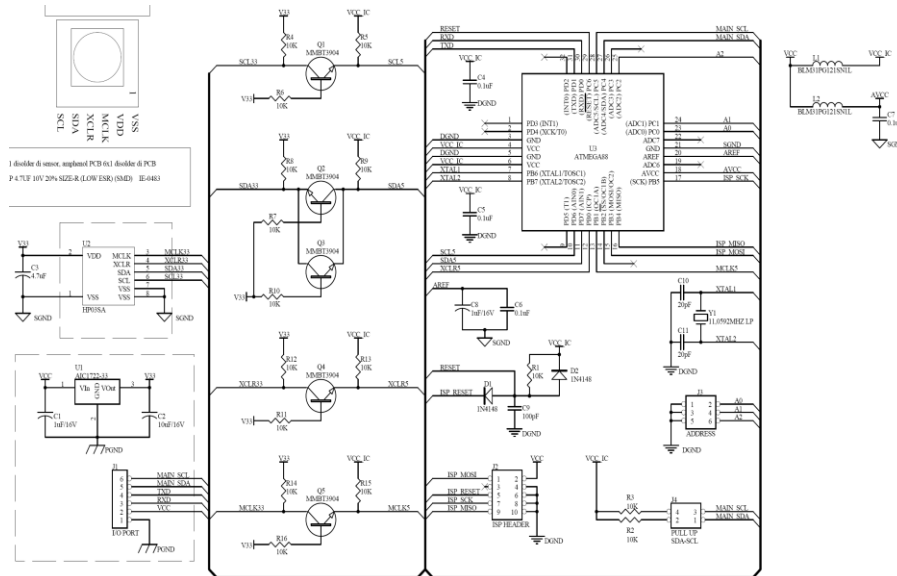
Gambar 3.1 Desain Sistem “*Prototype* Instrumen Alat Ukur Untuk Kondisi Pada Pendaki Gunung”

### 3.5 Desain Skematik Rangkaian

#### 3.5.1 Rangkaian Sensor Tekanan Udara Dan Ketinggian (*HP03SA*)

Rangkaian sensor tekanan udara ini berupa modul sensor *DT-SENSE barometric pressure and temperature sensor* yang berbasis sensor *HP03SA* yang dapat mendeteksi tekanan udara dan temperatur di sekitar sensor. Keluaran dari

sensor tersebut berupa data digital yang telah terkalibrasi penuh sehingga dapat langsung digunakan tanpa banyak perhitungan tambahan.



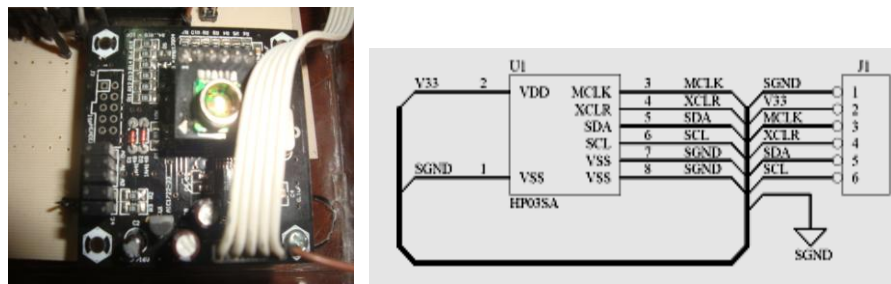
Gambar 3.2 Rangkaian Modul HP03SA

Gambar 3.2 merupakan skematik rangkaian modul HP03SA, dimana rangkaian modul tersebut terdiri dari beberapa komponen diantaranya yaitu mikrokontroler *ATMega88*.

Spesifikasi *DT-Sense Barometric Pressure & Temperature Sensor* sebagai berikut:

1. Sumber catu daya menggunakan tegangan 4,5 - 5,5 Volt.
2. Range sensor tekanan udara 300 - 1100 hpa (*hectopascal*)\*.
3. Akurasi sensor tekanan udara  $\pm 1,5$  hpa.
4. Resolusi sensor tekanan udara 0,1 hpa.
5. Range sensor temperatur -20 - 60 °C.
6. 1 hpa = 1 millibar
7. Akurasi sensor temperatur  $\pm 0,8$  °C.
8. Resolusi sensor temperatur 0,1 °C

9. Pin Input/Output kompatibel dengan level tegangan *TTL* dan *CMOS*.
10. Dilengkapi dengan antarmuka *UART TTL* dan *I<sup>2</sup>C*
11. Dilengkapi dengan jumper untuk pengaturan alamat, sehingga bisa *dicascade* sampai 8 modul tanpa perangkat keras tambahan (untuk satu master menggunakan antarmuka *I<sup>2</sup>C*).



Gambar 3.3 Rangkaian Sensor *HP03SA*

Modul sensor *HP03SA* pada gambar 3.3 langsung dapat dihubungkan pada mikrokontroler sehingga dapat langsung diprogram. Nilai dari tekanan udara dan temperatur dapat langsung terlihat pada display *LCD*.

Nilai ketinggian didapatkan dari nilai konversi tekanan udara. Dengan persamaan sebagai berikut:

$$P \approx 1,01 \cdot 10^5 - 1,3(h) \cdot 10 \quad (3.1)$$

dimana  $P$  = tekanan udara (Pa)

$h$  = ketinggian (mdpl)

Tekanan udara diatas permukaan laut adalah mendekati 1 atm yang setara dengan kira-kira  $1,01 \cdot 10^5$  Pascal. Sedangkan konstanta untuk rho udara = 1,3

$\text{kg/m}^3$ . Untuk satuan yang digunakan dalam instrumen yang dibuat ialah hPa (hektopascal), dimana  $1 \text{ Pa} = 100 \text{ hPa} = 1 \text{ mb}$  (milibar).

Jadi, jika nilai tekanan udara 990 hPa maka akan didapatkan nilai ketinggian sebagai berikut:

$$P \approx 1,01 \cdot 10^5 - 1,3 \text{ (h)} \cdot 10$$

$$990 \approx 101000 - 13 \text{ (h)}$$

$$99000 - 101000 \approx -13 \text{ (h)}$$

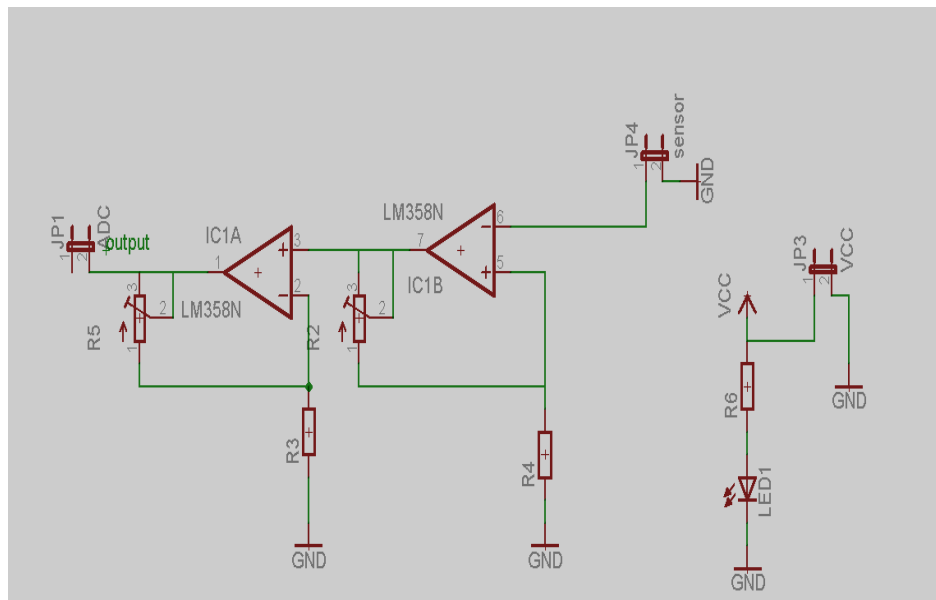
$$-2000 / -13 \approx \text{h}$$

$$153,85 \approx \text{h}$$

Hasil perhitungan diatas didapatkan nilai ketinggian mendekati 153,85 hPa atau 153,85 mb.

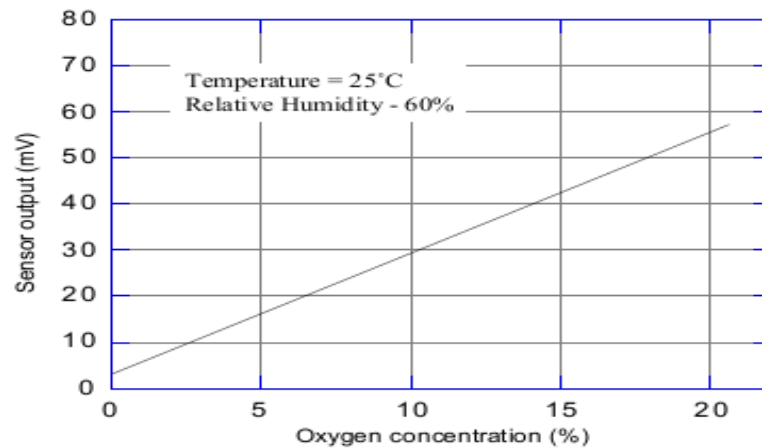
### 3.5.2 Rangkaian Sensor Oksigen KE-50

Sensor oksigen yang digunakan adalah sensor oksigen dengan merk Figaro dan tipe KE-50. Struktur sensor KE-50 sama dengan baterai, memiliki elektroda berupa anoda Pb dan katoda Au.



Gambar 3.4 Rangkaian Sensor Oksigen

Gambar 3.4 merupakan gambar rangkaian yang dibuat dengan software Eagle. Sistem dari rangkaian pada gambar 3.4 yaitu oksigen yang masuk ke dalam sensor, direduksi pada elektroda emas dengan reaksi elektrokimia. Anoda dan katoda dihubungkan dengan sebuah termistor dan resistor. Resistansi dua resistor ini mengubah arus yang terjadi akibat reaksi elektrokimia menjadi tegangan. Besar arus yang mengalir padadua resistor dipengaruhi oleh banyak oksigen yang tertangkap oleh membran elektroda. Tegangan resistan ini yang digunakan sebagai keluaran sensor oksigen.

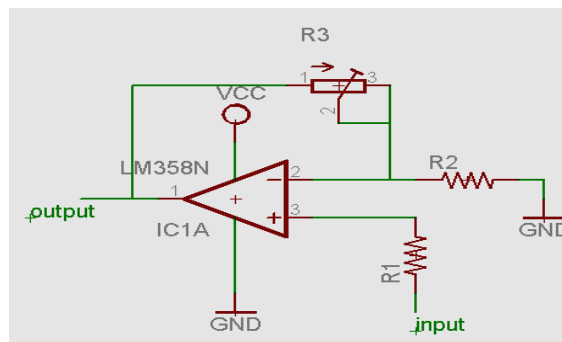


Gambar 3.5 Grafik Hubungan Sensor Output Dengan *Oxygen Concentration* (data sheet KE-50)

Pada gambar 3.5 diperlihatkan grafik dari data sheet sensor oksigen KE-50. Grafik tersebut menggambarkan perubahan sensor oksigen yang linier yang dimulai dari tegangan 6 mV yang merupakan konsentrasi oksigen sebesar 0% hingga naik sampai 204 ~ 310 mV dengan konsentrasi oksigen sebesar 100%.

### 3.5.3 Rangkaian Pengkondisi Sinyal

Rangkaian pengkondisi sinyal menggunakan IC LM358 dengan menggabungkan ke dalam rangkaian non inverting. Gambar 3.6 merupakan gambar rangkaian *non inverting* yang berfungsi untuk menguatkan tegangan keluaran dari sensor KE-50.



Gambar 3.6. Rangkaian Op-Amp *Non Inverting*

Pada proyek akhir ini digunakan rangkaian penguatan (Op-Amp) non inverting. Rangkaian ini diperlukan sebagai penguat sensor oksigen. Sensor oksigen memiliki nilai keluaran yang sangat kecil dengan satuan milivolt (mV). Untuk pembacaan di ADC mikrokontroler ATmega 8535 diperlukan tegangan referensi sebesar 0 – 5 V. Nilai sensor yang diukur pada saat di ruangan normal sebesar 49,1 mV = 0,0491 V. Nilai tegangan output sensor tersebut masih belum cukup untuk pembacaan ADC.

Persamaan untuk penguatan non-inverting sebagai berikut:

$$V_o = (R_f/R_i + 1) \cdot V_i \quad (3.2)$$

Hasil tegangan output non inverting ini akan lebih dari satu dan selalu positif. Penguatan pada rangkaian yang dibuat ini memiliki nilai  $R_f = 20 \text{ K}\Omega$  dan nilai  $R_i = 2,2 \text{ K}\Omega$ , maka penguatan yang dihasilkan sebesar 10x.

Berdasarkan persamaan (3.2) maka dapat dihitung nilai Ri

$$0,49 = \left( \frac{20000}{Ri} + 1 \right) 0,049$$

$$0,49 = \left( \frac{980}{Ri} + 0,049 \right)$$

$$0,49 - 0,049 = \left( \frac{980}{Ri} \right)$$

$$0,441 = \left( \frac{980}{Ri} \right)$$

$$0,441 Ri = 980$$

$$Ri = - 980 / 0,441 = 2222,22 \Omega.$$

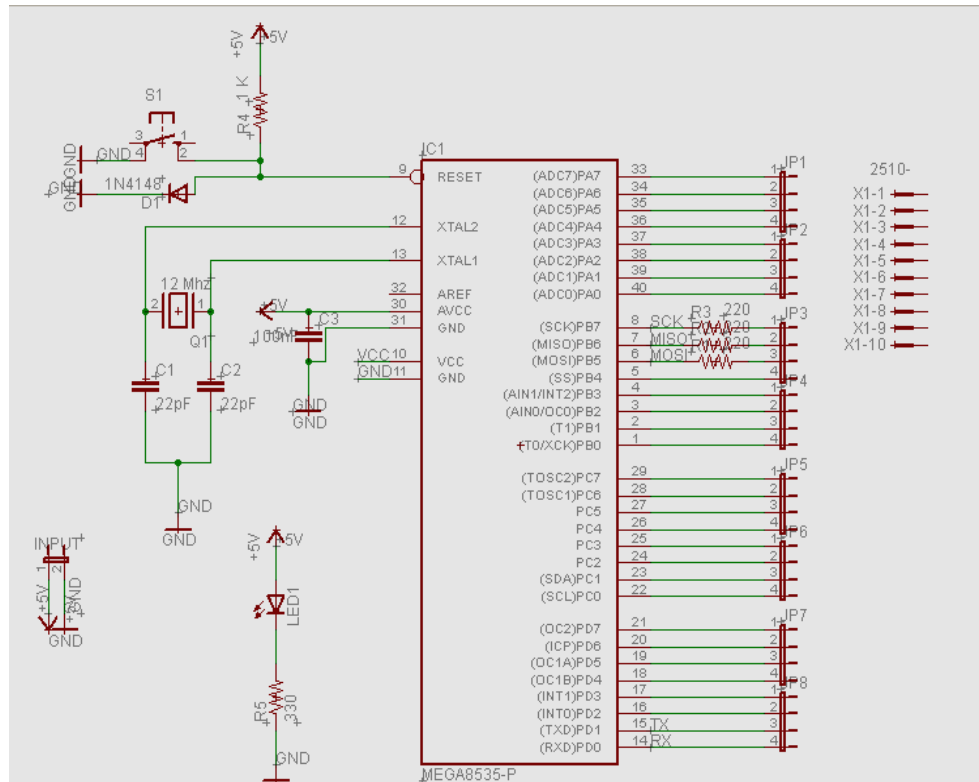
Dari perhitungan tersebut dapat diketahui bahwa nilai Ri untuk penguatan 10x dan nilai Rf = 20KΩ sebesar 2222,22 Ω.

Persamaan untuk menghitung penguatan , sebagai berikut:

$$Gain = A = \left( \frac{V_{out}}{V_{in}} \right) \quad (3.3)$$

### 3.5.4 Rangkaian sistem minimum dan LCD

Rangkaian sistem minimum menggunakan AVR 8535.

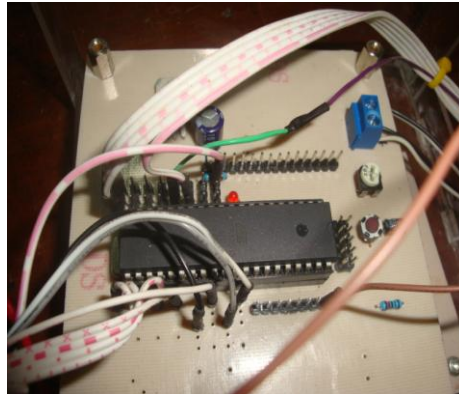


Gambar 3.7. Rangkaian Sistem Minimum dengan Software Eagle

Rangkaian sistem minimum pada gambar 3.7 adalah rangkaian elektronika yang terdiri dari komponen-komponen dasar yang dibutuhkan oleh suatu mikrokontroler untuk dapat berfungsi dengan baik. Rangkaian ini membutuhkan beberapa komponen antarlain rangkaian *XTAL* (*Kristal Oscillator*) dan rangkaian reset. *XTAL* yang digunakan dalam rangkaian sistem minimum ini ialah 11,0592 MHz. Dimana Analogi fungsi *Kristal Oscillator* adalah jantung pada tubuh manusia. Perbedaannya, jantung memompa darah dan seluruh kandungannya, sedangkan *XTAL* memompa data. Fungsi rangkaian *RESET* adalah untuk membuat mikrokontroler memulai kembali pembacaan program, hal tersebut

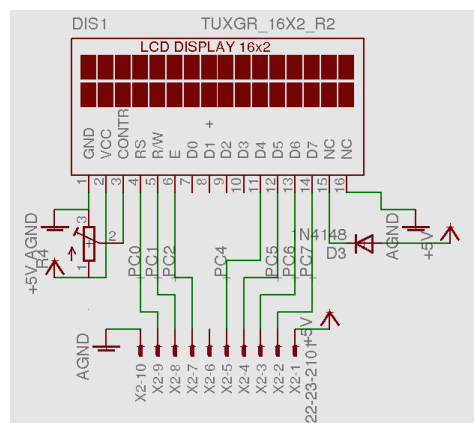


dibutuhkan pada saat mikrokontroler mengalami gangguan dalam meng-eksekusi program.



Gambar 3.8. Rangkaian sistem minimum dengan ATmega 8535

Rangkaian sistem minimum pada gambar 3.8 yang dibuat sudah terintegrasi dengan rangkaian *LCD*. dimana rangkaian *LCD* ialah sebagai berikut:



Gambar 3.9. Rangkaian *LCD*

Rangkaian *LCD* hanya membutuhkan dioda dan *variable* resistor. Dioda pada rangkaian *LCD* berfungsi sebagai proteksi untuk *LCD*. Apabila ada arus yang masuk terlalu besar maka tidak merusak *LCD* terlebih dahulu. Sedangkan *variable* resistor sebagai pengatur kecerahan (*brightness*) *LCD*.

### 3.5.5 ADC (Analog to Digital Converter)

*Analog to Digital Converter (ADC)* merupakan pengubah data analog menjadi data digital. *ADC* dibutuhkan dalam pembuatan instrumen pada proyek akhir ini. Dimana nilai keluaran pada sensor sebelum dikonversi oleh *ADC* masih berupa data analog. Untuk mendapatkan data digital untuk pengolahan di mikrokontroler maka data analog tersebut diproses terlebih dahulu. Mikrokontroler *ATMega8535* dengan fitur lengkapnya berupa *ADC* sehingga tidak menggunakan *ADC* tambahan.

Nilai *ADC* didapatkan dari persamaan sebagai berikut:

$$ADC = \frac{V_{in} \times 255}{V_{ref}} \quad (3.4)$$

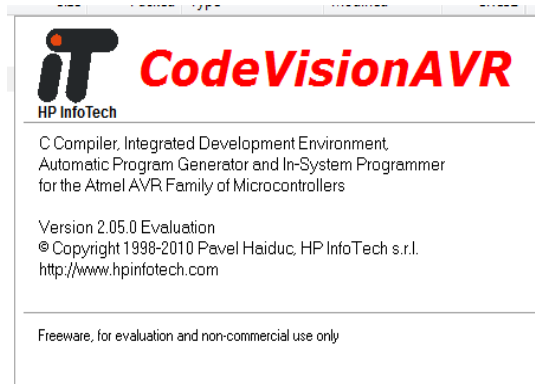
$V_{in}$  = tegangan masukan

$V_{ref}$  = tegangan referensi pada mikrokontroler

255 = skala maksimum jika menggunakan *ADC* 8 bit

### 3.5.6 Perancangan software

Code Vision AVR C Compiler (CVAVR) pada gambar 3.10 merupakan *compiler* bahasa C untuk AVR. Software ini digunakan sebagai pemrograman mikrokontroler.

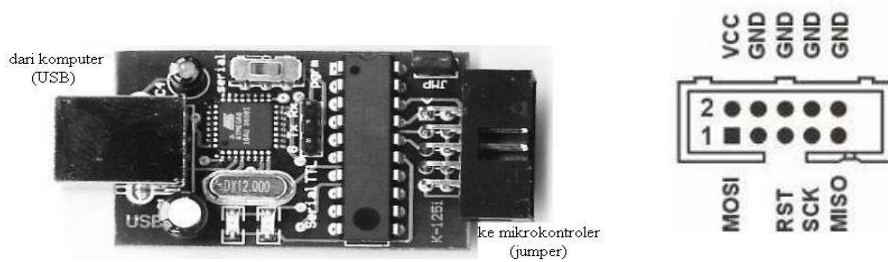


Gambar 3.10. Software CodeVision AVR

Pada tahap ini yang di lakukan adalah membuat program untuk dijalankan pada mikrokontroler *ATMega8535* yang bertujuan untuk :

- a. Membaca masukan *ADC* sensor oksigen kecepatan berupa tegangan.
- b. Membaca modul sensor tekanan udara HP03SA.

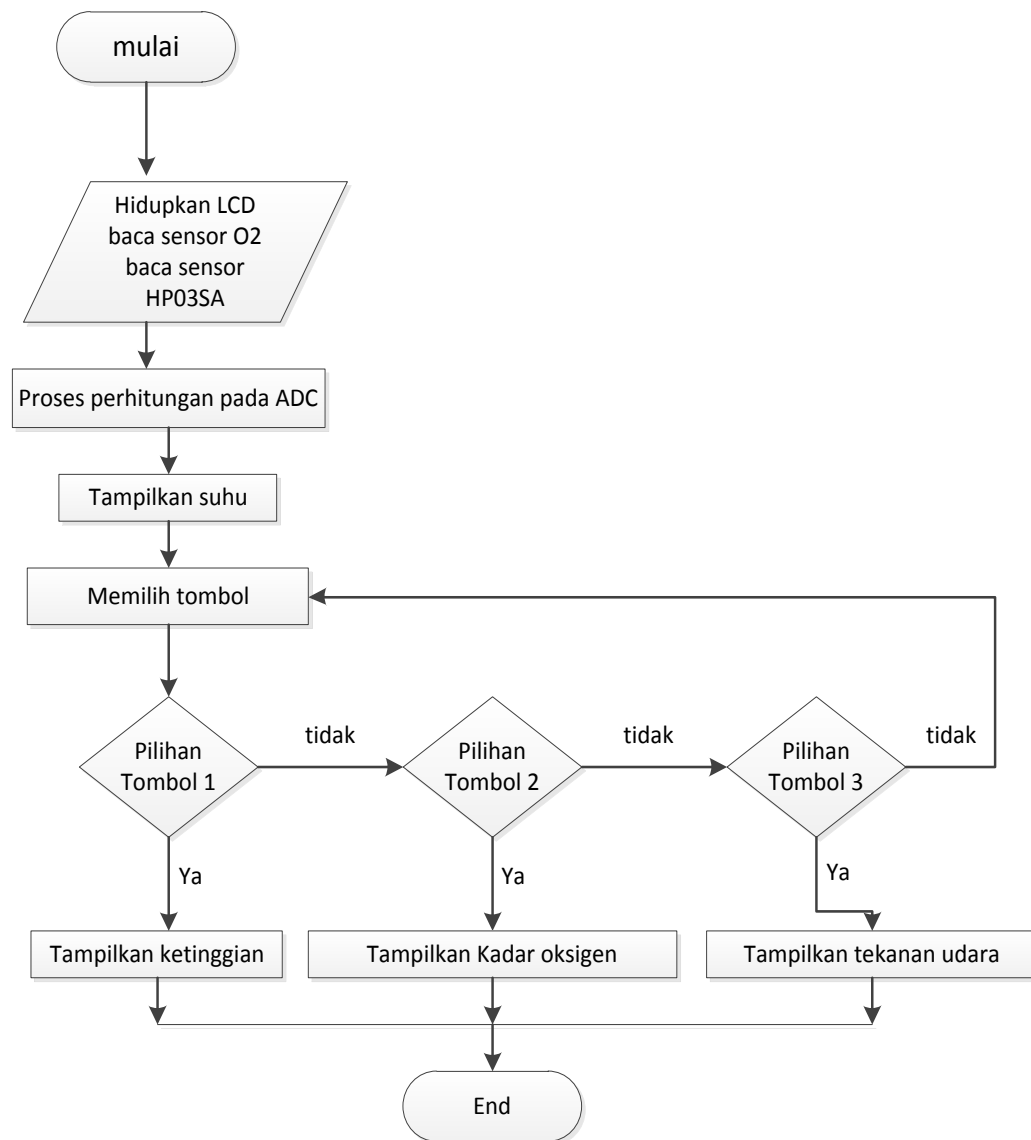
Setelah melakukan pengaturan untuk program pada *Code Vision* maka dilakukan upload program ke mikrokontroler dengan bantuan downloader *downloader USBK-125i creative vision* (gambar 3.11).



Gambar 3.11 Susunan pin dan gambar downloader USBK-125i creative vision to mikrokontroler

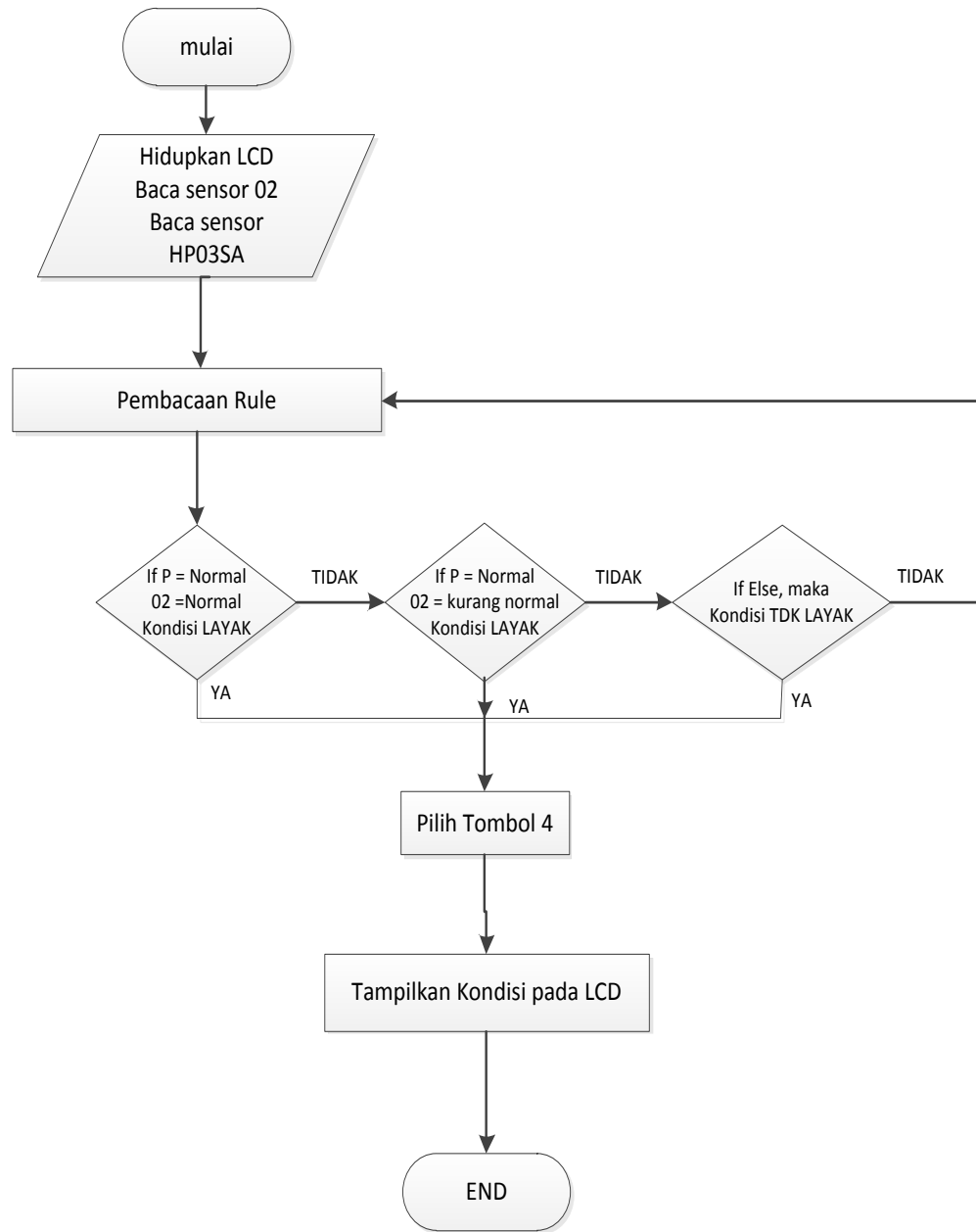
### 3.6 Flowchart dan Algoritma

#### 3.6.1 Flowchart Sistem



Gambar 3.12 *Flowchart* Sistem *Prototype* Instrumen Alat Ukur Untuk Kondisi Pada Pendaki Gunung

Gambar 3.12 merupakan *flowchart* sistem *prototype* instrumen alat ukur untuk kondisi pada pendaki gunung. Saat pertama kali menghidupkan alat maka terdapat beberapa proses yaitu pembacaan sensor tekanan udara dan kadar oksigen. Setelah pembacaan sensor selesai maka akan dilakukan proses selanjutnya yaitu berupa perhitungan ADC. Sehingga setelah melakukan proses tersebut maka *user* akan dapat memilih tombol yang diinginkan untuk dapat melihat tampilan nilai kadar oksigen, tekanan udara, ketinggian, dan kondisi. Gambar 3.13 merupakan *flowchart* sistem *rule* yang didapatkan dari tabel 4.13. terdapat 9 *rule* untuk menentukan kondisi LAYAK atau TIDAK LAYAK. Batasan – batasan dalam kondisi LAYAK atau TIDAK LAYAK sudah ada pada tabel 4.13. tampilan kondisi diproses dalam mikrokontroler dengan 2 inputan berupa kadar oksigen dan tekanan udara.



Gambar 3.13 *Flowchart* Sistem *Rule* Untuk Menentukan Kondisi

### 3.6.2 Algoritma

1. Saat alat aktif, sensor akan aktif.
2. Tegangan keluaran sensor yang lemah, dimasukkan dalam bagian instrumentasi berupa *pre amplifier* untuk penguatan sinyal.
3. Proses *kuantisasi* dan pengubahan dari analog ke digital melalui ADC pada mikrokontroler ATmega8535.
4. Data diproses oleh mikrokontroler untuk menampilkan data tekanan, kadar oksigen, dan nilai ketinggian ke display LCD.
5. Menampilkan kesimpulan kondisi pada pendaki gunung.
6. Kondisi ditentukan berdasarkan ketinggian, yaitu:

Tabel 3.2 Batasan Normal Ketinggian Dan Tekanan Udara (Wildiar-toni, 2010)

<b>Ketinggian (dpl)</b>	<b>Tekanan udara (P)</b>	<b>Tekanan parsial O<sub>2</sub> (20,95% x P)</b>
< 2438	510 mmHg	106,85
2438 – 3658	510 – 400 mmHg	106,85 – 83,8
3658 – 5478	400 – 210 mmHg	83,8 – 44
> 5500	210 mmHg	44



## BAB. 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

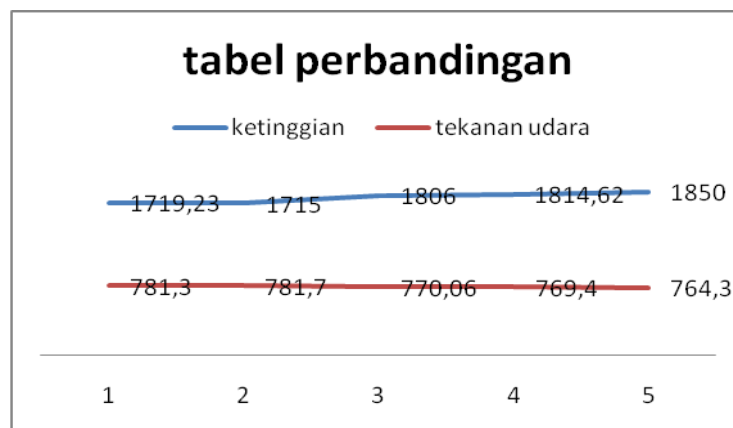
### 4.1 Hasil Pengujian

#### 4.1.1 Hasil pengujian rangkaian sensor tekanan udara dan ketinggian (HP03SA)

Pengujian terhadap rangkaian sensor tekanan udara dan ketinggian dilakukan di Gunung Bromo dengan ketinggian 2329 mdpl. Tabel 4.1 merupakan data ketinggian dan tekanan udara yang diambil dari pengukuran “*prototype* instrumen alat ukur untuk kondisi pada pendaki gunung”.

Tabel 4.1 Nilai ketinggian dan tekanan udara

NO.	Suhu (°C)	Ketinggian (mdpl)	Tekanan udara (hpa)
1.	23	1719,23	781,30
2.	19,9	1715	781,7
3.	23,50	1806	770,06
4.	24,60	1814,62	769,40
5.	20,10	1850	764,30



Gambar 4.1. Grafik perbandingan ketinggian dengan tekanan udara

Pada gambar 4.1 disajikan grafik perbandingan ketinggian dan tekanan udara, dimana semakin tinggi suatu daerah maka tekanan udaranya semakin rendah. Hasil pengujian juga memberikan pembuktian bahwa suatu daerah yang semakin tinggi akan memiliki tekanan udara yang berbanding terbalik dengan ketinggiannya, yaitu nilai tekanan udara akan semakin turun.

Pada ketinggian 1719,23 mdpl didapatkan tekanan udara sebesar 781,30 hPa atau sama dengan 781,30 mb, dikarenakan  $1 \text{ hPa} = 1 \text{ mb}$  (milibar). Tekanan udara dapat dihitung dengan nilai ketinggian yang sudah ada, berikut ini adalah hasil perhitungan secara teori berdasarkan persamaan 3.1. Perhitungan dibawah ini menggunakan data pada tabel 4.1.

1.  $h = 1719,23 \text{ mdpl}$ 

$$P = 101000 - 13 (h)$$

$$P = 101000 - 13 (1719,23)$$

$$P = 101000 - 22349,99$$

$$P = 78650,01 \text{ Pa} = 786,50 \text{ hPa}$$
  
2.  $h = 1715 \text{ mdpl}$ 

$$P = 101000 - 13 (h)$$

$$P = 101000 - 13 (1715)$$

$$P = 101000 - 22295$$

$$P = 78705 \text{ Pa} = 787,05 \text{ hPa}$$
  
3.  $h = 1806 \text{ mdpl}$ 

$$P = 101000 - 13 (h)$$

$$P = 101000 - 13 (1806)$$

$$P = 101000 - 23478$$

$$P = 77522 \text{ Pa} = 775,22 \text{ hPa}$$

4.  $h = 1814,62 \text{ mdpl}$   
 $P = 101000 - 13 (h)$   
 $P = 101000 - 13 (1814,62)$   
 $P = 101000 - 23590,06$   
 $P = 77409,94 \text{ Pa} = 774,09 \text{ hPa}$
5.  $h = 1850 \text{ mdpl}$   
 $P = 101000 - 13 (h)$   
 $P = 101000 - 13 (1850)$   
 $P = 101000 - 24050$   
 $P = 76950 \text{ Pa} = 769,50 \text{ hPa}$

Tabel 4.2. Tekanan Udara Yang Terukur dengan Tekanan Udara Secara Perhitungan

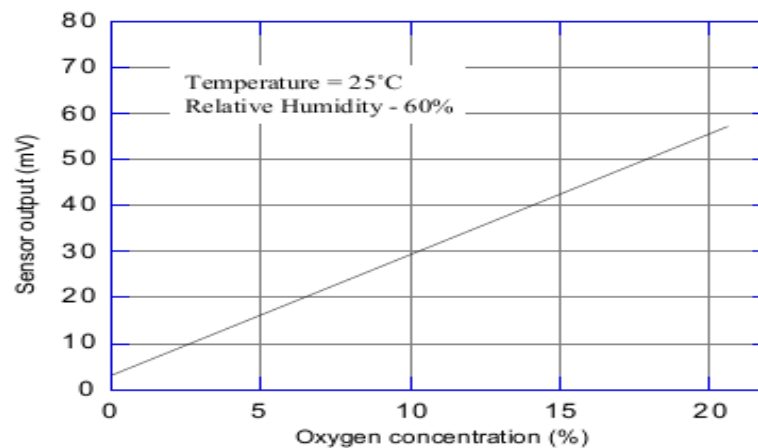
<b>No.</b>	<b>Tekanan udara (Perhitungan)</b>	<b>Tekanan udara (Praktek)</b>	<b>Error %</b>
1.	786,50 hPa	781,30 hPa	0,6
2..	787,05 hPa	781,7 hPa	0,67
3.	775,22 hPa	770,06 hPa	0,66
4.	774,09 hPa	769,40 hPa	0,6
5	769,50 hPa	764,30 hPa	0,67

Pada tabel 4.2 error % yang terjadi rata – rata sebesar 0,6 %. Error sekecil apapun dapat saja terjadi pada suatu instrumen ukur meskipun secara programming telah menuliskan perumusan secara benar. Jika secara pengukuran didapatkan nilai tekanan udara sebesar 774,09 hPa, maka secara praktek jika menghitung akan didapatkan nilai tekanan udara sebesar 769,40 hPa error % yang terjadi sebesar 0,6 %. Untuk suatu instrumen pengukuran 0,6 % akan berdampak pada kekeliruan

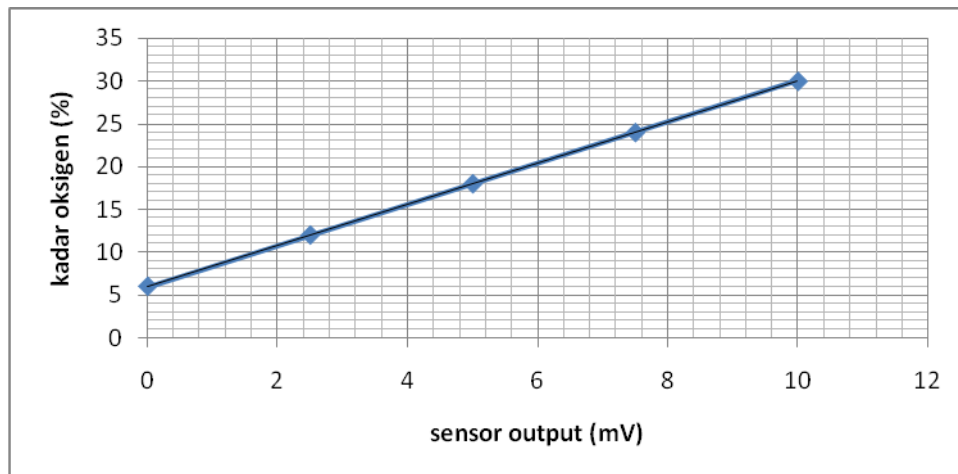
pengukuran yang besar, sehingga dapat dinyatakan instrumen pengukuran tersebut kurang presisi.

#### 4.1.2 Hasil Pengujian Sensor Oksigen KE-50

Pada pengujian sensor oksigen KE-50 dilakukan di ruangan, dimana ruangan yang dijadikan pengujian yaitu ruangan tertutup, ruangan tertutup tetapi menggunakan AC (Air Conditioner), ruangan terbuka, dan yang diberi tambahan oksigen dengan lama waktu penyemprotan oksigen 10 detik. Tegangan yang diukur tersebut langsung dari tegangan keluaran sensor tanpa penguatan. Tegangan keluaran sensor masih dalam orde milivolt (mV). Pengujian ini dilakukan untuk melihat sensitifitas sensor apakah bekerja dengan baik. Pada gambar 4.3 disajikan tegangan keluaran sensor yang diukur dengan voltmeter.



Gambar 4.2. Grafik Hubungan Sensor Output Dengan *Oxygen Concentration*  
(sumber : data sheet KE-50)



Gambar 4.3. Grafik Hubungan Output Sensor Dengan Kadar Oksigen Yang Linier

Gambar 4.2 dan gambar 4.3 merupakan grafik hubungan sensor output dan *oxygen concentration*. Grafik hubungan sensor output atau tegangan keluaran sensor menggambarkan bahwa grafik tersebut bersifat linier. Jadi perubahan sensor oksigen KE-50 adalah linier. Dengan mulai pada pengukuran 0 % sebesar 6 mV. Tiap perubahan pada sensor dapat dihitung. Jika pada tabel nilai tegangan keluar sensor sebesar 49,1 mV jadi kadar oksigen dalam ruangan tersebut yaitu sebesar 16,36 %. Apabila sensor berada di daerah terbuka maka output sensor sebesar 49,3 mV dengan kadar oksigen sebesar 16,43 %.

Tabel 4.3 Pengujian Tegangan Keluaran Sensor KE-50

<b>Ruangan</b>	<b>Tegangan keluaran sensor (mV)</b>
Tertutup	49,1
Tertutup (AC)	49,6
Terbuka	49,3
Tambahan Oksigen (10 detik)	53,4

Tabel 4.3 berupa data tegangan keluaran langsung dari sensor tanpa dihubungkan dengan rangkaian keseluruhan. Nilai konsentrasi oksigen dapat dilihat berdasarkan data pada grafik yang terdapat pada data sheet sensor. Pada data sheet dijelaskan bahwa nilai kadar oksigen sebesar  $0\% \leq 6,0 \text{ mV}$  sedangkan nilai kadar oksigen sebesar  $100\% = 204 \text{ mV} - 310 \text{ mV}$ . Berdasarkan grafik hubungan sensor output dengan *oxygen concentration* dijelaskan nilai tersebut didapatkan apabila dalam kondisi suhu =  $25^\circ\text{C}$  dan kelembapan udara =  $60\%$ .

Tabel 4.4 Pengujian Kadar Oksigen Setelah Ditambahkan  $\text{O}_2$  (Oksigen).

No.	Nilai ADC	Nilai Tegangan (V)	Kadar Oksigen(%)
1.	150	2.90	17.64
2.	151	2.95	17.76
3	153	2.99	18
4.	157	3.03	18.47
5.	172	3.30	20.23

Tabel 4.5. Data Error % Pengujian Kadar Oksigen

No.	Tegangan Output Sensor (mV)	Kadar Oksigen tampilan LCD (%)	Kadar Oksigen pada Data Sheet (%)	Error %
1.	48.3	17.64	17.62	0.11
2.	49.16	17.76	17.98	1.22
3.	49.883	18	18.26	1.42
4.	50.5	18.47	18.54	0.37
5.	55	20.23	20.41	0.88

Pada tabel 4.5 didapatkan data pengujian error persen kadar oksigen. Dimana data tersebut didapatkan ketika sensor diuji dengan pemberian oksigen tambahan yang dilakukan di dalam ruangan tertutup. Pengujian tersebut mendapatkan error % antara 0,11 – 1,42 %. Data pengujian tersebut untuk kalibrasi alat ukur kadar oksigen dalam “*prototype* instrumen alat ukur untuk kondisi pada pendaki gunung” disesuaikan dengan *datasheet* sensor oksigen KE-50 pada gambar 4.3. Karena grafik pada *datasheet* linier, maka persamaannya yaitu  $24 x - 10 y = - 60$ .

Setelah melakukan pengujian sensor oksigen KE-50, didapatkan bahwa tegangan output sensor sebesar 2,90 V memiliki kadar oksigen sebesar 17,64 % sampai nilai tegangan sebesar 3,3 V memiliki kadar oksigen sebesar 20,23 %. Perubahan nilai kadar oksigen terhadap tegangan output sensor dapat dilihat pada grafik. Dapat dibandingkan dengan grafik yang sudah ada pada data sheet. Jika pada pengujian tegangan memiliki satuan volt, pada grafik data sheet tegangan memiliki satuan milivolt (mV).

#### 4.1.3 Hasil Pengujian Rangkaian Pengkondisian Sinyal

Pada proyek akhir ini digunakan rangkaian penguatan (Op-Amp) non inverting. Rangkaian ini diperlukan sebagai penguat sensor oksigen. Sensor oksigen memiliki nilai keluaran yang sangat kecil dengan satuan milivolt (mV). Untuk pembacaan di ADC mikrokontroler ATmega 8535 diperlukan tegangan referensi sebesar 0 – 5 V. Nilai sensor yang diukur pada saat di ruangan normal sebesar 49,1 mV = 0,0491 V. Nilai tegangan output sensor tersebut masih belum cukup untuk pembacaan ADC.

Rumus untuk penguatan non-inverting sebagai berikut:

$$V_o = (R_f + R_i) / R_i \cdot V_i \quad (4.1)$$

Sehingga persamaan menjadi

$$V_o = (R_f/R_i + 1) \cdot V_i \quad (4.2)$$

Hasil tegangan output non inverting ini akan lebih dari satu dan selalu positif. Penguatan pada rangkaian yang dibuat ini memiliki nilai  $R_f = 20 \text{ K}\Omega$  dan nilai  $R_i = 2,2 \text{ K}\Omega$ , maka penguatan yang dihasilkan sebesar 10x.

Berdasarkan rumus diatas maka dapat dihitung nilai  $R_i$

$$V_o = \left( \frac{R_f}{R_i} + 1 \right) V_i$$

$$0.49 = \left( \frac{20000}{R_i} + 1 \right) 0.049$$

$$0.49 = \left( \frac{980}{R_i} + 0.049 \right)$$

$$0.49 - 0.049 = \left( \frac{980}{R_i} \right)$$

$$0.441 = \left( \frac{980}{R_i} \right)$$

$$0.441 R_i = 980$$

$$R_i = 980 / 0.441 = 2222.22$$

Dari perhitungan tersebut dapat diketahui bahwa nilai  $R_i$  untuk penguatan 10x dan nilai  $R_f = 20\text{K}\Omega$  sebesar  $2222,22 \Omega$ .

Persamaan untuk menghitung penguatan , sebagai berikut:

$$Gain = A = \left( \frac{V_{out}}{V_{in}} \right) \quad (4.3)$$



Tabel 4.6 Pengujian Rangkaian Penguat ke-1.

<b>NO.</b>	<b>Vi (Volt)</b>	<b>Gain</b>	<b>Vo (Volt)</b>
1.	0.049		0.491
2.	0.01		0.09
3.	0.02	10 x	0.19
4.	0.03		0.40
5.	0.04		0.38

Tabel 4.6 dan tabel 4.7 percobaan rangkaian penguat 1 menggunakan penguatan sebesar 10 x lalu tegangan output pada penguat 1 akan dilanjutkan dengan penguatan lagi sebesar 10 x. Penguatan yang sebenarnya diperlukan 100x dijadikan 2x penguatan. Hal ini dilakukan agar penguatan lebih stabil atau mengurangi noise.

Tabel 4.7 Pengujian Rangkaian Penguat ke-2

<b>NO.</b>	<b>Vi (Volt)</b>	<b>Gain</b>	<b>Vo (Volt)</b>
1.	0,49		4.91
2.	0.09		0.71
3.	0.19	10 x	1.50
4.	0.40		2.24
5.	0.38		2.25

Perhitungan error pada penguatan ditampilkan dalam tabel 4.8 dan tabel 4.9 di bawah ini :

$$\text{error \%} = \text{HT} - \text{HP} / \text{HT} \times 100\% \quad (4.4)$$

Tabel 4.8 Perhitungan Error Penguatan ke -1

<b>No.</b>	<b>Vout perhitungan</b>	<b>Vout praktek</b>	<b>Error %</b>
1.	0,49	0,49	0
2.	0,1	0,09	10
3.	0,2	0,19	5
4.	0,3	0,40	33
5.	0,4	0,38	5

Tabel 4.9 Perhitungan Error Penguatan ke - 2

No.	Vout perhitungan(Volt)	Vout praktek (Volt)	Error %
1.	4,9	4,9	0
2.	0,9	0,71	21,11
3.	1,9	1,5	21,05
4.	4	3,8	5
5.	3,8	2,5	34,21

Error yang didapatkan yaitu error tekecil pada penguatan 1 tegangan 0,049 sebesar 0%, dan pada penguatan 2 didapatkan error besar pada Vout 3,8 dengan error % sebesar 34,25 %.

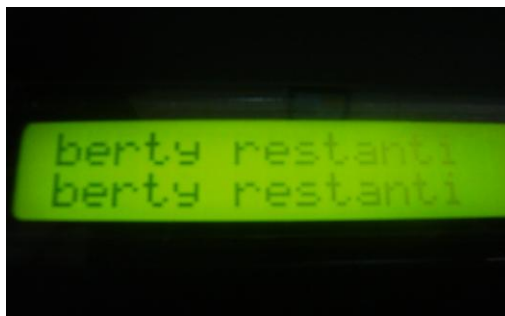
#### 4.1.4 Hasil Pengujian Rangkaian Sistem Minimum dan *LCD*

Untuk dapat menampilkan data maka perlunya untuk memprogram pada LCD maka program yang ditulis adalah sebagaiberikut:

```

while (1)
{
lcd_gotoxy(0,0);
lcd_putsf("berty restanti");
lcd_gotoxy(0,1);
lcd_putsf("berty restanti");
};
}

```



Gambar 4.4. Pengujian Rangkaian LCD

Pengujian sistem minimum yaitu sistem minimum dapat meload program ke mikrokontroler. Sistem minimum yang dibuat telah berhasil meload program ke dalam chip mikrokontroler ATmega8535 yang disajikan pada gambar 4.4 dengan tampilan *LCD*.

#### 4.1.5 Hasil percobaan Analog Digital to Converter (ADC)

Untuk listing program percobaan ADC yaitu:

```
while (1)
{
  lcd_clear();
  adc = read_adc(7); //pembacaan adc pada pin 7
  lcd_gotoxy(0,0); //letak nilai adc pada kolom 0 baris 0 di LCD
  sprintf(buf,"adc:%d",adc); //menampilkan nilai ADC pada LCD
  lcd_puts(buf);
  delay_ms(100);
};
```

Tabel 4.10. Nilai Tegangan Yang Diubah Menjadi Nilai ADC

No.	Nilai ADC	Nilai Tegangan (V)
1.	150	2.90
2.	151	2.95
3.	153	2.99
4.	157	3.03
5.	172	3.30

Nilai ADC didapatkan dari rumus sebagai berikut:

$$ADC = \frac{V_{in} \times 255}{V_{ref}} \quad (4.5)$$

Keterangan:

$V_{in}$  = tegangan masukan

$V_{ref}$  = tegangan referensi pada mikrokontroler

255 = skala maksimum jika menggunakan ADC 8 bit

Tabel 4.10 Tegangan referensi yang diukur sebesar 4,9 volt, tidak mencapai 5 volt. Sehingga nilai ADC yang didapatkan sebesar untuk nilai tegangan 2,9 volt adalah 150.

Dengan perhitungannya yaitu:

$$ADC = \frac{2,9 \times 255}{4,9}$$

$$ADC = \frac{739,5}{4,9}$$

$$ADC = 150$$

## 4.2 Perancangan Software

### 4.2.1. Listing Program

Listing program pembacaan modul sensor HP03SA sebagai berikut:

```

i2c_start();          // Start Condition
i2c_write(0xE0);     // Tulis ke modul DT-SENSE
i2c_write(0x00);     // Perintah baca data tekanan
i2c_stop();          // Stop Condition

delay_ms(15);        // delay 15 ms

i2c_start();          // Start Condition
i2c_write(0xE1);     // Baca ke modul DT-SENSE
temp1 = i2c_read(1);
temp2 = i2c_read(0);
i2c_stop();          // Stop Condition

pressure =(float)((temp1*256) + temp2) /10; // perhitungan tekanan
udara
pressure = pressure + 22; //kalibrasi tekanan udara
h = (float)((pressure *100)- 101000 ) / -13; //perhitungan
ketinggian

delay_ms(15);        // delay 15 ms

i2c_start();          // Start Condition
i2c_write(0xE0);     // Tulis ke modul DT-SENSE

```

```

i2c_write(0x01);    // Perintah baca data temperatur
i2c_stop();        // Stop Condition

delay_ms(15);      // delay 15 ms

i2c_start();       // Start Condition
i2c_write(0xE1);   // Baca ke modul DT-SENSE
temp1 = i2c_read(1);
temp2 = i2c_read(0);
i2c_stop();        // Stop Condition

temperatur = (float) (((temp1*256) + temp2)-200)/10 ;
//perhitungan suhu
    lcd_gotoxy(0,0); // tampilan pada layar LCD pada kolom 0
baris 0

```

Listing program tersebut untuk pembacaan modul sensor HP03SA dengan keluaran berupa nilai suhu, tekanan udara, dan ketinggian. Nilai ketinggian merupakan konversi dari nilai tekanan udara. Sehingga tinggal menambahkan rumus yang telah ada.

Modul sensor HP03SA menggunakan komunikasi I<sup>2</sup>C. Sistem jalur I<sup>2</sup>C merupakan suatu standar protocol sistem komunikasi data serial yang dikembangkan oleh Philip dan cukup populer karena penggunaannya yang cukup mudah. Pada komunikasi data I<sup>2</sup>C, data dikirim secara serial melalui sebuah jalur dua buah arah. Digunakan dua buah pin saja untuk berkomunikasi, yaitu pin untuk data dan pin untuk sinyal clock.

Pada antarmuka I<sup>2</sup>C ini, modul Dt-Sense Barometric Pressure & Temperature Sensor bertindak sebagai *slave* dengan alamat sesuai dengan telah ditentukan sebelumnya melalui pengaturan jumper. Antarmuka I<sup>2</sup>C pada modul

*Dt-Sense Barometric Pressure & Temperature Sensor* mendukung *bit rate* sampai dengan maksimum 100 kHz.

Pada dasarnya, sistem I<sup>2</sup>C terbagi atas dua bagian, yaitu suatu device yang bertindak sebagai pengontrol atau *master* dan suatu device yang dikontrol atau *slave*. *Master* dan *slave* saling berkomunikasi melalui jalur data bus I<sup>2</sup>C. Alat yang mengendalikan komunikasi disebut *master* dan alat yang dikendalikan oleh master disebut *slave*. Pada satu jalur data I<sup>2</sup>C yang sama, dapat terdapat *slave* lebih dari satu. Oleh karena itu, I<sup>2</sup>C Bus harus dikendalikan master yang dapat membangkitkan serial clock (SCL), mengontrol system komunikasi data (SDA), dan dapat menghasilkan kondisi-kondisi “START” dan “STOP”.

Untuk sensor oksigen KE-50 tampilan listing programnya sebagai berikut:

```
adc=(float)read_adc(7)/8,5;    //pembacaan sensor oksigen
delay_ms(0);
```

Untuk mendapatkan nilai kadar oksigen maka diperlukan pembacaan tegangan yang dihasilkan sensor yang nantinya diubah menjadi nilai ADC. Nilai ADC dibagi dengan 8,5 yang didapatkan dari perbandingan yang ada pada datasheet sensor oksigen KE-50

### 4.3 Pengujian keseluruhan

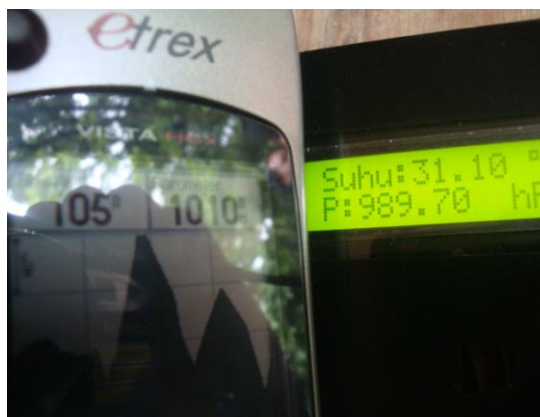
Sebelum adanya pengujian keseluruhan dari *prototype* instrumen ukur kondisi pendaki gunung diperlukan kalibrasi dengan alat yang sudah diproduksi secara massal. Sebagai pembanding yaitu GPS merk GARMIN eTrex Vista Hcx (digital) pada gambar 4.5 dan altimeter/barometer merk YCM (analog).



Gambar 4.5 GPS Garmin eTrex Vista Hcx

Tabel 4.11 Data Perbandingan *Prototype* Instrumen Alat Ukur Kondisi Pendaki Gunung Dengan GPS Digital.

No.	Ketinggian		Tekanan udara	
	GPS	Alat	GPS	Alat
1.	106 m	116 m	1010 mb	989,80 hPa
2.	105 m	115 m	1010 mb	989,60 hPa



Gambar 4.6 Perbandingan Nilai Tekanan Udara Dengan GPS





Gambar 4.7 Perbandingan Nilai Ketinggian Dengan GPS

Tabel 4.12 Perbandingan *Prototype* Instrumen Alat Ukur Untuk Kondisi Pada Pendaki Gunung Dengan GPS Digital.

No	Ketinggian				Tekanan udara			
	GPS	Alat	Selisih	Error	GPS	Alat	Selisih	Error
1.	106	116	10	8,62 %	1010	989,80	20,2	20,4 %
2.	105	115	10	8,69 %	1010	989,60	20,4	20,6 %

Tabel 4.12 pengujian dengan GPS dilakukan di Fakultas Sastra Universitas Jember dengan ketinggian dan nilai tekanan udara yang ada pada tabel 4.11. Pada pengujian tersebut didapatkan selisih nilai ketinggian dan tekanan udara. Persentase error pada ketinggian sebesar 8,62 % - 8,69 % dan error pada tekanan udara sebesar 20,4 % - 20,6 %.

Tampilan suatu kondisi menurut pernyataan pada *range* yang telah dibuat yaitu sebagai berikut:

**Oksigen (sumber : Lestari, 2007)**

>21 %	berlebih
15% - 21 %	normal
<15 %	tidak normal

**Tekanan udara (sumber: Wildiarmoni, 2010)**

>510 hPa	normal
510 – 400	kurang normal
400 – 210	sangat kurang

Tabel 4.13 Aturan untuk menentukan kondisi

		Oksigen		
		TN	N	B
Tekanan udara	N	TL	L	TL
	KN	TL	L	TL
	SK	TL	TL	TL

Keterangan: N = normal, KN = kurang normal, SK= sangat kurang

TN = tidak normal , N = normal, B = berlebih

TL = tidak layak, L = layak

Aturan pada tabel 4.13 sebagai berikut:

- [R1] IF tekanan udara NORMAL And kadar oksigen TIDAK NORMAL  
THEN kondisi TIDAK LAYAK;
- [R2] IF tekanan udara NORMAL And kadar oksigen NORMAL  
THEN kondisi LAYAK;
- [R3] IF tekanan udara NORMAL And kadar oksigen BERLEBIH  
THEN kondisi TIDAK LAYAK;
- [R4] IF tekanan udara KURANG NORMAL And kadar oksigen TIDAK  
NORMAL  
THEN kondisi TIDAK LAYAK;
- [R5] IF tekanan udara KURANG NORMAL And kadar oksigen  
NORMAL  
THEN kondisi LAYAK;
- [R6] IF tekanan udara KURANG NORMAL And kadar oksigen  
BERLEBIH  
THEN kondisi TIDAK LAYAK;
- [R7] IF tekanan udara SANGAT KURANG And kadar oksigen TIDAK  
NORMAL  
THEN kondisi TIDAK LAYAK;
- [R8] IF tekanan udara SANGAT KURANG And kadar oksigen NORMAL  
THEN kondisi TIDAK LAYAK;
- [R9] IF tekanan udara SANGAT KURANG And kadar oksigen  
BERLEBIH  
THEN kondisi TIDAK LAYAK;

Sembilan aturan diatas kondisi LAYAK terdapat pada aturan ke-2 [R2] dan aturan ke-5[R5], dan aturan [R1], [R3], [R4], [R6], [R7], [R8], [R9] menyatakan kondisi TIDAK LAYAK.

Untuk menentukan kondisi digunakan dua inputan yaitu kadar oksigen dan tekanan udara. Ketinggian tidak digunakan dikarenakan ketinggian merupakan konversi dari tekanan udara. Listing program pada prototype instrumen ukur untuk kondisi pada pendaki gunung dengan bentuk percabangan *if – then* sesuai dengan aturan pada tabel 4.12.

Listing program untuk menentukan kondisi adalah sebagai berikut:

```

else if(PINC.4==0) {
    if (pressure>510 && adc< 15) {lcd_clear(); PORTC.0=1; lcd_gotoxy(0,1);
lcd_putsf("TIDAK LAYAK");}
    else if (pressure>510 && (adc>15 && adc<=21)) {lcd_clear();
PORTC.0=1; lcd_gotoxy(0,1); lcd_putsf("LAYAK");}
    else if (pressure>510 && adc>21) {lcd_clear(); PORTC.0=1;
lcd_gotoxy(0,1); lcd_putsf("TIDAK LAYAK");}
    else if ((pressure>=400 && pressure<510) && adc<15) {lcd_clear();
PORTC.0=1; lcd_gotoxy(0,1); lcd_putsf("TIDAK LAYAK");}
    else if ((pressure>=400 && pressure<510) && (adc>15 && adc<=21))
{lcd_clear(); PORTC.0=1; lcd_gotoxy(0,1); lcd_putsf("LAYAK");}
    else if ((pressure>=400 && pressure<510) && adc>21) {lcd_clear();
PORTC.0=1; lcd_gotoxy(0,1); lcd_putsf("TIDAK LAYAK");}
    else if ((pressure>=210 && pressure<400) && adc<15 ) {lcd_clear();
PORTC.0=1; lcd_gotoxy(0,1); lcd_putsf("TIDAK LAYAK");}
    else if ((pressure>=210 && pressure<400) && (adc>15 && adc<=21))
{lcd_clear(); PORTC.0=1; lcd_gotoxy(0,1); lcd_putsf("TIDAK LAYAK");}
    else if ((pressure>=210 && pressure<400) && adc>21) {lcd_clear();
PORTC.0=1; lcd_gotoxy(0,1); lcd_putsf("TIDAK LAYAK");}

```

Tabel 4.14 Data Pengujian ke-1 di Gunung Bromo

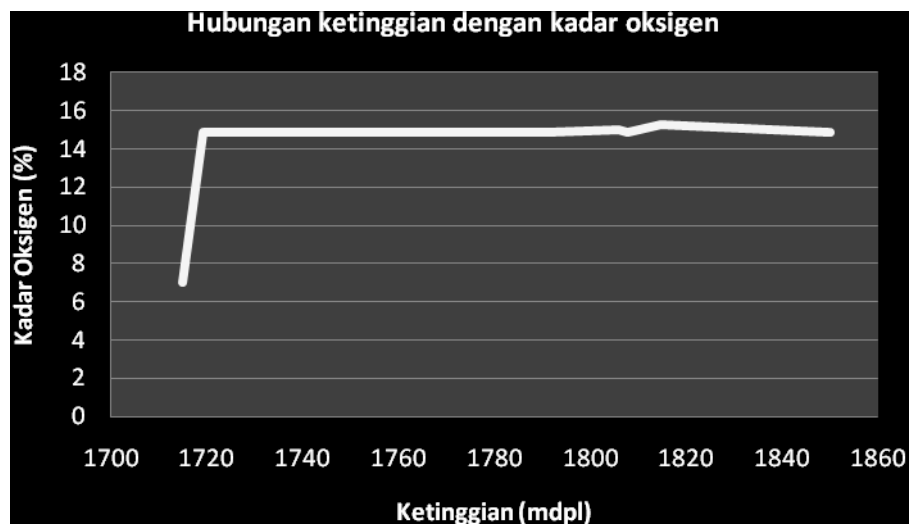
No.	Su- hu (°C)	Ketinggian (mdpl)		Tekanan udara (hPa)		Kadar O <sub>2</sub> (%)	Kondisi
		Alat	Altimeter	Alat	Barometer		
1	23	1719.23	2000	781.30	660	14,87	TL
2	19.9	1715	2200	781	640	7	TL
3	23.5	1806	2310	770.06	640	14,95	TL
4	24.4	1807.69	2320	769.90	640	14,87	TL
5	24.6	1814.62	2320	769.40	645	15,25	L
6	20.2	1791	2315	771.10	645	14,85	TL
7	20.1	1850	2350	764.30	645	14,85	TL

**Keterangan : TL = tidak layak, L =layak**

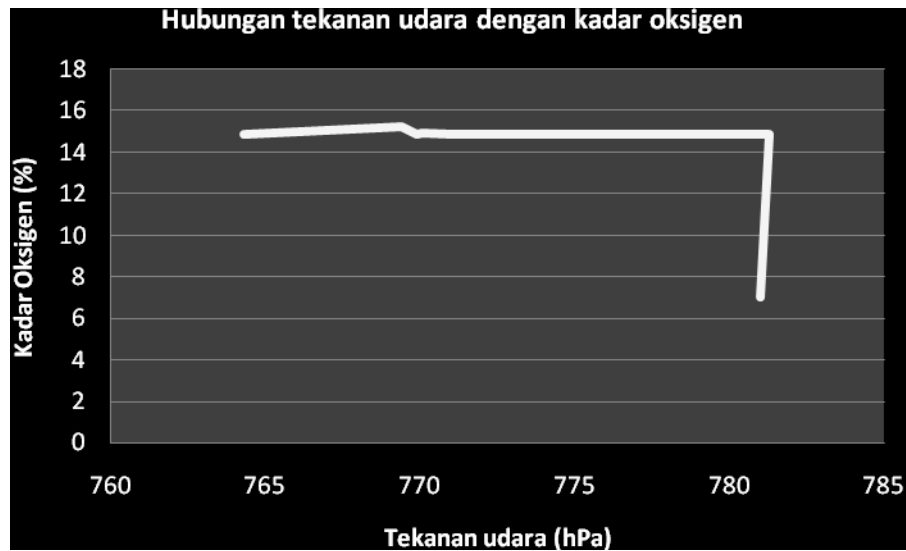
Tabel 4.14 merupakan pengujian ke-1 dengan pengambilan data di Gunung Bromo. Data yang diperoleh sebanyak 7 dengan ketinggian antara 1715 – 1850 mdpl. Perbandingan dari pengujian tersebut menggunakan altimeter analog yang sangat sulit untuk melihat perubahannya. Data perbandingan dengan altimeter analog yang memiliki *error* % yang besar.

Tabel 4.15 Data Error % Pengambilan Data di Gunung Bromo

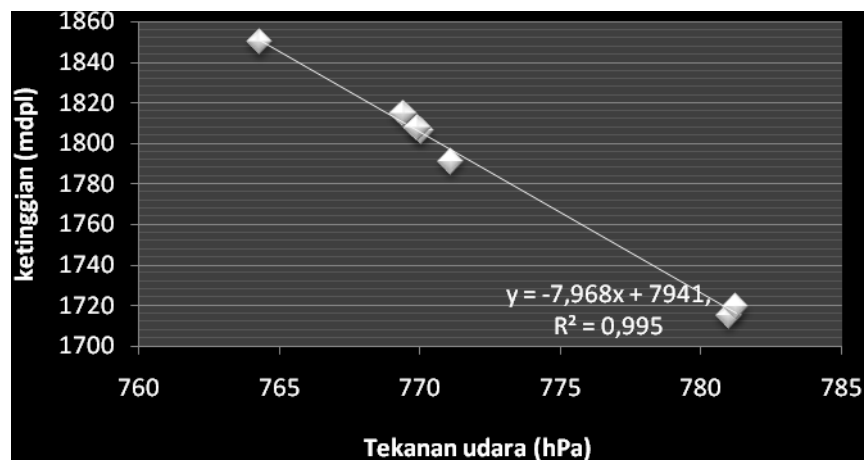
NO.	Error % Ketinggian	Error % Tekanan Udara
1.	16.33	18.37
2.	28.27	22.03
3.	27.90	20.32
4.	28.34	20.29
5.	27.85	19.28
6.	29.25	19.55
7.	27.02	18.49



Gambar 4.8 Pengujian ke-1 Grafik Hubungan Ketinggian dengan Kadar Oksigen



Gambar 4.9 Pengujian ke-1 Grafik Hubungan Tekanan Udara dengan Kadar Oksigen



Gambar 4.10 Pengujian ke-1 Grafik Hubungan Tekanan Udara dan Ketinggian

Data yang didapatkan tabel 4.14 memiliki selisih yang sangat jauh dengan pembandingnya. *Error* % ketinggian antara 29,25 % - 16,33 % dan *error* % tekanan udara antara 22,03 % - 18,37 %. Sebagai pembanding saat pengambilan

data menggunakan altimeter analog. Pada dasarnya altimeter analog kurang baik untuk dijadikan pembandingan, dikarenakan perubahannya yang sulit untuk dilihat, sehingga dalam pengambilan data di Gunung Bromo belum dapat dikatakan akurat. Sensor yang digunakan pada alat ukur yang tidak sama tersebut juga dapat menjadi penyebab *error* persen saat pengambilan data. Tingkat keakurasian dari sensor yang berbeda menyebabkan *error* pengukuran. Dibutuhkan penelitian lebih lanjut agar keakurasian alat dapat lebih bagus dengan menggunakan sensor yang memiliki tingkat keakurasian yang lebih baik. Sedangkan kadar oksigen yang rendah atau kurang dari 15 % dapat terjadi dikarenakan Gunung Bromo memiliki kawah aktif yang menghasilkan gas belerang. Sensor oksigen KE- 50 yang ada di “*prototype* instrumen alat ukur untuk kondisi pada pendaki gunung” dapat terpengaruh oleh sulfur atau belerang sehingga kadar oksigen dapat mencapai nilai tidak normal.

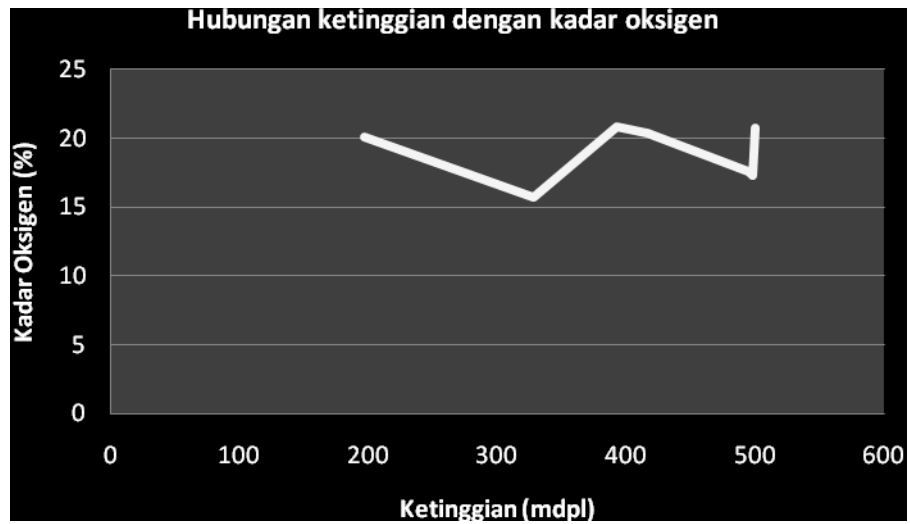
Pada pengujian ke-1 grafik 4.10 tekanan udara dan ketinggian dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi suatu tempat maka tekanan udaranya akan semakin turun. Adanya pengaruh sulfur (belerang) dapat menyebabkan berkurangnya kadar oksigen sehingga data yang didapat kurang dari 15 %. Kondisi yang didapatkan pada pengujian ke-1 rata – rata TIDAK LAYAK. Kesimpulan kondisi tersebut sesuai dengan keadaan pendaki saat pengujian, dimana pendaki merasakan lebih cepat capai sehingga agak tersengal saat bernafas. Diharapkan dengan adanya penelitian “ *prototype* instrumen alat ukur untuk kondisi pada pendaki gunung”, pendaki dapat memonitoring kondisi lingkungan saat pendakian sehingga dapat bertindak saat kondisi TIDAK LAYAK bagi pendaki gunung.



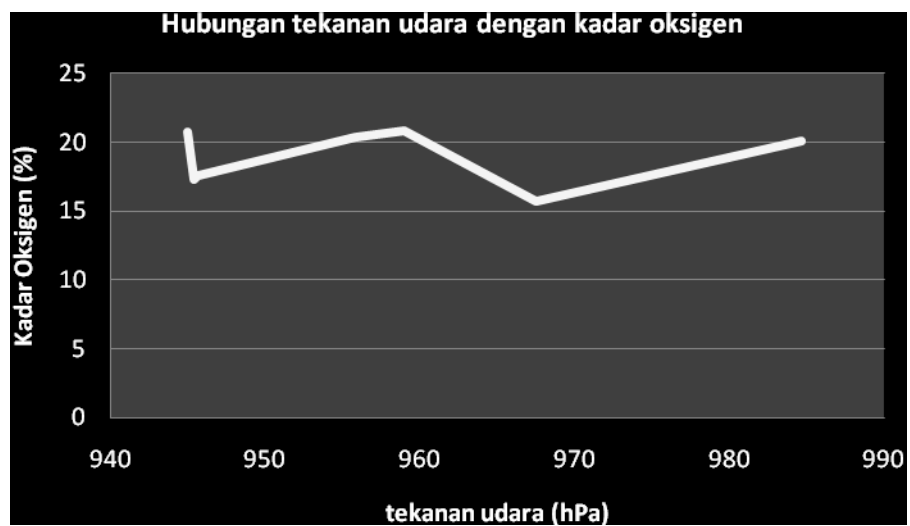
Tabel 4.16 Data Pengujian ke-2 di Wisata Rembangan

No.	Suhu (°C)	Ketinggian (mdpl)	Tekanan udara (hPa)	Kadar O <sub>2</sub> (%)	Kondisi
1	28.90	500	945.00	20.75	L
2	29.60	497.69	945.40	17.37	L
3	27.3	494.62	945.70	17.62	L
4	27.70	416.92	955.80	20.37	L
5	28.90	392.31	959	20.87	L
6	29.40	327.69	967.50	15.75	L
7	29.06	196.92	984.60	20.12	L
8	29.70	136.15	992.20	19.5	L
9	31.10	115.38	995	19.87	L
10	31.10	113.85	995.10	19.62	L

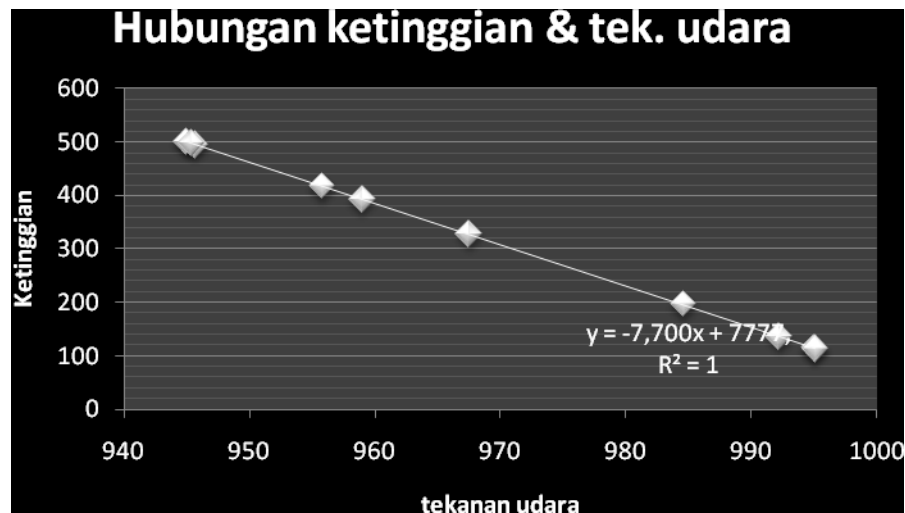
Pada tabel 4.16 pengujian dilakukan di Rembangan dengan mengambil 10 data dimulai dari ketinggian 113.85 – 500 mdpl. Pengujian tersebut tanpa menggunakan alat pembanding sehingga tidak dapat mengetahui nilai *error* terhadap alat yang sudah diproduksi.



Gambar 4.11 Pengujian ke-2 Grafik Hubungan Ketinggian dengan Kadar Oksigen



Gambar 4.12 Pengujian ke-2 Grafik Hubungan Tekanan Udara dengan Kadar Oksigen



Gambar 4.13 Pengujian ke-2 Grafik Hubungan Ketinggian dan Tekanan Udara

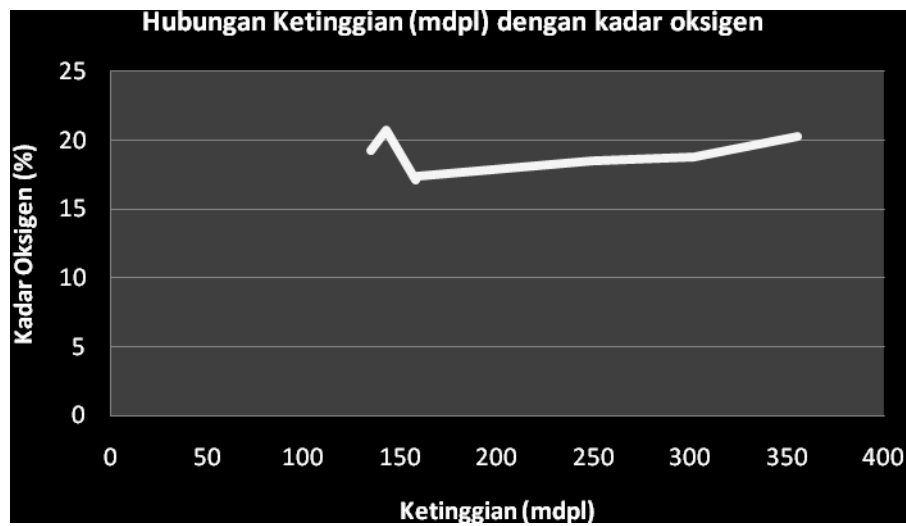
Data pengujian ke-2 diambil di Wisata Rembangan hingga turun ke lokasi dataran rendah lagi. Wisata Rembangan merupakan lereng pegunungan Argopuro yang berlokasi di Jember. Ketinggian referensi daerah tersebut  $\pm 600$  mdpl. Pengujian ke-2 tidak berada tepat di lokasi wisata Rembangan akan tetapi berada di bawahnya berkurang sekitar 100 m. Titik tertinggi pada pengambilan data ke-2 berada pada ketinggian 500mdpl dengan tekanan udara 945 hPa, dan titik terendah berada pada ketinggian 113,85 mdpl dengan tekanan udara 945,7 mdpl. Dari pengujian ke- 2 juga dapat dilihat grafik ketinggian dan tekanan udara yang berbanding terbalik dimana semakin tinggi suatu wilayah tekanan udaranya menjadi berkurang, sedangkan kadar oksigennya berubah – ubah akan tetapi dalam batas normal antara 15,75 % - 20,87 %. Kondisi pada pengujian ke-2 menyatakan dalam batas LAYAK. Dalam pengujian ke-2 tidak menggunakan alat pengukur lain sebagai pembanding sehingga tidak dapat mengetahui selisih error % dengan alat ukur yang sudah diproduksi.

Tabel 4.17 Pengujian ke-3 di Rembangan dengan pembanding GPS e-Trex

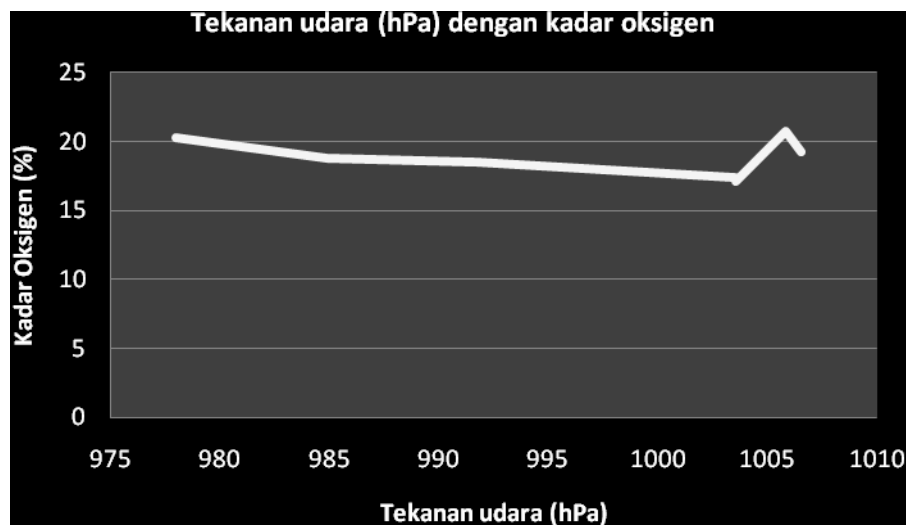
No	Su- hu (°C)	Ketinggian (mdpl)		Tekanan udara (hPa)		Kadar O <sub>2</sub> (%)	Kond isi
		Alat	GPS	Alat	GPS (mb)		
1	30	134,15	127	1006,50	1007	19,25	L
2	29,3	141,85	138	1005,80	1008	20,75	L
3	29,8	157,23	155	1003,50	1008	17,12	L
4	29	158	162	1003,50	1008	17,37	L
5	29,5	248,77	235	991,70	1005	18,50	L
6	29,9	301,08	289	984,90	1006	18,75	L
7	28,8	354,92	358	978	1006	20,25	L
8	30,6	381,08	383	974,46	1006	20,15	L
9	28,9	431,85	473	967,67	1009	18,62	L
10	29,3	449,54	472	965,70	1007	20,75	L
11	27,7	487,23	539	960,70	1009	18,62	L
12	30,1	504,15	527	959,50	1007	18,50	L
13	27,8	523,38	577	955,90	1009	16,62	L

**Keterangan : mb = milibar, hPa = hektopascal, L = layak**

Tabel 4.17 merupakan tabel pengambilan data di Rembangan, dengan jumlah data yaitu 13. Diambil dari ketinggian 134.15 – 523.38 mdpl.



Gambar 4.14 Pengujian ke-3 Grafik Hubungan Ketinggian dengan Kadar Oksigen



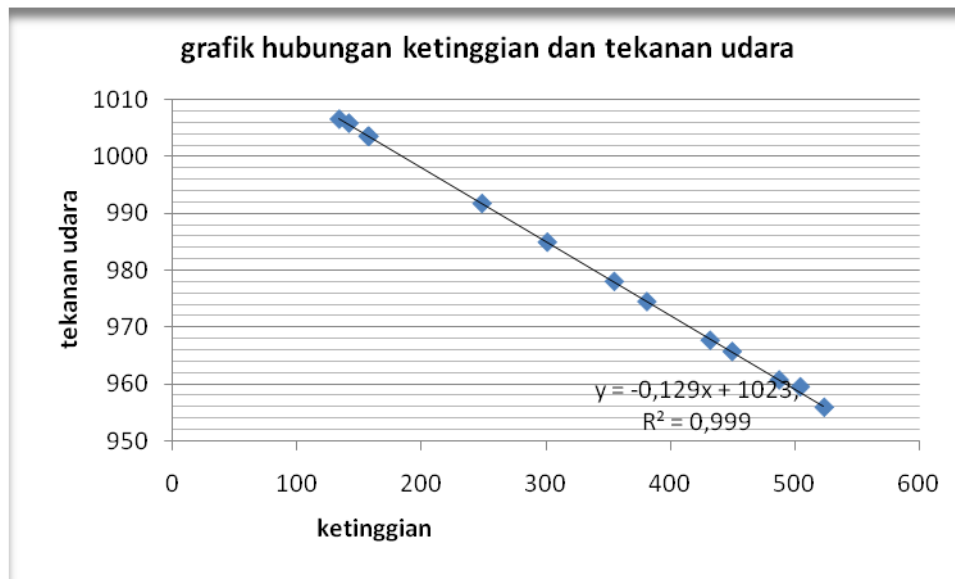
Gambar 4.15 Pengujian ke-3 Grafik Hubungan Tekanan udara dengan Kadar Oksigen

Tabel 4.18 Data *Error %* Pengujian ke-3 di Rembangan

<b>NO.</b>	<b><i>Error % Ketinggian</i></b>	<b><i>Error % Tekanan Udara</i></b>
1.	<b>5,62</b>	<b>0,04</b>
2.	<b>2,77</b>	<b>0,2</b>
3.	<b>1,43</b>	<b>0,44</b>
4.	<b>2,46</b>	<b>0,44</b>
5.	<b>5,85</b>	<b>1,32</b>
6.	<b>4,17</b>	<b>2,09</b>
7.	<b>0,86</b>	<b>2,78</b>
8.	<b>0,50</b>	<b>3,13</b>
9.	<b>4,75</b>	<b>4,1</b>
10.	<b>8,69</b>	<b>4,01</b>
11.	<b>9,6</b>	<b>4,78</b>
12.	<b>4,33</b>	<b>4,7</b>
13.	<b>9,29</b>	<b>5,26</b>
<b>Rata-rata Error %</b>	<b>4,64 %</b>	<b>2,6%</b>

Pada pengujian ke-3 yang dilakukan di Rembangan, didapatkan data pada tabel 4.17. Dimana saat pengambilan data menggunakan alat pembanding yaitu GPS eTrex untuk membandingkan nilai tekanan udara dan ketinggian pada alat

ukur yang telah dibuat. Sebelum pengambilan data dilakukan kalibrasi ulang dengan menggunakan GPS eTrex. Kalibrasi yang dilakukan di Laboratorium Jaringan Komunikasi Fakultas Teknik.



Gambar 4.16 Pengujian ke-3 Grafik Hubungan Ketinggian dan Tekanan Udara

Pada pengujian ke-3 setelah alat dikalibrasi ulang, data diambil dari ketinggian 127 mdpl – 577 mdpl yang memiliki tekanan udara 1006 mb – 1009 mb. Acuan pengukuran menggunakan *GPS* eTrex. Sedangkan data pengujian dari alat yang dibuat yaitu di ketinggian 134,15 mdpl – 523,38 mdpl dengan tekanan udara 1006,50 hPa – 955,90 hPa. Perubahan nilai tekanan udara pada *GPS* tidak berbeda secara signifikan di setiap perubahan ketinggian, sedangkan pada alat yang dibuat didapatkan hasil semakin tinggi suatu tempat maka didapatkan tekanan udara yang semakin menurun. Rata – rata *error* sebesar 4,64 % untuk ketinggian dan 2,6 % untuk tekanan udara. Sehingga dapat disimpulkan bahwa alat yang dibuat memiliki tingkat ketelitian yang cukup baik. Perbedaan sensor yang digunakan pada *GPS* dan alat yang dibuat juga dapat menjadi penyebab *error* atau selisih nilai.

Setelah melakukan tiga kali pengujian di Gunung Bromo dan Rembangan maka dapat dilihat perbedaan grafik antara pengujian ke-1, pengujian ke-2, dan pengujian ke-3. Pada grafik hubungan tekanan udara dan ketinggian memiliki model grafik yang linier. Ketiga pengujian tersebut telah membuktikan bahwa semakin tinggi suatu tempat maka tekanan udaranya semakin rendah. Hubungan tekanan udara terhadap oksigen maupun grafik hubungan ketinggian terhadap oksigen memiliki grafik yang tidak linier. Gambar 4.14 yaitu grafik hubungan ketinggian dengan kadar oksigen pada pengujian ke-3. Grafik tersebut menampilkan perubahan kadar oksigen terhadap ketinggian. Pada pengujian ke-3 pengambilan data dengan perubahan ketinggian yang relatif tidak signifikan, sehingga perubahan kadar oksigen menjadi tidak terlihat. Pada lingkungan udara yang normal kadar oksigen sebesar 15 % - 21 %. Apabila terdapat gas yang mempengaruhi kadar oksigen seperti belerang maka kadar oksigen akan berkurang.



## BAB.5 KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Kesimpulan

Dari hasil perancangan dan pengujian proyek akhir dengan judul “*Prototype Instrumen Alat Ukur untuk Kondisi pada Pendaki Gunung*” dapat diambil beberapa kesimpulan, diantaranya:

1. Kalibrasi untuk mendapatkan nilai pengukuran yang presisi dengan menggunakan alat pembanding yang juga memiliki sensitivitas yang bagus. Sehingga alat ukur yang dibuat dapat menghasilkan nilai yang akurat.
2. Pada pengukuran kondisi sesuai dengan pengujian diperoleh kondisi “TIDAK LAYAK” dengan oksigen berada dibawah 15 %, dan dibandingkan dengan kondisi pendaki yang sebenarnya memiliki kondisi yang sesuai yaitu pendaki merasakan kekurangan oksigen, sehingga cepat capai.
3. Rangkaian penguat yang kurang stabil menyebabkan *error* % yang tinggi. Pada penguatan ke-1 *error* terbesar pada tegangan output sebesar 0,3 V yaitu 33% . Pada penguatan ke-2 *error* terbesar pada tegangan output sebesar 3,8 V yaitu 34,21%.
4. Pada pengambilan data ke-1 dengan pembanding altimeter analog merk YCM didapatkan data ketinggian 1715 – 1850 mdpl dengan *error* % ketinggian sebesar 16,33% -29,25%, dan data tekanan udara 764,30 – 781,30 hPa dengan *error* % tekanan udara sebesar 22,03% - 18,37%.

5. Pada pengujian dengan pembanding GPS Garmin e-Trex Vista HCx didapatkan data ketinggian 134,15 - 523,38 mdpl dengan *error* % ketinggian sebesar 4,64% dan data tekanan udara 1006,50 - 955,90 hPa dengan *error* % tekanan udara sebesar 2,6%.

## 5.2 Saran

Dari hasil perancangan dan pengujian proyek akhir dengan judul “*Prototype* Instrumen Alat Ukur untuk Kondisi pada Pendaki Gunung” dapat diambil beberapa saran, diantaranya:

1. Pengembangan dari instrumen ukur kondisi untuk pendaki gunung yaitu dapat digunakan dengan menambahkan sensor GPS, sehingga alat yang dibuat dapat lebih lengkap untuk digunakan pada pendaki gunung.
2. Pada saat kalibrasi diharapkan menggunakan alat pembanding yang memiliki tingkat keakurasian yang tinggi untuk dijadikan sebagai acuan, sehingga lebih didapatkan hasil yang diinginkan.
3. Penambahan data logger untuk alat ini juga dapat dilakukan, yang berfungsi sebagai penyimpan data.

## DAFTAR PUSTAKA

Cooper, William D. 1995. *Instrumentasi Elektronik Dan Teknik Pengukuran*. Jakarta : Erlangga.

Lestari, Fatma. 2007. *Bahaya Kimia : Sampling dan Pengukuran Kontaminan di Udara*. Jakarta : Buku Kedokteran EGC.

Murdoka E J, Bambang dkk. 2007. *Fisika Dasar*. Yogyakarta : CV Andi Offset.

Munir, Renaldi. 2007. *Algoritma dan Pemrograman*. Bandung : Informatika Bandung.

Wardhana, Lingga. 2006. *Belajar Sendiri Mikrokontroller AVR Seri ATmega 8535 Simulasi, Hardware, dan Aplikasi*. Yogyakarta : Andi.

M.Ary Heryanto, ST., Ir.Wisnu Adi P. 2008. *Pemrograman Bahasa C untuk Mikrokontroller ATMEGA8535*. Yogyakarta : Andi.

<http://akbarulhuda.wordpress.com/2010/01/16/menganal-sinyal-analog-dan-digital>

akses 25 april 2011

[http://www.garudasentramedika.co.id/ketinggian dan dampaknya pada tubuh/](http://www.garudasentramedika.co.id/ketinggian%20dan%20dampaknya%20pada%20tubuh/)

akses pkl 21.56 tanggal 1 Mei 2011

[http://repository.upi.edu/operator/upload/s\\_d515\\_0607052\\_chapter1.pdf](http://repository.upi.edu/operator/upload/s_d515_0607052_chapter1.pdf)

akses pkl.22.10 tanggal 1 Mei 2011

<http://www.alldatasheet.com/>

<http://www.datasheetarchive.com>

## Lampiran A

*Listing Program "Prototype Instrumen Ukur untuk Kondisi pada Pendaki Gunung".*

```
#include <mega8535.h>
#include <delay.h>
#include <stdio.h>

// I2C Bus functions
#asm
    .equ __i2c_port=0x12 ;PORTD
    .equ __sda_bit=2
    .equ __scl_bit=3
#endasm
#include <i2c.h>

// Alphanumeric LCD Module functions
#asm
    .equ __lcd_port=0x18 ;PORTB
#endasm
#include <lcd.h>

#define ADC_VREF_TYPE 0x60

// Read the 8 most significant bits
// of the AD conversion result
unsigned char read_adc(unsigned char adc_input)
{
    ADMUX=adc_input | (ADC_VREF_TYPE & 0xff);
    // Start the AD conversion
    ADCSRA|=0x40;
    // Wait for the AD conversion to complete
    while ((ADCSRA & 0x10)==0);
    ADCSRA|=0x10;
    return ADCH;
}

// Declare your global variables here

/* tabel untuk karakter buatan sendiri
   simbol derajat */
flash unsigned char char0[8]={
    0b0000110,
    0b0001001,
    0b0000110,
    0b0000000,
    0b0000000,
```

```
0b0000000,  
0b0000000,  
0b0000000};
```

```
flash unsigned char char1[8]={  
0b0000101,  
0b0000010,  
0b0000000,  
0b0000000,  
0b0000000,  
0b0000000,  
0b0000000,  
0b0000000};
```

```
/* function used to define user characters */  
void define_char(unsigned char flash *pc,unsigned char char_code)  
{  
    unsigned char i,a;  
    a=(char_code<<3) | 0x40;  
    for (i=0; i<8; i++) lcd_write_byte(a++,*pc++);  
}
```

```
void define_char0(unsigned char flash *pc,unsigned char char_code)  
{  
    unsigned char i,a;  
    a=(char_code<<3) | 0x40;  
    for (i=0; i<8; i++) lcd_write_byte(a++,*pc++);  
}
```

```
char buf[22];  
char buf2[22];  
unsigned int temp1,temp2;  
float h, temperatur,presure,adc_ok;  
float adc;  
void main(void)  
{  
    // Declare your local variables here  
  
    // Input/Output Ports initialization  
    // Port A initialization  
    // Func7=In Func6=In Func5=In Func4=In Func3=In Func2=In Func1=In Func0=In  
    // State7=T State6=T State5=T State4=T State3=T State2=T State1=T State0=T  
    PORTA=0x00;  
    DDRA=0x00;  
  
    // Port B initialization  
    // Func7=In Func6=In Func5=In Func4=In Func3=In Func2=In Func1=In Func0=In
```

```

// State7=T State6=T State5=T State4=T State3=T State2=T State1=T State0=T
PORTB=0x00;
DDRB=0x00;

// Port C initialization
// Func7=In Func6=In Func5=In Func4=In Func3=In Func2=In Func1=In Func0=In
// State7=T State6=T State5=T State4=T State3=T State2=T State1=T State0=T
PORTC=0xf0;
DDRC=0x0f;

// Port D initialization
// Func7=In Func6=In Func5=In Func4=In Func3=In Func2=In Func1=In Func0=In
// State7=T State6=T State5=T State4=T State3=T State2=T State1=T State0=T
PORTD=0x00;
DDRD=0x00;

// Timer/Counter 0 initialization
// Clock source: System Clock
// Clock value: Timer 0 Stopped
// Mode: Normal top=FFh
// OCO output: Disconnected
TCCR0=0x00;
TCNT0=0x00;
OCR0=0x00;

// Timer/Counter 1 initialization
// Clock source: System Clock
// Clock value: Timer 1 Stopped
// Mode: Normal top=FFFFh
// OC1A output: Discon.
// OC1B output: Discon.
// Noise Canceler: Off
// Input Capture on Falling Edge
// Timer 1 Overflow Interrupt: Off
// Input Capture Interrupt: Off
// Compare A Match Interrupt: Off
// Compare B Match Interrupt: Off
TCCR1A=0x00;
TCCR1B=0x00;
TCNT1H=0x00;
TCNT1L=0x00;
ICR1H=0x00;
ICR1L=0x00;
OCR1AH=0x00;
OCR1AL=0x00;
OCR1BH=0x00;
OCR1BL=0x00;

```

```

// Timer/Counter 2 initialization
// Clock source: System Clock
// Clock value: Timer 2 Stopped
// Mode: Normal top=FFh
// OC2 output: Disconnected
ASSR=0x00;
TCCR2=0x00;
TCNT2=0x00;
OCR2=0x00;

// External Interrupt(s) initialization
// INT0: Off
// INT1: Off
// INT2: Off
MCUCR=0x00;
MCUCSR=0x00;

// Timer(s)/Counter(s) Interrupt(s) initialization
TIMSK=0x00;

// Analog Comparator initialization
// Analog Comparator: Off
// Analog Comparator Input Capture by Timer/Counter 1: Off
ACSR=0x80;
SFIOR=0x00;

// ADC initialization
// ADC Clock frequency: 172,800 kHz
// ADC Voltage Reference: AREF pin
// ADC High Speed Mode: Off
// ADC Auto Trigger Source: None
// Only the 8 most significant bits of
// the AD conversion result are used
ADMUX=ADC_VREF_TYPE & 0xff;
ADCSRA=0x84;
SFIOR&=0xEF;

// I2C Bus initialization
i2c_init();

// LCD module initialization
lcd_init(16);

/* define user character 0 */
define_char(char0,0); // simpan simbol derajat ke CGRAM LCD
define_char(char1,1);
//lcd_gotoxy(0,0);
//lcd_putsf("Temp: .C");

```

```

//lcd_gotoxy(0,1);
//lcd_putsf("Pres:  .hpa");

        // tulis simbol derajat

//delay_ms(250);

while (1)
{
//adc=(int)read_adc(1);
i2c_start();    // Start Condition
i2c_write(0xE0);    // Tulis ke modul DT-SENSE
i2c_write(0x00);    // Perintah baca data tekanan
i2c_stop();    // Stop Condition

delay_ms(15);    // delay 15 ms

i2c_start();    // Start Condition
i2c_write(0xE1);    // Baca ke modul DT-SENSE
temp1 = i2c_read(1);
temp2 = i2c_read(0);
i2c_stop();    // Stop Condition

pressure =(float)((temp1*256) + temp2) /10;
pressure = pressure + 22 ;
h = (float)((pressure *100)- 101000 ) / -13;

delay_ms(15);    // delay 15 ms

i2c_start();    // Start Condition
i2c_write(0xE0);    // Tulis ke modul DT-SENSE
i2c_write(0x01);    // Perintah baca data temperatur
i2c_stop();    // Stop Condition

delay_ms(15);    // delay 15 ms

i2c_start();    // Start Condition
i2c_write(0xE1);    // Baca ke modul DT-SENSE
temp1 = i2c_read(1);
temp2 = i2c_read(0);
i2c_stop();    // Stop Condition

temperatur = (float) (((temp1*256) + temp2)-200)/10 ;

lcd_gotoxy(0,0);

```



```

    adc=(float)read_adc(7)/8,5; //pembacaan sensor oksigen
    delay_ms(0);
    sprintf(buf,"Suhu:%3.2f C",temperatur);

    lcd_puts(buf);
    lcd_gotoxy(11,0);
    lcd_putchar(0xdf);

    if (PINC.7==0) {
        lcd_clear();PORTC.3=1; lcd_gotoxy(0,1);
        sprintf(buf2,"P:%3.2f hPa",pressure);
        lcd_puts(buf2); delay_ms(50); PORTC.5=1; PORTC.6=1; PORTC.4=1; PORTC.1=0; PORTC.2=0;
PORTC.0=0;
    }
    else if(PINC.5==0) {lcd_clear(); PORTC.1=1; lcd_gotoxy(0,1);
        sprintf(buf2,"H:%3.2f mdpl",h);
        lcd_puts(buf2); delay_ms(50); PORTC.7=1; PORTC.6=1; PORTC.4=1; PORTC.3=0; PORTC.2=0;
PORTC.0=0;}

    else if(PINC.6==0) {lcd_clear(); lcd_gotoxy(0,1);
        sprintf(buf2,"O2:%3.2f",adc);
        lcd_puts(buf2);
        lcd_gotoxy(8,1);
        lcd_putchar(0x25);
        delay_ms(50); PORTC.2=1; PORTC.5=1; PORTC.7=1; PORTC.4=1; PORTC.1=0; PORTC.3=0;
PORTC.0=0;}

    else if(PINC.4==0) {

        if (pressure>510 && adc< 15) {lcd_clear(); PORTC.0=1; lcd_gotoxy(0,1); lcd_putsf("TIDAK
LAYAK");}
        else if (pressure>510 && (adc>15 && adc<=21)) {lcd_clear(); PORTC.0=1;
lcd_gotoxy(0,1); lcd_putsf("LAYAK");}
        else if (pressure>510 && adc>21) {lcd_clear(); PORTC.0=1; lcd_gotoxy(0,1);
lcd_putsf("TIDAK LAYAK");}
        else if ((pressure>=400 && pressure<510) && adc<15) {lcd_clear(); PORTC.0=1;
lcd_gotoxy(0,1); lcd_putsf("TIDAK LAYAK");}
        else if ((pressure>=400 && pressure<510) && (adc>15 && adc<=21)) {lcd_clear();
PORTC.0=1; lcd_gotoxy(0,1); lcd_putsf("LAYAK");}
        else if ((pressure>=400 && pressure<510) && adc>21) {lcd_clear(); PORTC.0=1;
lcd_gotoxy(0,1); lcd_putsf("TIDAK LAYAK");}
        else if ((pressure>=210 && pressure<400) && adc<15 ) {lcd_clear(); PORTC.0=1;
lcd_gotoxy(0,1); lcd_putsf("TIDAK LAYAK");}
        else if ((pressure>=210 && pressure<400) && (adc>15 && adc<=21)) {lcd_clear();
PORTC.0=1; lcd_gotoxy(0,1); lcd_putsf("TIDAK LAYAK");}
    }

```

```
    else if ((pressure>=210 && pressure<400) && adc>21) {lcd_clear(); PORTC.0=1;
lcd_gotoxy(0,1); lcd_putsf("TIDAK LAYAK");}
```

```
    PORTC.5=1; PORTC.7=1; PORTC.6=1; PORTC.1=0; PORTC.3=0; PORTC.2=0;}
```

```
    delay_ms(250);
```

```
};
}
```