

SKRIPSI

**PEMBANGUNAN APLIKASI WEB
UNTUK PENGUKURAN SUHU BERBASIS INTERNET**

**Edy Pramana
M.0201025**

**Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh Gelar Sarjana Sains
pada Jurusan Fisika**



**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS SEBELAS MARET
SURAKARTA
2007**

SKRIPSI
PEMBANGUNAN APLIKASI WEB
UNTUK PENGUKURAN SUHU BERBASIS INTERNET

Edy Pramana
M0201025

Dinyatakan lulus ujian skripsi oleh tim penguji
Pada hari Sabtu 21 Juli 2007

Tim Penguji

1. **Nuryani, M.Si**
NIP. 132 258 048
2. **Artono Dwijo Sutomo, M.Si**
NIP. 132 240 483
3. **Fuad Anwar, M.Si.**
NIP. 132 258 050
4. **Darsono, M.Si**
NIP. 132 162 218

Skripsi ini telah diterima sebagai salah satu persyaratan
memperoleh gelar sarjana sains

Dekan

Ketua Jurusan Fisika

Prof. Drs. Sutarno, M.Sc, PhD
NIP. 131 649 948

Drs. Harjana, M.Si., Ph.D.
NIP. 131 570 309

LEMBAR PERNYATAAN

”Dengan ini saya menyatakan bahwa isi intelektual skripsi ini adalah hasil kerja saya dan sepengetahuan saya sehingga skripsi ini tidak berisi materi yang telah dipublikasikan atau ditulis oleh orang lain atau materi yang telah diajukan untuk mendapatkan gelar di Universitas Sebelas Maret Surakarta maupun di lingkungan perguruan tinggi lainnya kecuali telah dituliskan dalam daftar pustaka skripsi ini. Semua bantuan dari berbagai pihak baik fisik maupun psikis telah ditulis di bagian kata pengantar.”

Surakarta, Juli 2007

Penulis

Edy Pramana

MUTIARA KATA

" Kegagalan dapat dibagi menjadi dua sebab. Yakni, orang yang berpikir tapi tidak pernah bertindak, dan orang yang bertindak tapi tidak pernah berpikir ".

(W.A. Nance)

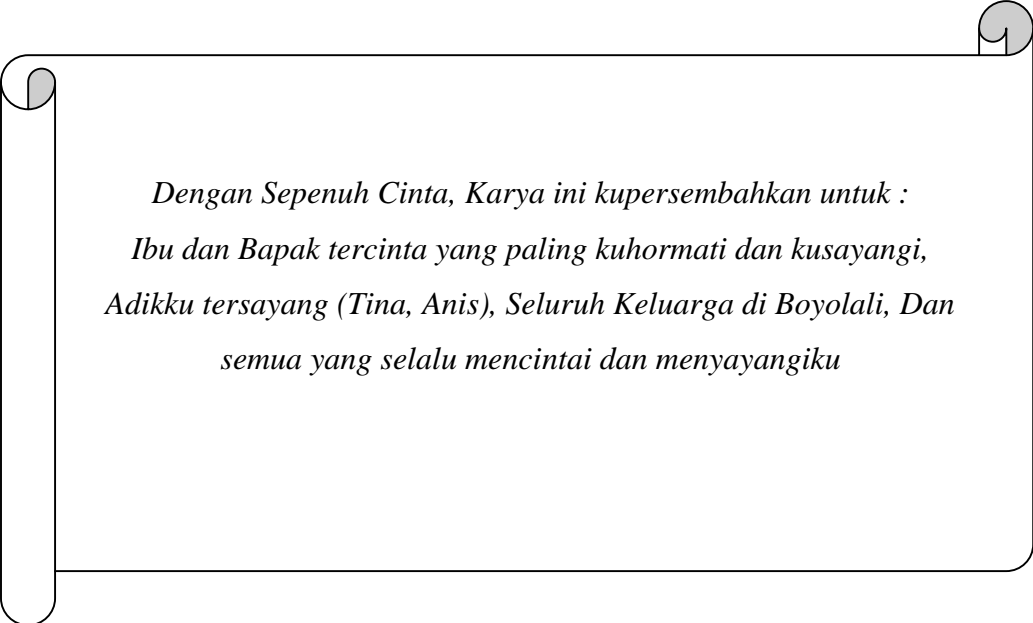
" Ancaman nyata sebenarnya bukan pada saat komputer mulai bisa berpikir seperti manusia, tetapi ketika manusia mulai berpikir seperti komputer ".

(Sydney Harris)

" Keberhasilan tidak diukur dengan apa yang telah anda raih, namun kegagalan yang telah anda hadapi, dan keberanian yang membuat anda tetap berjuang melawan rintangan yang datang bertubi-tubi ".

(Orison Swett Marden)

PERSEMBAHAN



*Dengan Sepenuh Cinta, Karya ini kupersembahkan untuk :
Ibu dan Bapak tercinta yang paling kuhormati dan kusayangi,
Adikku tersayang (Tina, Anis), Seluruh Keluarga di Boyolali, Dan
semua yang selalu mencintai dan menyayangiku*

KATA PENGANTAR

Bismillahirrohmanirrohim. Syukur Alhamdulillah penulis panjatkan kehadiran Allah SWT, yang telah memberikan rahmat serta kemudahan sehingga dapat menyelesaikan naskah skripsi ini yang berjudul **"PEMBANGUNAN APLIKASI WEB UNTUK PENGUKURAN SUHU BERBASIS INTERNET"** ini disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan Sarjana Strata Satu pada Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sebelas Maret Surakarta.

Terselesaikannya skripsi ini tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak. Untuk itu penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Prof. Drs. Sutarno, M.Sc, PhD selaku Dekan Fakultas MIPA Universitas Sebelas Maret Surakarta.
2. Bapak Harjana, M.Si, Ph.D selaku Ketua Jurusan Fisika Fakultas MIPA Universitas Sebelas Maret Surakarta.
3. Bapak Fahru Nurosyid, M.Si selaku Pembimbing akademik yang telah membimbing dengan sabar dan selalu memberi nasehat selama masa studi
4. Bapak Nuryani, M.Si selaku pembimbing I yang telah meluangkan waktu, pikiran dan tenaga untuk membimbing dan mengarahkan dengan penuh kesabaran selama penyusunan skripsi ini.
5. Bapak Artono Dwijo Sutomo, M.Si selaku pembimbing II yang telah banyak memberikan masukan dalam perbaikan skripsi ini.
6. Ibu dan Bapak yang paling aku sayangi, atas bimbingan, do'a dan semangat yang tiada putus-putusnya selalu engkau berikan demi kesuksesan anakmu, Semoga kelak kita berkumpul dalam jannah-Nya.
7. Adikku tersayang (Tina, Anis), Eyang kakung, Eyang putri, Lek Mulyani dan seluruh keluarga di Boyolali terimakasih atas segala do'a dan motivasinya hingga aku tetap tegak berdiri dan terus untuk maju.
8. My Partners dan teman-teman Allnetwork, Dedek Lia (Fak.Hukum 2005), Mas Heri (DAN'S Studio Klaten), Anang (SatNET Jogja), Dhana (PT. Buana Media Teknologi Jakarta), Mas Indra (RouteLink Solo), Chen-Chen, Wawan

Dezperado, Reny, Eny kecilz, Maharani, Mbak Meta (Kebumen), Eko Ayambakar, d0nd0nk, moza, lenni, pedro, ayuk. Terima kasih bantuan, dukungan dan semangatnya.

9. Teman-temanku angkatan 2001 terimakasih atas segala kebersamaannya. Semoga ukhuwah ini akan tetap terjalin sampai anak cucu, *don't forget me!!!!*.
10. Teman-teman kos *Argo Lawu* (Arwin, Nonox, Agus Tingkleng, Betal, Sulu, Fajar, She-Che, Indra, Kacang, Netral, Pranoto, Memed, Bayu, Pandu, Irawan, JeePee), Terima kasih dukungan dan semangatnya.
11. Seluruh Dosen dan staff jurusan FISIKA, terimakasih atas keikhlasannya untuk selalu membantu mahasiswa yang mengalami kesulitan dalam studi ini.
12. Pak Eko, Pak Ari, Pak Johan, Pak Mul, dan karyawan Laboratorium Pusat yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu, terimakasih atas bantuannya.
13. Teman-teman di Lab Instrumentasi dan Elektronika dan Lab Komputer FISIKA, Mas David, Mas Rifai, S.Si, Fendi, Rudi, Agus, Dwi, atas bantuannya.
14. Teman-teman ERA Computer, Safi'ie, S.Si, Cecep, S.Si, Nanang, S.Si, Utang, S.Si, Keken, S.Si, Fredy, S.Si, Agung, Niplix, atas bantuannya.
15. Adik-adik Fisika '02, '03, '04, '05 dan '06, tetep berjuang untuk selalu mempersembahkan yang terbaik buat agama, orang tua, masyarakat dan jurusan FISIKA kita tercinta.
16. Semua pihak yang telah membantu dalam penelitian dan penyusunan skripsi ini.

Penyusun menyadari sepenuhnya bahwa skripsi ini masih sangat jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu Penyusun mengharapkan kritik dan saran yang membangun guna kesempurnaan skripsi. Penyusun berharap semoga skripsi ini dapat memberi manfaat bagi berbagai pihak dan dapat memberikan sumbangan kebaikan pada perkembangan ilmu pengetahuan.

Surakarta, Juli 2007

Penulis

DAFTAR ISI

Halaman Judul	i
Halaman Pengesahan	ii
Halaman Pernyataan	iii
Mutiara Kata dan Persembahan	iv
Kata Pengantar	vi
Daftar Isi	viii
Daftar Tabel	xi
Daftar Gambar	xii
Daftar Lampiran	xiii
Intisari	xiv
Abstract	xv
 BAB I PENDAHULUAN	
I.1 Latar Belakang	1
I.2 Perumusan Masalah	2
I.3 Batasan Masalah	3
I.4 Tujuan Penelitian	3
I.5 Manfaat Penelitian	3
I.6 Sistematika Penulisan	3
 BAB II DASAR TEORI	
II.1 Temperatur	7
II.1.1 Skala Temperatur	7
II.1.2 Perpindahan Kalor	8
II.2 Transduser	
II.2.1 Klasifikasi Transduser	9
II.2.2 Penerapan Transduser Aktif	9
II.2.3 Karakteristik Sensor LM35	10
II.3 Penguat Operasional	11
II.3.1 Dasar <i>Op-Amp</i>	12
II.3.2 Penguatan <i>Non Inverting</i>	13
II.4 <i>Analog to Digital Converter</i> (ADC)	14
II.5 Layanan Internet	15
II.5.1 <i>World Wide Web</i> (WWW)	15
II.5.2 Telnet	18
II.5.3 Email	19
II.5.4 USENET	19
II.5.5 IRC	20
II.6 TCP/IP (<i>Transfer Control Protocol/Internet Protocol</i>)	20
II.6.1 TCP (<i>Transfer Control Protocol</i>)	20
II.6.2 IP (<i>Internet Protocol</i>)	21

II.7 Pemrograman Delphi	22
II.7.1 Program Pengukuran	22
II.8 <i>Interface Port Parallel</i> Komputer	24
II.8.1 <i>Port Parallel</i>	24
II.8.2 <i>Enhanced Parallel Port</i> (EPP)	25
II.8.3 Fungsi-fungsi Pin <i>Port Parallel</i>	25
II.8.4 Register Alamat	26
II.9 <i>Database MySQL</i>	27
II.10 Pemrograman <i>PHP</i>	27
 BAB III METODOLOGI PENELITIAN	
III.1 Alat dan Bahan	28
III.2 Tahapan Penelitian	29
III.3 Rancangan Alat	32
III.3.1 Perancangan Perangkat Keras (<i>hardware</i>)	32
III.3.1.1 Sensor Temperatur	33
III.3.1.2 Penguat Sensor	34
III.3.1.3 Analog To Digital Converter (ADC0804)	34
III.3.2 Perancangan Perangkat Lunak (<i>Software</i>)	37
III.3.2.1 Perangkat Lunak Komunikasi <i>Client/Server</i>	37
III.3.2.2 Perangkat Lunak <i>Database Server</i>	38
III.3.2.3 Perangkat Lunak <i>Web server</i>	39
III.3.3 Perancangan Antarmuka <i>Web</i>	39
III.3.4 Implementasi Sistem	39
 BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	
IV.1 Tempat dan Waktu Penelitian	40
IV.2 Hasil Pengujian	40
IV.2.1 Analisis Sistem	40
IV.2.2 Pengujian Rancangan Alat dan Program	40
IV.2.2.1 Pengujian Karakteristik Sensor LM35	40
IV.2.2.2 Pengujian Rangkaian Penguat dengan <i>OP-Amp</i>	43
LM324	44
IV.2.2.3 Pengujian ADC0804	44
IV.2.3 Identifikasi Masalah	45
IV.2.4 Spesifikasi Aplikasi	48
IV.2.5 Spesifikasi Pengguna	48
IV.2.6 Lingkungan Operasi	48
IV.3 Pembahasan	49
IV.3.1 Sub Sistem Pengukuran Suhu	49
IV.3.2 Sub Sistem Komunikasi Data	52
IV.3.3 Sub Sistem Pusat Data	54
IV.4 Modul Aplikasi <i>Web</i>	55
IV.4.1 Modul Aplikasi	55
IV.4.1.1 Modul Visualisasi Data	55
IV.4.1.2 Modul <i>Query</i>	56

IV.4.2 Modul <i>Database</i>	57
IV.4.2.1 Pendefinisian Entitas	57
IV.4.2.2 Hubungan Antar Entitas	58
IV.4.2.3 Pembentukan Tabel	58
IV.5 Modul Antarmuka <i>Web</i>	58
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	
V.1 Kesimpulan	63
V.2 Saran	64
Daftar Pustaka	65
Lampiran	67

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Arah-arrah pin pada <i>port parallel</i>	25
Tabel 2.2	Alamat-alamat pada EPP	26
Tabel 4.1	Format pengiriman data	53
Tabel 4.2	Format tabel data pengukuran	58
Tabel 4.3	Implementasi antarmuka aplikasi <i>web</i>	59

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Hubungan skala suhu antara Kelvin, Celsius, Rankine dan Fahrenheit	8
Gambar 2.2	Internal LM35	11
Gambar 2.3	Simbol umum <i>Op-Amp</i>	12
Gambar 2.4	Contoh <i>feedback</i> pada penguat <i>noninverting</i>	13
Gambar 2.5	Op-Amp dengan penguatan <i>noninverting</i>	13
Gambar 2.6	Pencuplikan ADC 4 bit	15
Gambar 2.7	Prinsip kerja <i>World Wide Web</i> (WWW)	18
Gambar 2.8	Tampilan salah satu program Telnet	19
Gambar 2.9	Diagram alir program pengukuran	23
Gambar 2.10	<i>Port parallel D-type 25 Female</i>	25
Gambar 3.1	Tahapan-tahapan penelitian	29
Gambar 3.2	Setting Pengujian Alat	30
Gambar 3.3	Diagram alir pembacaan data	31
Gambar 3.4	Blok diagram rancangan alat pengukuran suhu berbasis Internet	32
Gambar 3.5.	Konfigurasi sensor LM35	33
Gambar 3.6	Rangkaian <i>Op-Amp</i> dengan <i>input noninverting</i>	34
Gambar 3.7	Rangkaian tambahan pada ADC0804	35
Gambar 3.8	Tampilan perangkat lunak komunikasi data	38
Gambar 3.9	Tampilan listing koneksi ke <i>database server</i>	39
Gambar 4.1	Susunan pengujian karakteristik sensor LM35	41
Gambar 4.2	Grafik karakteristik keluaran LM35	42
Gambar 4.3	Rangkaian <i>Op-Amp</i> dengan <i>input noninverting</i>	43
Gambar 4.4	Grafik hubungan antara tegangan <i>input</i> dan <i>output</i>	44
Gambar 4.5	Tampilan program pengujian ADC0804	44
Gambar 4.6	Grafik hubungan <i>input</i> analog dengan data digital ADC0804	45
Gambar 4.7	Desain sub sistem pengukuran suhu	49
Gambar 4.8	Hasil pengujian masukan data	50
Gambar 4.9	Hasil pengujian Alat Akuisisi data	51
Gambar 4.10	Desain sub sistem komunikasi data	52
Gambar 4.11	Desain sub sistem pusat data	54
Gambar 4.12	Alur proses modul visualisasi data	56
Gambar 4.13	Alur kerja modul <i>query</i> posisi	56
Gambar 4.14	Diagram ER	58
Gambar 4.15	Desain halaman pembuka	59
Gambar 4.16	Desain halaman utama	60
Gambar 4.17	Desain halaman track log	61
Gambar 4.18	Desain halaman <i>query</i>	61
Gambar 4.19	Desain halaman hasil <i>query</i>	62

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Data karakteristik sensor LM35	67
Lampiran 2. Data penguat <i>non inverting</i>	69
Lampiran 3. Data pengujian ADC0804	71
Lampiran 4. Data pengujian masukan data	72
Lampiran 5. Data pengujian akuisisi data	74
Lampiran 6. Skema lengkap rangkaian pengukur suhu melalui <i>port parallel</i> komputer	76
Lampiran 7. Gambar alat pengukur suhu melalui <i>port parallel</i> komputer	77
Lampiran 8. Listing program	78
Lampiran 9. Data pengukuran suhu	81
Lampiran 10. Listing program aplikasi <i>web</i> dengan pemrograman <i>PHP</i>	96

INTISARI

Dalam penelitian ini telah dilakukan pembangunan aplikasi *web* untuk pemantauan suhu secara *real time* berbasis Internet. Digunakan dua komputer yaitu: komputer *Unix FreeBSD* sebagai *Server* dan komputer *Client Windows* sebagai *Bridge* atau penghubung antara sensor dengan Komputer *Server*. Agar informasi data dapat diolah dengan komputer maka besaran analog berupa tegangan dari sensor, diubah ke dalam bentuk digital dengan menggunakan *analog to digital converter (ADC)* melalui *port parallel*. Data yang masuk ke komputer *Client* kemudian diolah dengan menggunakan menggunakan software *Delphi*. Selanjutnya data tersebut dimasukkan ke *database MySQL* yang berada di komputer *Server* melalui media Internet.

Aplikasi untuk menampilkan informasi suhu yang berada dalam *database* dibuat dalam bentuk *web* dengan menggunakan bahasa pemrograman *PHP*. Dengan tampilan berupa *web* diharapkan akan mempermudah pemantauan pengukuran suhu sehingga tidak hanya dapat diakses pada satu tempat saja melainkan kapan saja dan dimana saja melalui Internet tanpa ada batasan waktu dan tempat.

Kata kunci: Suhu, ADC, Delphi, MySQL, *web*, PHP.

ABSTRACT

This research already have build the web application for temperature observation through real time internet based. There are two computer used, that is Unix FreeBSD as the server and computer windows as the bridge or connector between sensor and computer server. In order to the data information can be processed with the computer so analog scale in the shape of tension from sensor are changed to the digital form using Analog to Digital Converter(ADC) through parallel port. The data that are get in the computer windows are processed with Delphi as the software. Then those data are imported to the database in the computer server through the internet as the medium.

The application to appear the temperature in the database are made in the form of web by using PHP programmer language with the application of web are hoped to facilitate temperature measurement observation so that there not only can be accessed in the certain place, but also can be any time and any where through the Internet without any limitation of time and place.

Key Words: Temperature, ADC, Delphi, MySQL, web, PHP.

BAB I

PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Perkembangan elektronika terutama bidang mikroelektronika memberikan dampak yang sangat luas bagi perkembangan instrumentasi fisika. Dampak tersebut dapat terlihat, antara lain dengan semakin meningkatnya kemampuan alat, misalnya dalam hal: daya resolusi, sistem pengolahan data, sistem pengontrolan, dan lain-lain.

Perkembangan tersebut memberikan dampak yang sangat luas pada perkembangan teknologi sistem sensor. Penggunaan mikroprosesor pada sistem sensor membuka banyak peluang baru bagi pemanfaatan sensor.

Port Parallel biasa digunakan untuk jalur printer. *Port Parallel* ini mempunyai kelebihan-kelebihan antara lain: Hampir semua jenis komputer memiliki *Port Parallel*, baik yang jenis *desktop* maupun *build-up*, mode operasi yang bervariasi, kecepatan transfer data (dengan lebar data 8 bit) mencapai 2 MB/s serta praktis penggunaannya. (Rifai, 2003)

PHP adalah bahasa pemrograman *script* yang paling banyak dipakai saat ini. PHP banyak dipakai untuk memprogram situs *web* dinamis, walaupun tidak tertutup kemungkinan untuk digunakan untuk pemakaian lain. (<http://id.wikipedia.org/wiki/PHP>)

Dalam jangka waktu yang relatif singkat, Internet dan *World Wide Web* (biasa disebut dengan *web*) telah berkembang dengan sangat pesat sehingga dapat melampaui kecepatan perkembangan teknologi lainnya di dunia. Internet dan *web*

juga berkembang pesat dalam hal jangkauan dan luas bidang kegunaan yang secara nyata mempengaruhi beberapa aspek kehidupan.

Di lain pihak perkembangan teknologi internet saat ini menyebabkan proses penyebaran dan pertukaran informasi dapat dilakukan dengan cepat secara global tanpa ada batasan waktu. Teknologi *World Wide Web* (WWW) atau *web* sebagai salah satu jenis layanan yang disediakan oleh internet merupakan jenis layanan yang berkembang paling pesat dan paling banyak digunakan saat ini. Perkembangan perangkat lunak pendukung *web* seperti bahasa pemrograman *server side*, *applet java*, *active x*, dan lain-lain telah menambah kemampuan *web* dari yang semula hanya bisa menampilkan halaman-halaman statik dimana pengguna hanya bisa melihat informasi tanpa adanya interaksi antara pengguna dan *web*, saat ini *web* lebih bersifat dinamis yang memungkinkan adanya interaksi antara pengguna dan *web*. (Lorensius, 2004)

Integrasi teknologi *web* ke dalam aplikasi pemantauan suhu memungkinkan informasi data hasil pengukuran dapat divisualisasikan ke dalam *web* sehingga informasi tersebut dapat diakses secara global tanpa ada batasan waktu dan tempat.

I.2 Perumusan Masalah

Permasalahan dalam penelitian ini adalah bagaimana agar pengukuran suhu yang terbaca oleh sensor dapat ditampilkan di *web* secara *online* di internet sehingga informasi tersebut dapat diakses dengan mudah oleh pengguna yang memiliki koneksi ke Internet.

I.3 Batasan Masalah

Permasalahan dalam penelitian ini dibatasi pada:

1. Desain dan implementasi aplikasi *web* untuk visualisasi pemantauan pengukuran suhu.
2. Aplikasi *web* dikembangkan di atas lingkungan sistem operasi *Unix FreeBSD* dengan dukungan perangkat-perangkat lunak *freeware* dan *open source*.
3. Desain dan implementasi *interface* untuk mengolah data dari rangkaian ADC (*Analog to Digital Converter*) ke komputer *client*. Kemudian mengirim data ke komputer *server*.
4. Desain dan implementasi *interface* sebagai penghubung untuk lalu lintas data dari komputer *client* ke komputer *server*.

I.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah membangun aplikasi *web* yang dapat menampilkan informasi besarnya suhu secara *online* untuk keperluan pemantauan suhu di suatu tempat berbasis Internet.

I.5 Manfaat Penelitian

Diantara manfaat-manfaat penelitian ini adalah :

1. Dapat mewujudkan aplikasi *web* yang mampu memantau pengukuran suhu secara *online* berbasis Internet.
2. Mengoptimalkan pemanfaatan komputer dalam teknik-teknik pengukuran seperti pada laboratorium penelitian.

3. Menambah keilmuan tentang teknik pengukuran suhu, teknik penyimpanan data ke dalam *database* dan aplikasi *web*.
4. Menampilkan hasil pengukuran suhu dalam tampilan *web* secara *online* di internet sehingga informasi tersebut dapat diakses secara global tanpa ada batasan waktu dan tempat.
5. Menyalurkan dan mengembangkan minat dan bakat mahasiswa Fisika khususnya dalam bidang Instrumentasi dan Pemrograman di jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sebelas Maret, Surakarta.

I.6 Sistematika Penulisan

Sistematika yang digunakan dalam penulisan skripsi ini adalah sebagai berikut :

BAB I menjelaskan mengenai latar belakang, perumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian dan sistematika penulisan skripsi.

BAB II berisi tentang dasar teori yang melandasi yang digunakan sebagai acuan dalam penelitian ini antara lain mengenai teori tentang suhu, sensor LM35 dan karakteristiknya, penguat operasional, pengubah analog ke digital (ADC), *port parallel*, program Borland Delphi 7.0, *database MySQL* dan pemrograman PHP.

BAB III berisi tentang metodologi penelitian yang meliputi alat dan bahan yang digunakan, perancangan perangkat keras dan perangkat lunak, serta cara pengujian perangkat keras dan perangkat lunak yang telah dibuat.

BAB IV berisi tentang tempat dan waktu penelitian, hasil pengujian perangkat keras dan perangkat lunak serta analisa dan pembahasannya.

BAB V berisi kesimpulan dan saran.

BAB II

DASAR TEORI

Pada bab ini akan dijelaskan tentang suhu, sensor LM35, penguat operasional atau *OpAmp*, ADC (*Analog to Digital Converter*), antarmuka *port parallel*, program Borland Delphi 7.0, *database MySQL* dan pemrograman PHP. Temperatur adalah sebuah konsep penting yang menghubungkan perasaan panas dan dingin. Sensor LM35 merupakan salah satu jenis transduser aktif yaitu piranti yang mengubah suatu bentuk energi seperti mengubah perubahan temperatur menjadi sinyal-sinyal listrik yang memerlukan catu daya dari luar. Penguat operasional adalah piranti untuk menguatkan sinyal. ADC adalah piranti untuk mengubah sinyal analog menjadi data digital. Antarmuka *port parallel* adalah piranti yang menghubungkan komputer pribadi dengan piranti luar. Program Borland Delphi 7.0 digunakan untuk membuat dan mengkompilasi perangkat lunak. *Database MySQL* adalah piranti lunak yang digunakan untuk menyimpan data. *PHP* merupakan *script* untuk pemrograman pada *web*.

Dalam teknik pengukuran dan pengendalian tidaklah lepas dari rangkaian elektronik, baik untuk besaran suhu, bunyi, gerak, cahaya, ataupun magnet. Agar dalam proses pengendalian lebih mudah dan praktis, biasanya juga dilengkapi *software* pendukung seiring dengan kemajuan teknologi. (Rifai, 2003)

Berikut penjelasan dari besaran yang diukur serta komponen-komponen yang berhubungan dengan penelitian ini.

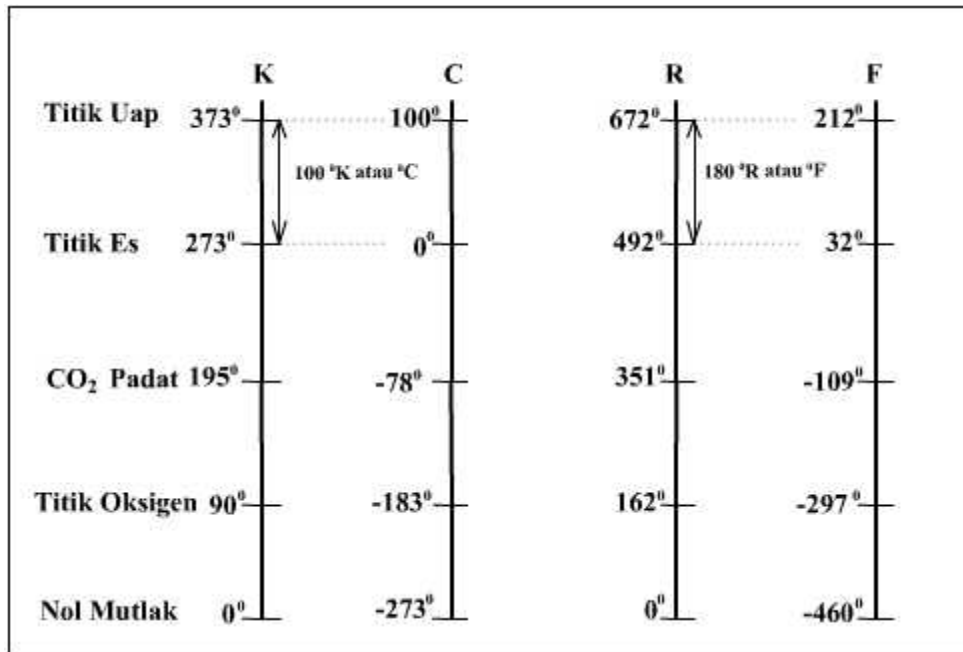
II.1 Temperatur

Sebuah konsep penting yang menghubungkan perasaan panas dan dingin adalah temperatur atau suhu. Bila dirasa sebuah benda “panas”, dikatakan bahwa benda itu memiliki suhu tinggi sedangkan bila dirasa “dingin”, dikatakan suhunya rendah. Untuk mengetahui ukuran dari panas dan dinginnya ini maka diperlukan alat pengukur temperatur yang disebut termometer. Termometer paling tidak memiliki parameter pokok yang harus dipenuhi yaitu kepekaan, ketelitian dan kecepatan respon. Beberapa contoh termometer yang sering dikenal adalah termokopel, termometer tahanan, pirometer optik dan sebagainya. (Sears, 1994)

II.1.1 Skala Temperatur

Beberapa standar suhu yang umum digunakan antara lain adalah Kelvin, Celsius, Rankine dan Fahrenheit. Tetapan skala Kelvin diperoleh dari titik tripel (kesetimbangan fase dari fase padat, cair dan gas) air yaitu 273,16 K. Sedangkan skala suhu Celsius, besar derajatnya sama seperti derajat Kelvin, akan tetapi, titik nol-nya dialihkan sedemikian rupa sehingga suhu Celsius titik tripel air adalah $0.01^{\circ}C$. Dengan demikian, jika T_C menunjukkan suhu Celsius maka $T_C = T_K - 273,15 K$.

Suhu Rankine (T_R), berbandingan dengan suhu Kelvin menurut hubungan, $T_R = 9/5 T_K = 9/5 T_C + 491,67$. Sedangkan suhu Fahrenheit (T_F) dengan suhu Celsius memiliki hubungan, $T_F = 9/5 T_C + 32^{\circ}F$. Karena itu, titik es pada suhu Fahrenheit $T_C = 0^{\circ}C$ sama dengan $32^{\circ}F$ dan titik uap $T_C = 100^{\circ}C$ sama dengan $212^{\circ}F$. (Sears, 1994)



Gambar 2.1. Hubungan skala suhu antara Kelvin, Celsius, Rankine dan Fahrenheit

II.1.2 Perpindahan Kalor

Jika terjadi interaksi antara dua materi atau sistem dengan suhu yang berbeda maka terjadi transfer kalor. Hal ini terjadi karena kalor cenderung mengalir dari temperatur tinggi ke temperatur yang lebih rendah sampai keduanya mengalami kesetimbangan termal. Secara spesifik, transfer kalor dibedakan menjadi 3 macam yaitu konveksi, konduksi dan radiasi. Konveksi terjadi dari proses transfer kalor oleh pergerakan massa molekul dari suatu tempat ke tempat yang lain, sedangkan konduksi adalah proses transfer kalor secara hantaran melalui materi itu sendiri. Berbeda dengan radiasi yang tidak memerlukan keberadaan materi atau perantara, transfer kalor ini dengan pancaran energi berbentuk gelombang elektromagnetik. (Giancoli, 1997)

Pancaran energi berbentuk gelombang elektromagnetik ini bergerak secepat kecepatan cahaya yang dapat melewati udara, sebagian gelombang akan

diserapnya. Tinggi rendahnya suhu, tergantung dari banyaknya radiasi yang dipancarkan, semakin besar radiasi yang dipancarkan maka suhunya semakin meningkat. (Sears, 1994)

II.2 Tranduser

Tranduser didefinisikan sebagai piranti yang mengubah suatu bentuk energi seperti mengubah variasi mekanis, magnetis, temperatur, tekanan, intensitas cahaya, derajat PH menjadi sinyal-sinyal listrik.

II.2.1 Klasifikasi Tranduser

Berdasarkan prinsip kelistrikan, tranduser dikelompokkan menjadi dua yaitu tranduser aktif dan tranduser pasif. Tranduser pasif adalah tranduser yang tidak memerlukan catu daya luar untuk mengubah suatu bentuk energi menjadi sinyal-sinyal listrik, seperti pada *thermoelectric*, sel *photovoltaic*, *piezoelectric* dan lain-lain. Sedangkan tranduser aktif memerlukan suplai tegangan DC atau osilator audio seperti *thermistor*, *capasitive*, *photoconductor* dan sebagainya. (Sugiharto, 1999)

II.2.2 Penerapan Tranduser Aktif

Salah satu jenis dari tranduser aktif adalah tranduser semikonduktor berupa IC yang dapat diterapkan pada berbagai otomatisasi peralatan elektronik seperti LM35 untuk temperatur, BPX91 untuk kuat cahaya dan sebagainya. Apabila suatu tranduser digunakan sebagai pengindra atau dikenal dengan istilah sensor, maka harus dapat memenuhi beberapa parameter yang ditentukan. Terdapat 4 pendekatan dalam menentukan parameter sensor tersebut yaitu: (Link, 1995)

1. Fungsi Transfer

Fungsi transfer adalah sebuah fungsi yang dihasilkan dari hubungan antara masukan (*input*) terhadap keluaran (*output*). Ada dua jenis fungsi transfer yaitu fungsi transfer Statik dan fungsi transfer Dinamik. Fungsi transfer Statik adalah fungsi transfer yang masukannya tidak bergantung terhadap waktu sedangkan fungsi transfer Dinamik, masukan berubah terhadap waktu.

2. Kisaran Operasi

Pada setiap sensor harus mempunyai kisaran operasi yang dapat terukur seperti pada sensor suhu.

3. Linearitas

Suatu sensor yang baik harus mempunyai hubungan yang linear antara besaran yang terukur dengan keluaran. Apabila terdapat hubungan linear antara besaran-besaran tersebut maka akan mengurangi data-data yang *invalid* di dalam proses kalibrasi.

4. Sensitivitas

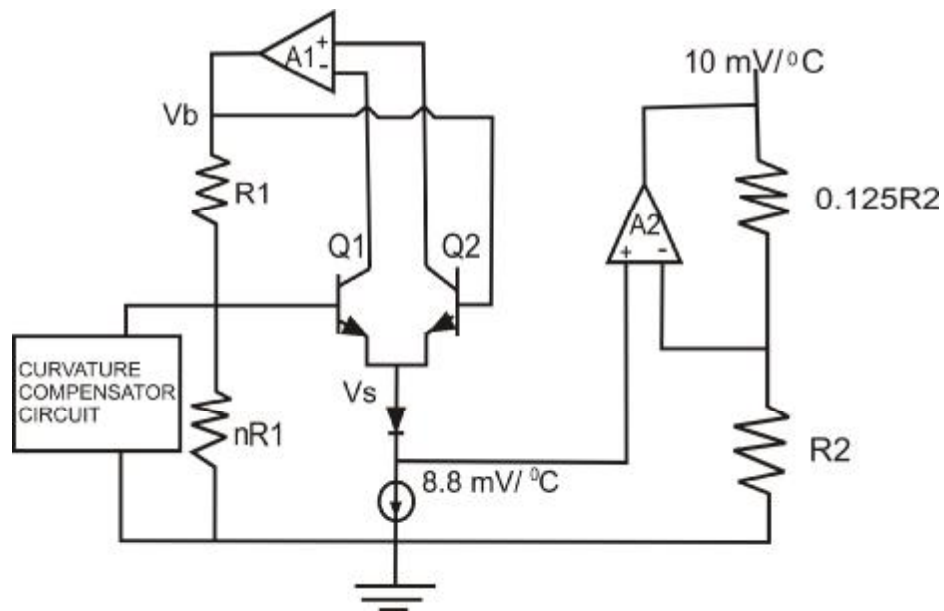
Sensitivitas atau kepekaan terhadap variabel terukur sangatlah menentukan kualitas sebuah sensor, baik sensor suhu ataupun yang lainnya. Sensor yang kurang sensitif akan mengakibatkan nilai *error* yang besar.

II.2.3 Karakteristik Sensor LM35

Sensor LM35 merupakan semikonduktor yang tegangan keluarannya berbanding lurus dengan perubahan suhu dalam skala Celsius. Jangkauan

pembacaan suhu dari LM35 adalah dari suhu -55°C sampai dengan 150°C . Sensor LM35 dapat beroperasi bila diberi tegangan 4 V sampai dengan 20 V dengan linearitas $+10\text{mV}/^{\circ}\text{C}$.

Di dalam LM35, arus yang sebanding dengan suhu mutlak dihasilkan oleh sumber arus i . Transistor $Q1$ dan $Q2$ akan menimbulkan tegangan ΔV_{BE} yang melalui resistor $R1$. Tegangan ini dikalikan melalui resistor $nR1$, sedemikian sehingga pada kaki masukan *non inverting* penguat operasional A2 tegangan dari V_s drop dibawah nilai tegangan yang melalui resistor $nR1$. Tegangan ini kemudian dikuatkan oleh penguat operasional A2 untuk memberikan keluaran yang sebanding dengan 10 mV per derajat Celsius. (Nanang, 2005)



Gambar 2.2. Internal LM35

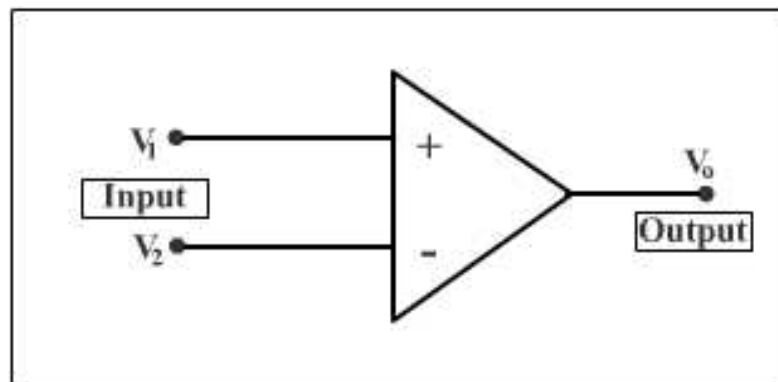
II.3 Penguat Operasional

Berhubung sinyal listrik dari sensor relatif kecil, maka diperlukan rangkaian penguat operasional. Penguat operasional biasanya disebut dengan

istilah *Op-Amp* (*Operational Amplifier*). Awalnya dibuat dari tabung hampa kemudian berkembang dengan transistor, dan sekarang telah terpaket membentuk sebuah *Integrated Circuit* (IC).

II.3.1 Dasar *Op-Amp*

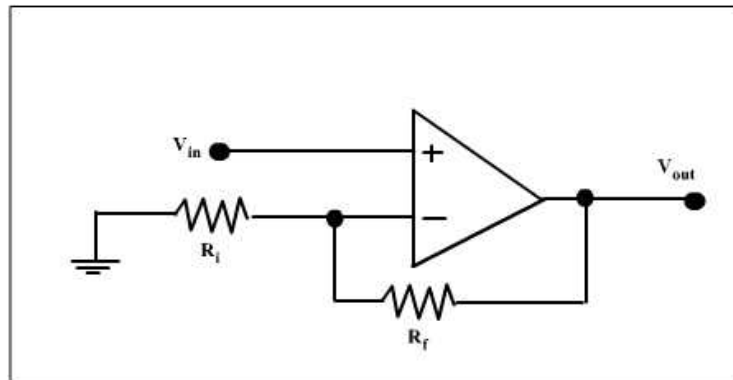
Istilah *Op-Amp* mulai dipakai dalam komputer analog sebagai operasi hitungan. Simbol standar sebuah *Op-Amp* ditunjukkan gambar 2.3. OP-Amp terdiri dari dua terminal *input* yaitu *input noninverting* (+) dan *input inverting* (-) dan satu terminal *output*. (Depari, 1992)



Gambar 2.3. Simbol umum *Op-Amp*

Dalam rangkaian-rangkaian penguat, sifat-sifat rangkaian tersebut ditentukan oleh umpan-balik (*feedback*) di luar penguat. *Feedback* adalah peristiwa dimana sebagian besaran keluaran (*output*) dimasukkan kembali ke masukan (*input*) seperti pada gambar 2.4.

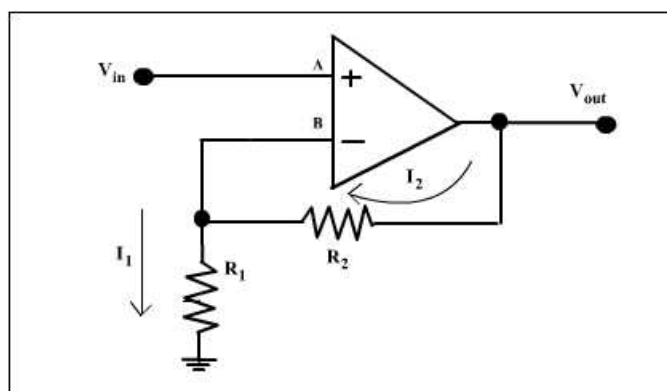
Pada gambar 2.4, keluaran V_{out} dimasukkan kembali ke masukan melalui beban R_f . Beban yang dilewati pada *feedback* ini biasanya disebut dengan tahanan *feedback*, sedangkan R_i adalah tahanan input. (Depari, 1992)



Gambar 2.4. Contoh *feedback* pada penguat *non inverting*

II.3.2. Penguatan *Non Inverting*

Ada dua jenis penguatan di dalam *Op-Amp* yaitu penguatan *inverting* dan penguatan *non inverting*. Jika tegangan *input* (V_{in}) diberikan pada terminal negatif (*inverting*) maka penguatan ini disebut penguatan *inverting*. Namun apabila sinyal *input* diberikan pada terminal positif (*non inverting*) maka disebut dengan penguatan *non inverting*. Dalam penelitian ini menggunakan penguatan *non inverting* karena fasa sinyal *input* sama dengan fasa sinyal *output*. Pada gambar 2.5. menunjukkan rangkaian penguatan *non inverting*. (Rizkiawan, 1997)



Gambar 2.5. *Op-Amp* dengan penguatan *non inverting*

Karena *impedansi* masukan *Op-Amp* sangat besar , arus yang mengalir melalui R_2 tidak akan masuk ke *Op-Amp* akan tetapi ke R_1 , sehingga dapat

ditentukan bahwa $I_1 = I_2$. Dengan menggunakan hukum tegangan Kirchoff, persamaan dapat dituliskan:

$$-V_{in} + (V_A - V_B) + V_{R1} = 0 \quad (2-1)$$

Agar *Op-Amp* tidak jenuh, tegangan $(V_A - V_B)$ harus mendekati nol, sehingga persamaan (2-1) disederhanakan menjadi,

$$\begin{aligned} -V_{in} + 0 + V_{R1} &= 0 \\ V_{in} = V_{R1} &= I_1 \cdot R_1 \end{aligned} \quad (2-2)$$

sedangkan tegangan keluaran (V_{out}) *Op-Amp* adalah:

$$\begin{aligned} V_0 &= V_{R2} + V_{R1} \\ &= I_2 \cdot R_2 + I_1 \cdot R_1 \\ V_0 &= I_1 (R_1 + R_2) \end{aligned} \quad (2-3)$$

Jadi, perbandingan tegangan keluaran dengan tegangan masukan adalah:

$$A_v = \frac{V_{out}}{V_{in}} = \frac{I_1 (R_1 + R_2)}{I_1 \cdot R_1} = 1 + \frac{R_2}{R_1} \quad (2-4)$$

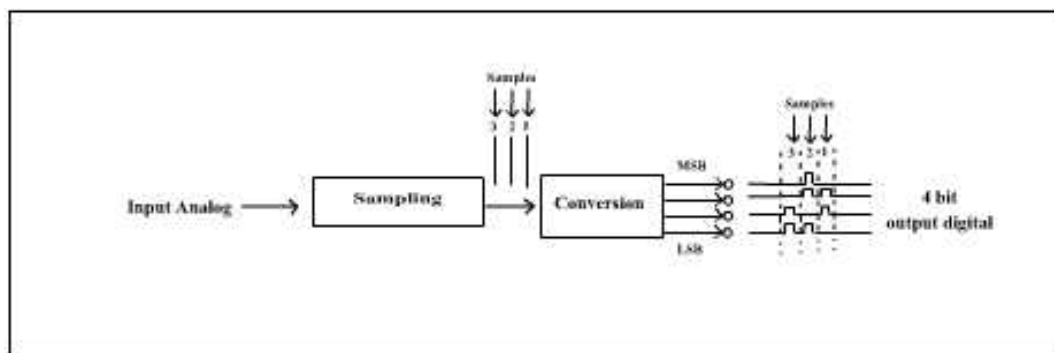
A_v merupakan konstanta penguatan *Op-Amp*. Dari persamaan (2-4), nilai penguatan ini tergantung pada harga R_1 dan R_2 . (Rizkiawan, 1997)

II.4 Analog to Digital Converter (ADC)

Piranti-piranti dan sistem-sistem logika hanya mengenal besaran analog, sehingga sebelum diumpankan ke sistem digital, besaran ini harus diubah ke dalam bentuk digital oleh pengubah analog ke digital atau dikenal dengan *Analog to Digital Converter* (ADC). Sebaliknya keluaran dari sistem digital dapat diubah

kembali menjadi menjadi bentuk analog oleh pengubah digital ke analog atau *Digital to Analog Converter* (DAC). (Ibrahim, 1991)

Pengubah analog ke digital mengambil masukan analog, mencupliknya kemudian mengubah amplitudo dari setiap cuplikan menjadi sandi-sandi digital seperti pada gambar 2.6. Keluarannya berupa bit-bit digital *parallel* yang status logikanya menunjukkan amplitudo setiap cuplikan. Berbagai sandi dapat digunakan seperti sandi/kode biner. (Ibrahim, 1991)



Gambar 2.6. Pencuplikan ADC 4 bit

II.5 Layanan Internet

II.5.1 World Wide Web (WWW)

World Wide Web (WWW) atau *web* adalah salah satu jenis layanan yang disediakan oleh internet disamping jenis layanan lainnya seperti FTP (*File Transfer Protocol*), Email, Telnet, *News Group* dan lain-lain. Internet sendiri merupakan sekumpulan jaringan komputer yang saling berhubungan satu dengan yang lainnya dan diatur oleh sebuah protokol komunikasi yang dinamakan TCP/IP (*Transmission Control Protocol / Internet Protocol*). Protokol ini mengatur komunikasi data antara komputer-komputer yang terhubung di jaringan Internet

sehingga data yang dikirimkan dari satu komputer dapat disampaikan dengan tepat ke komputer lainnya.

Web menyediakan informasi dalam bentuk *hypertext*. *Hypertext* merupakan sistem pengkodean yang menghubungkan suatu sumber informasi kepada sumber informasi lainnya. Informasi yang ditampilkan pada halaman *web* dapat berupa kumpulan teks, gambar, *audio*, *video* dan lain sebagainya. Agar dapat menampilkan informasi yang terdapat dalam *web*, pengguna memerlukan *web browser* yang terpasang pada komputernya. *Web browser* merupakan perangkat lunak (*software*) yang berfungsi untuk menginterpretasikan kode-kode *hypertext* yang terkandung dalam *web* menjadi informasi yang dapat dibaca atau dimengerti oleh pengguna. Beberapa contoh *web browser* yang sering digunakan adalah *internet explorer*, *netscape navigator*, *opera*, *mozilla*, *lynx* dan lain-lain.

Web bekerja berdasarkan terminologi *client-server*. Dalam terminologi *client-server*, *server* adalah *host* (komputer) yang menyediakan layanan atau data yang dapat diakses oleh *client* sedangkan *client* adalah *host* yang mengakses data atau layanan yang disediakan oleh *server*. Dalam konteks *web*, yang berfungsi sebagai *server* adalah *web server* sedangkan *client* adalah *web browser*.

Web server dan *web browser* berkomunikasi melalui protokol HTTP (*Hypertext Transfer Protocol*) yang bekerja berdasarkan prinsip *request and response*. *Request* merupakan proses *client* meminta informasi dari *server* sedangkan *response* adalah proses *server* menanggapi atau melayani permintaan *client*.

Pada saat pengguna mengakses halaman tertentu dari sebuah situs *web*, protokol HTTP mengirimkan pesan (*message*) ke *web server* yang dinamakan *HTTP request*. *Web server* kemudian mengecek halaman *web* yang diminta, jika tersedia maka halaman tersebut dikirimkan ke *client*, namun jika *web server* tidak menemukan halaman yang diminta maka akan mengirimkan halaman yang berisi pesan error (dalam kasus ini *Error 404: Page Not Found*) ke *client*. Pesan yang dikirim dari *server* sebagai tanggapan dari permintaan client dinamakan *HTTP response*. Baik *HTTP request* maupun *HTTP response* terdiri dari tiga bagian yaitu *request/response line*, *HTTP header* dan *HTTP body* seperti yang digambarkan pada gambar 2.7.

Setiap dokumen atau halaman *web* memiliki alamat yang unik. Untuk mengidentifikasi lokasi dari dokumen atau halaman *web* tersebut digunakan URL (*Uniform Resource Locator*), yaitu sekumpulan karakter alfanumerik yang merepresentasikan lokasi atau alamat suatu sumber informasi pada Internet secara unik dan bagaimana sumber tersebut seharusnya diakses. Sintaks umum dari URL adalah:

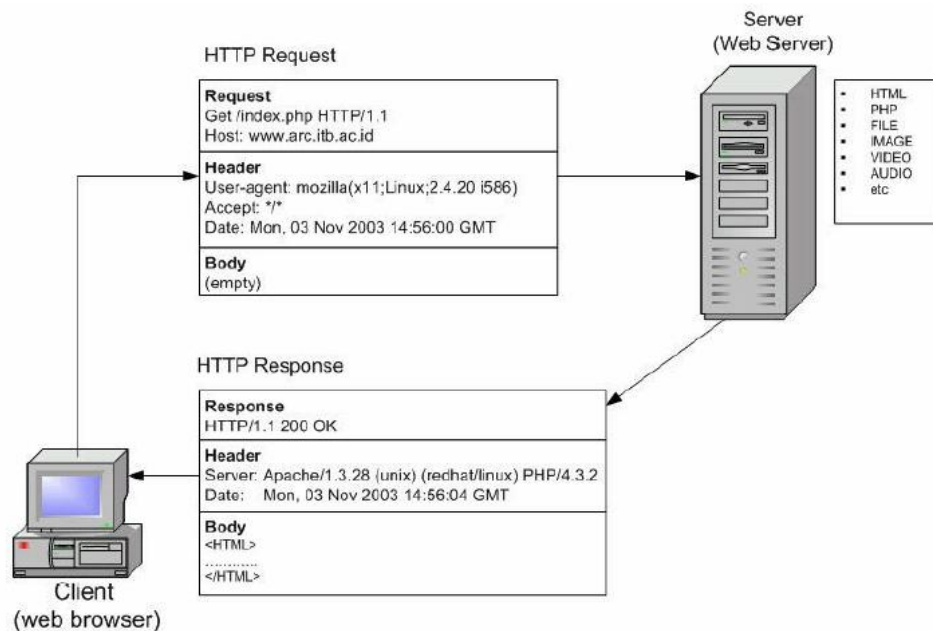
<protokol>://<host>[:<port>]/path[?arguments]

Keterangan:

- *Protokol* = mekanisme yang digunakan oleh *web browser* untuk berkomunikasi dengan sumber informasi, misalnya: *http*.
- *Host* = nama *host* atau alamat IP dari *web server*.
- *Port* = tempat logikal untuk melakukan koneksi, dinotasikan dalam bentuk bilangan bulat positif. *HTTP* menggunakan *port* 80 sebagai *port* standar (*well known port*).

- *Path* = lokasi dari sumber informasi/dokumen yang terdapat pada *host*.
- *Argument* = parameter tambahan untuk mengakses informasi tertentu.

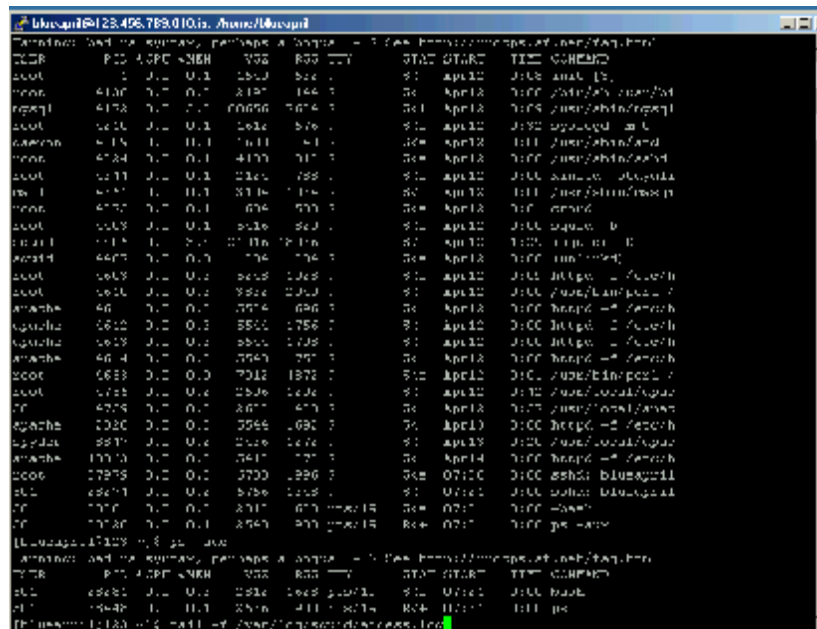
(Lorensius, 2004)



Gambar 2.7. Prinsip kerja *World Wide Web* (WWW)

II.5.2 Telnet

Layanan Telnet adalah layanan yang memungkinkan seorang pengguna Internet untuk melakukan *remote login* ke suatu komputer. Layanan Telnet tidak dimiliki oleh setiap sistem operasi, contohnya *windows NT* tidak memiliki layanan Telnet. Layanan Telnet umumnya dimiliki oleh sistem operasi keluarga UNIX dan Linux. Untuk mengakses layanan Telnet pada Windows 9X, cukup dengan menjalankan: **Start > Run > telnet**, lalu masukkan nama *host* ataupun *IP Address* *host* yang Akan dituju. Namun demikian, ada juga program Telnet yang dapat diinstal pada windows 9X, contohnya *QVT/Term*, *Putty*, *PenguiNet*, dan sebagainya.



Gambar 2.8. Tampilan salah satu program Telnet

II.5.3 Email

Layanan email adalah salah satu layanan yang sangat populer saat ini. Protokol yang digunakan untuk mengirim email adalah SMTP (*Simple Mail Transport Protocol*), Sedangkan untuk men-download email digunakan protocol POP (*Post Office Protokol*) atau IMAP (*Internet Message Access Protocol*). Namun demikian, layanan email yang paling populer saat ini adalah yang berbentuk *Web Based Email*, yaitu layanan yang dapat diakses menggunakan *Web Browser*. Contohnya penyedia jasa layanan *Web Based Email* ini antara lain *Hotmail*, *Yahoo!*, *Mailcity*, dan sebagainya.

II.5.4 USENET

Layanan USENET mirip dengan email, yaitu mengirim surat ke *newsgroup* yang mendiskusikan topik-topik tertentu. Protokol yang dapat digunakan dalam layanan ini adalah NNTP (*Network News Transport Protocol*).

II.5.5 IRC

Layanan IRC (*Internet Relay Chat*) adalah salah satu layanan yang bersifat interaktif pada Internet. IRC memberikan layanan *chat* kepada penggunanya. *Chat* adalah mengirim dan menerima dalam bentuk teks. Untuk menggunakan layanan ini digunakan program *IRC Client* seperti *mIRC*.

II.6 TCP/IP (*Transfer Control Protocol/Internet Protocol*)

II.6.1 TCP (*Transfer Control Protocol*)

TCP/IP terdiri dari lapisan-lapisan protokol. Untuk memudahkan dalam memahaminya maka akan diambil contoh pengiriman email. Dalam pengiriman email yang diperlukan adalah protokol untuk email. Protokol ini mendefinisikan perintah-perintah yang diperlukan dalam pengiriman email, dan protokol ini juga mengasumsikan bahwa ada hubungan antara terminal yang mengirim dengan terminal yang dituju. Dalam hal ini perintah-perintah tersebut diatur oleh TCP dan IP. TCP mengatur masalah perintah-perintah pengiriman data, mengawasi jalannya data dan memastikan data tersebut sampai ke tujuannya, apabila ada bagian dari data yang tidak mencapai tujuan maka TCP akan mengirimkan ulang. Proses tersebut terus berlangsung sampai data yang dikirimkan sampai ke tujuannya. Apabila ada data yang sangat besar untuk dimuat dalam satu datagram maka TCP akan memecahnya menjadi beberapa datagram dan kemudian mengirimkan ke tujuan dan memastikan sampai dengan benar. TCP dapat dianggap sebagai suatu pembentuk kumpulan-kumpulan *routine* (perintah) yang dibutuhkan oleh aplikasi untuk dapat berhubungan dengan terminal lain dalam jaringan.

II.6.2 IP (*Internet Protocol*)

IP adalah protokol yang memuat semua kebutuhan aplikasi dalam berhubungan antar terminal. Seperti telah disampaikan sebelumnya bahwa TCP bertanggung jawab di masalah pengiriman dan dalam memecah data menjadi bagian-bagian kecil, maka IP merupakan pembuka jalan hingga sampainya data ke terminal tujuan. Pelapisan-pelapisan protokol tersebut berguna untuk menjaga agar data dapat sampai dengan sempurna.

Local Area Network merupakan salah satu arsitektur jaringan yang paling sederhana dan dapat dikembangkan menjadi arsitektur jaringan yang lebih luas cakupannya. Luas cakupan LAN itu sendiri tidak melebihi dari satu *area* yang terdiri dari beberapa terminal yang saling dihubungkan sehingga menambahkan fungsi dari terminal itu sendiri. Layanan-layanan yang dapat diberikan LAN adalah penggunaan file bersama (*file sharing*) atau penggunaan printer bersama, (*printer sharing*).

Biasanya LAN menggunakan satu *server* untuk melayani kebutuhan *client*nya, tetapi tidak menutup kemungkinan untuk menggunakan lebih dari satu *server*, tergantung kebutuhan dari *client* itu sendiri. Biasanya yang menjadi pertimbangan adalah jenis layanan yang dibutuhkan dan performansi jaringan itu sendiri. Apabila jenis layanan yang dibutuhkan banyak (*mail, web, ftp server*), maka sebaiknya *server* yang digunakan lebih dari satu dan hal tersebut akan mempengaruhi kinerja jaringan yang menggunakan layanan-layanan terserbut. Penamaan terminal dalam suatu jaringan menggunakan apa yang disebut *IP Address* (*Internet Protocol Address*). Sedang penamaan-penamaan *server*

berdasarkan nama *domainnya* disebut *DNS (Domain Name Server)*. Kedua cara penamaan ini merupakan cara penamaan yang biasa digunakan dalam jaringan. (Sembiring, 2001)

II.7 Pemrograman Delphi

Ide muncul Delphi sebenarnya berasal dari bahasa pemrograman yang cukup terkenal yaitu Pascal. Bahasa Pascal sendiri telah diciptakan pada tahun 1971 oleh ilmuwan dari Swiss bernama Niklaus Wirth. Nama Pascal diambil dari nama ilmuwan matematik dan filsafat dari Perancis yaitu Blaise Pascal (1623 - 1662). Pada tahun 1983, *Borland International Incorporation* membuat bahasa Pascal yang hanya dijalankan di dalam sistem operasi DOS, kemudian pada tahun 1993 bahasa Pascal dikembangkan hingga dalam bentuk *visual* yang dikenal dengan istilah Delphi. (Pranata, 2000)

Beberapa bagian pokok yang dimiliki Delphi yaitu *Integrated Development Environment (IDE)*, Pemrograman *Visual Component Library (VCL)*, *Objek Linking and Embedding (OLE)*. Dan *Dinamic Link Library (DLL)*. (Martina, 2001)

II.7.1 Program Pengukuran

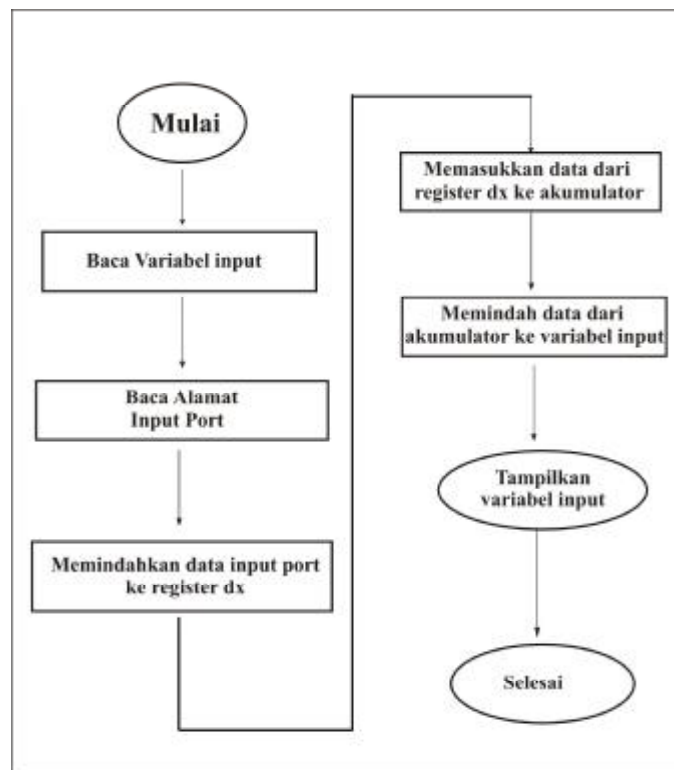
Di dalam program pengukuran berarti sebuah komputer akan membaca atau menerima data dari luar melalui *interface*-nya. Hal ini diperlukan sebuah fungsi yang akan membaca suatu nilai. Register-register yang terkandung di dalam fungsi ini antara lain adalah *dx*, *al* dengan instruksi transfer data seperti *mov*, *in*, *out* dan sebagainya. Berikut listing program untuk pengukuran:

```

Function TForm1.Input(alamat:word):byte;
Var input: byte;
Begin
    asm
        mov dx,alamat
        in al,dx
        mov input, al
    end;
    result:=input;
end;
(Mikrodata, 2001)

```

Dari bentuk program di atas terdapat deklarasi alamat yang bertipe *word* ini menunjukkan bahwa deklarasi alamat tersebut berupa heksadesimal. Alamat dapat diberikan sesuai dengan keinginan *user* tergantung *interface* yang ingin dipakai.



Gambar 2.9 Diagram alir program pengukuran

Fungsi program pengukuran di atas dapat diterapkan pada komponen *Timer* agar perubahan nilai tiap detik dapat teramati.

```
procedure TForm1.Timer1Timer(Sender: TObject);  
var nilai:byte;  
begin  
    nilai:=Input(379);  
    Edit1.Text:=IntToStr(nilai);  
End;
```

Variabel nilai bertipe *byte* karena tipe ini memiliki jangkauan 0 sampai 255. Komponen *Edit* berfungsi untuk menunjukkan nilai yang terbaca tiap detik dengan tipe *string*. (Martina, 2001)

II.8 Interface Port Parallel Komputer

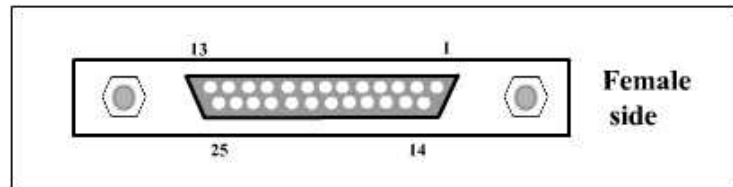
Interface adalah media yang dapat menghubungkan *hardware* luar dengan komputer sehingga komputer tersebut dapat menganalisanya. Manfaat dari proses inisialisasi ini salah satunya adalah komputer akan memberikan informasi alamat yang belum digunakan. Jika terdapat beberapa instruksi menggunakan alamat yang sama maka komputer secara otomatis akan mengabaikannya.

II.8.1 Port Parallel

Menurut standard IEEE (*Institute of Electronic Engineers*) 1284, *port parallel* mempunyai dua tipe konektor dan beberapa mode operasi. Untuk tipe konektor adalah konektor *D-Type 25* dan konektor *Centronic*. Konektor *D-Type 25* biasanya terdapat di belakang komputer sedangkan konektor *Centronic* terdapat pada sebuah *printer* (mesin pencetak).

Mode operasi untuk *port parallel* adalah mode *Compability*, *Nible*, *Byte*, *Enhanced Parallel Port* (EPP) dan *Extended Capability Port* (ECP). Penelitian

dengan tema sistem pengendalian temperatur ini menggunakan mode operasi *Enhanced Parallel Port* atau (EPP). (Anonim, 2002)



Gambar 2.10. *Port parallel D-type 25 Female*

II.8.2 *Enhanced Parallel Port (EPP)*

Diantara kelebihan mode ini adalah mempunyai kecepatan transfer data dari 500KB/s sampai 2MB/s daripada *Standard Parallel Port* (SPP) yang hanya berkisar 50 KB/s sampai 150 KB/s. EPP merupakan pengembangan dari *Standard Parallel Port* oleh Intel, Xircom dan Zenith. Dengan perbandingan ini bahwa EPP mempunyai kemampuan yang lebih baik di dalam teknik pengukuran maupun pengendalian. (Anonim, 2002)

II.8.3 *Fungsi-fungsi Pin Port Parallel*

Karena mode operasi yang digunakan adalah EPP maka fungsi masing-masing pin juga ada sedikit perbedaan mode operasi yang lain. Untuk nomor pin biasanya sudah tertera di dekat *hole* dari *port parallel* dan untuk sinyal EPP, jika *In* berarti sebagai *input*, *Out* sebagai *output* sedangkan *In/Out* dapat sebagai *input* maupun *output*. Fungsi dari masing-masing pin dijelaskan di dalam tabel 2.1.berikut: (Anonim, 2002)

Tabel 2.1. Arah-arrah pin pada *port parallel*

No Pin	Sinyal EPP	In/Out	Fungsi
1	Write	Out	Jika indikasi Write dan indikasi Read
2 - 9	Data 0 - 7	In/Out	Bus Data, Bi-Directional

10	Interrupt	In	Jalur Interrupt
11	Wait	In	Digunakan untuk jabat tangan EPP
12	Spare	In	Tidak Digunakan dalam jabat tangan EPP
13	Spare	In	Tidak Digunakan dalam jabat tangan EPP
14	Data Strobe	Out	Saat Indikasi transfer Data
15	Spare	In	Tidak Digunakan dalam jabat tangan EPP
16	Reset	Out	Aktif rendah
17	Address Strobe	Out	Saat Indikasi transfer Alamat
18 - 25	Ground	Out	Ground

II.8.4 Register Alamat

Enhanced parallel Port umumnya mempunyai beberapa alamat dasar yang akan dijelaskan pada tabel 2.2.

Tabel 2.2. Alamat-alamat pada EPP

Alamat	Nama Port	Read/Write
Base + 0	Data Port (SPP)	Write
Base + 1	Status Port (SPP)	Read
Base + 2	Kontrol Port (SPP)	Write
Base + 3	Alamat Port (EPP)	Read/Write
Base + 4	Data Port (EPP)	Read/Write
Base + 5	Tidak didefinisikan	-
Base + 6	Tidak didefinisikan	-
Base + 7	Tidak didefinisikan	-

Pada Base +0, +1 dan +2, alamat ini sama dengan register alamat pada SPP. Ini menunjukkan bahwa mode EPP masih dapat digunakan untuk piranti luar standar seperti *printer*.

II.9 Database MySQL

Structure Query Language (SQL) adalah suatu bahasa yang terstruktur yang digunakan sebagai metode untuk berkomunikasi dengan *database server* dalam memasukkan dan mengambil data.

MySQL sebagai *database* memiliki kelebihan-kelebihan dibanding software *database* lainnya. Kelebihan-kelebihan yang dimiliki *MySQL* antara lain:

- a. *MySQL* adalah *software* yang bersifat gratis untuk semua orang. Jadi tidak perlu lisensi untuk menggunakannya.
- b. *MySQL* mendukung banyak bahasa pemrograman seperti C, C++, Java, Perl, dan Python. Bahasa-bahasa pemrograman tersebut dapat digunakan sebagai *interface* dengan program *MySQL*.
- c. *MySQL* menerapkan metode yang sangat cepat dalam hal relasi antartabel pada *databasenya*. Dengan menggunakan metode *one-sweep multijoin*, *MySQL* sangat efisien mengelola informasi yang diminta yang berasal dari banyak tabel sekaligus. (Sembiring, 2001)

II.10 Pemrograman PHP

PHP adalah bahasa pemrograman *server side* yang bekerja pada sisi *server* yang berfungsi untuk menangani *request* dari pengguna dan berkomunikasi dengan *database MySQL*. Perangkat lunak ini digunakan karena bersifat gratis dan *open source*. Informasi suhu yang disimpan dalam *database* diolah dan ditampilkan dalam bentuk tabel pada halaman *web* dengan menggunakan pemrograman *PHP*.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

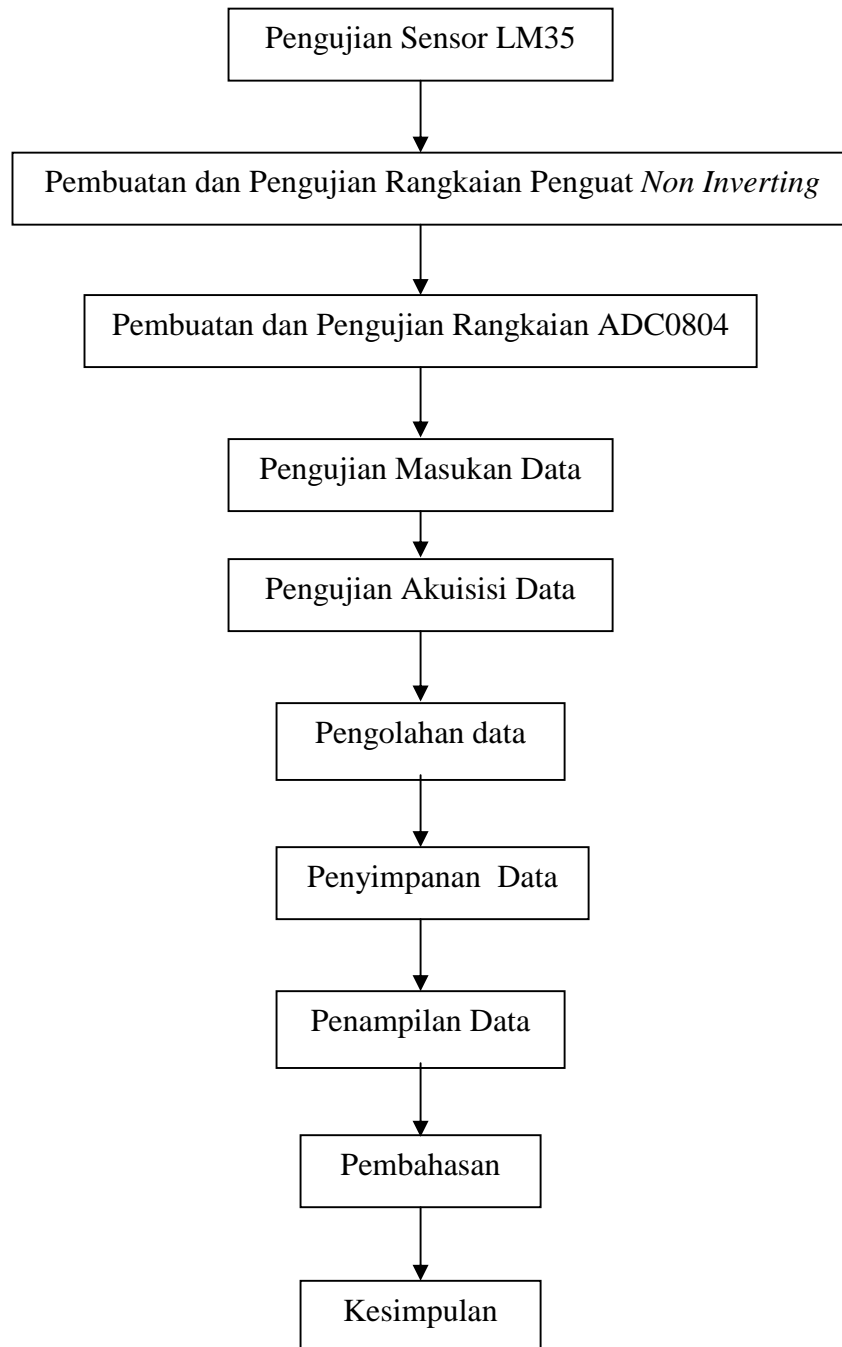
III.1 Alat dan Bahan

Peralatan dan komponen elektronika yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

1. Komputer pribadi. Dengan spesifikasi: Processor Pentium III 500 Mhz, Ram 120 Mb, dan sistem operasi *Windows ME*.
2. Komputer *server* Dengan spesifikasi: sistem operasi *Unix FreeBSD*.
3. *Network Interface Card* (NIC) jenis Realtek 8029 (AS) *Based Ethernet PCI*.
4. Sensor jenis IC LM35.
5. IC ADC0804.
6. IC *OpAmp* LM324.
7. Termometer digital.
8. Multimeter digital.
9. Lampu bohlam 100 W.
10. Sumber tegangan DC dengan keluaran 5 V.
11. Sumber tegangan Variabel.

III.2 Tahapan Penelitian

Prosedur kerja dari tahapan penelitian yang dilakukan ditunjukkan oleh diagram alir sebagai berikut.

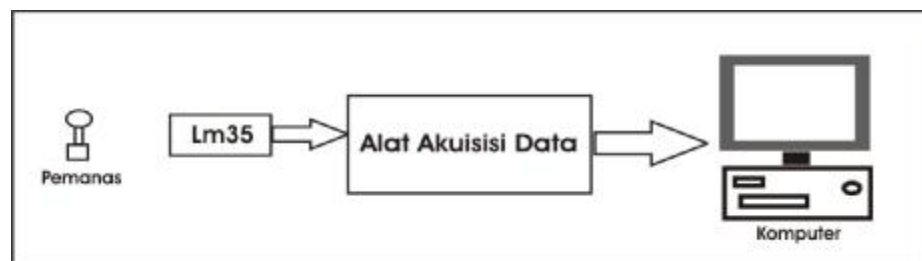


Gambar 3.1. Tahapan-tahapan penelitian

Tahapan-tahapan yang dilakukan dalam penelitian yaitu pembuatan dan pengujian perangkat keras, pembuatan dan pengujian perangkat lunak, pengambilan data dan pembahasan. Pengujian perangkat dilakukan untuk mengetahui karakteristik dari setiap rangkaian dan perangkat keras yang digunakan. Hasil dari karakterisasi tersebut kemudian akan dimasukkan ke dalam perangkat lunak untuk menentukan nilai yang ditampilkan.

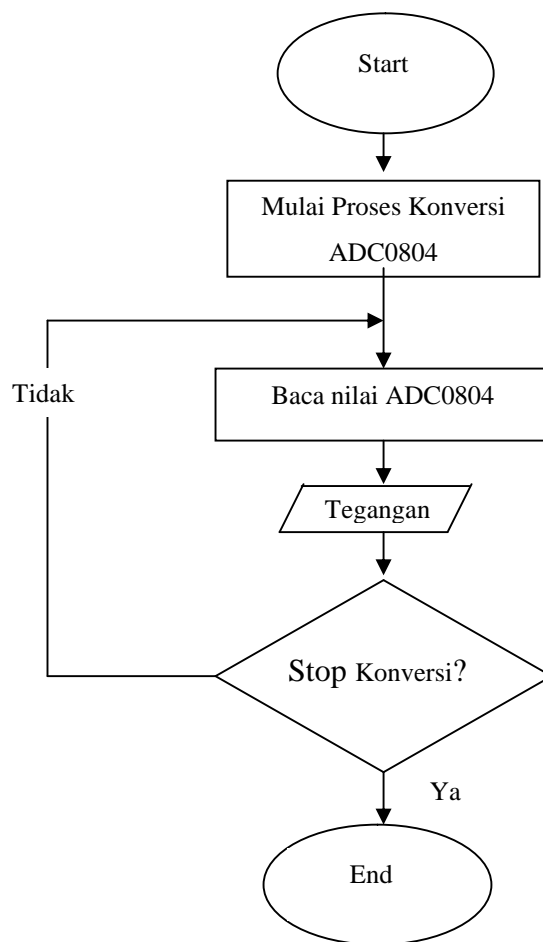
Pengujian perangkat keras meliputi karakterisasi sensor LM35, pengujian penguat operasional, pengujian masukan ADC0804 dan *port parallel*. Untuk pengujian perangkat lunak terdiri dari perangkat lunak pembacaan ADC melalui *port parallel* dan perangkat lunak komunikasi data *client/server*. Setelah pengujian selesai dilakukan dan data ditampilkan pada komputer selanjutnya dilakukan pembahasan dan dilanjutkan dengan menarik kesimpulan.

Setting pengujian ditunjukkan oleh gambar 3.2. Keluaran dari sumber tegangan dan sensor LM35 dihubungkan dengan alat akuisisi data untuk mendapatkan nilai tegangan dan suhu. Data dari alat akuisisi data dimasukkan ke komputer *client* melalui *port parallel* untuk ditampilkan. Selain untuk menampilkan data, komputer *client* juga berfungsi sebagai *bridge* atau penghubung dan komunikasi data dari sensor ke komputer *server*.



Gambar 3.2. Setting Pengujian Alat

Dalam alat akuisisi data, sinyal masukan yang berupa tegangan keluaran dari sensor diperkuat dengan menggunakan penguat operasional sebelum dikonversi oleh ADC0804. Data digital hasil konversi ADC0804 kemudian ditransmisikan ke komputer melalui *port parallel*. Diagram alir proses konversi oleh ADC0804 ditunjukkan oleh gambar 3.3.



Gambar 3.3. Diagram alir pembacaan data

Hasil pengujian berupa hubungan masing-masing besaran yang diukur yaitu tegangan dan suhu dengan keluaran yang ditampilkan pada komputer pribadi yang selanjutnya disimpan ke dalam *database*.

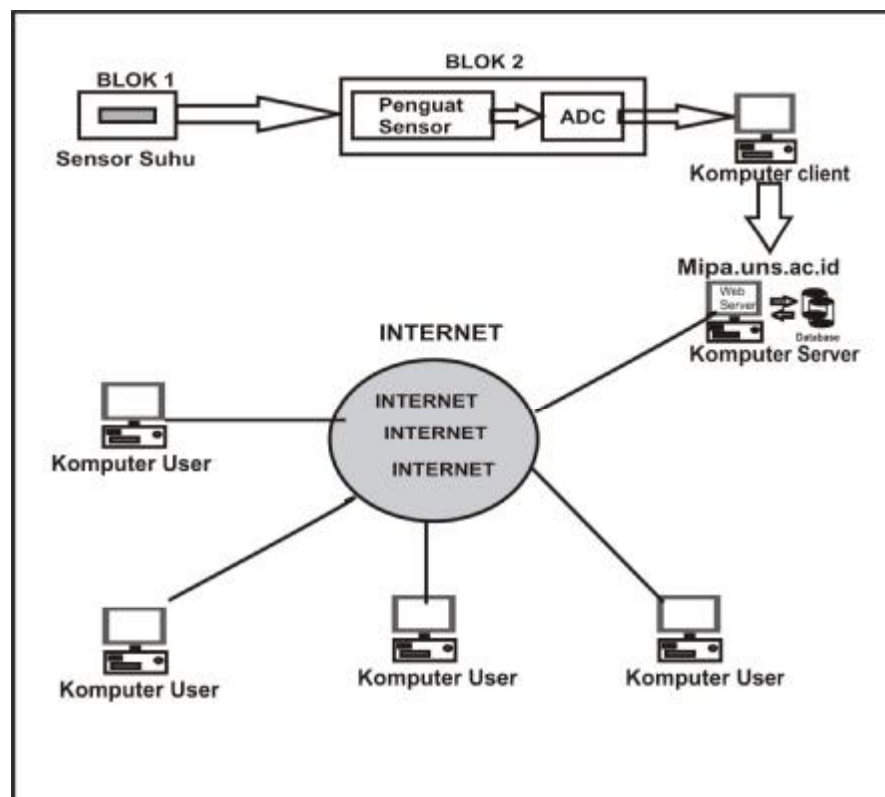
III.3 Rancangan Alat

Penelitian ini dilakukan dalam beberapa tahap, yaitu Perancangan Perangkat Keras (*hardware*), Perancangan Perangkat Lunak (*software*), Perancangan Antarmuka *Web*, kemudian Implementasi Sistem.

III.3.1 Perancangan Perangkat Keras (*hardware*)

Perancangan perangkat keras meliputi instalasi komputer *Server* dan *Client* seperti pada gambar 3.4. Komputer *Server* sebagai *Web server* dan *database server*. Sedang komputer *Client* sebagai pengirim data dari sensor yang kemudian di kirim ke *database server*.

Perangkat keras lainnya yang dirancang meliputi sensor, penguat sensor, ADC0804.



Gambar 3.4. Blok diagram rancangan alat pengukuran suhu berbasis internet

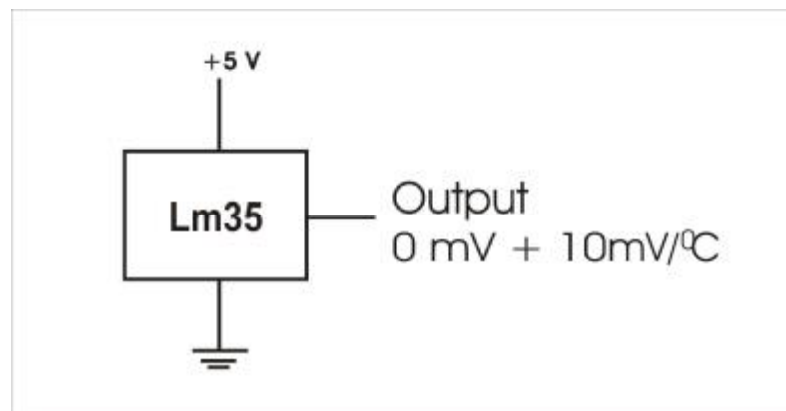
Blok 1 pada gambar 3.4 terdiri atas sebuah sensor suhu. Suhu di dalam sistem akan di indera oleh sensor sehingga menghasilkan tegangan keluaran. Pada blok 2, tegangan keluaran dari sensor akan diperkuat dengan rangkaian penguat tegangan mengingat tegangan dari sensor yang relatif kecil. Penguatan ini juga memperhatikan *range* tegangan yang dirokemendasikan serta batas-batas toleransinya. Perubahan-perubahan tegangan selanjutnya akan diterima ADC agar dapat dibaca dan diolah oleh komputer melalui *port parallel printer*.

Data yang diterima komputer berupa data digital (desimal) yang kemudian dikirim ke *database server* melalui jaringan internet. Data yang disimpan ke dalam *database server* berupa data digital dan suhu dalam $^{\circ}C$ yang kemudian diolah dan ditampilkan dengan menggunakan pemrograman *php* berupa *web*.

III.3.1.1 Sensor Temperatur

Sensor temperatur menggunakan IC LM35 dengan perlakuan sebagai berikut:

- a. Suplai Tegangan (V_{cc}) +5 V.
- b. Suhu operasi merupakan suhu dari lingkungan di sekitar sensor.

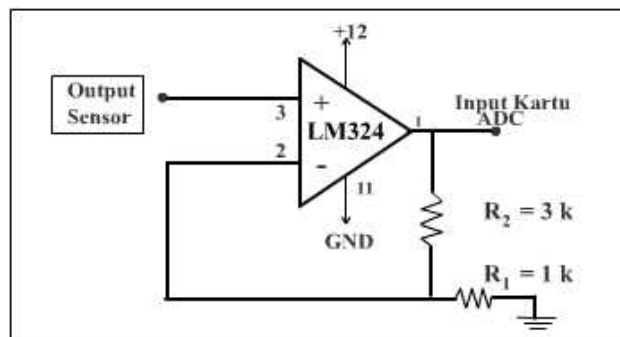


Gambar 3.5. Konfigurasi sensor LM35

III.3.1.2 Penguat Sensor

Penguat sensor menggunakan IC LM324 dengan mode *input noninverting*. Nilai penguatannya dibuat 4 kali tegangan *input*. Selengkapnya ditunjukkan pada gambar 3.6.

Rekomendasi *input* analog pada ADC adalah 0 V sampai +5 V maka diperlukan rangkaian penguat yang memiliki nilai penguatan maksimum +5 V. Hal ini membutuhkan pengujian tegangan maksimum yang dikeluarkan *Op-Amp*. Apabila nilai penguatan melebihi yang telah ditentukan maka akan mengakibatkan kerusakan pada komponen ADC tersebut.

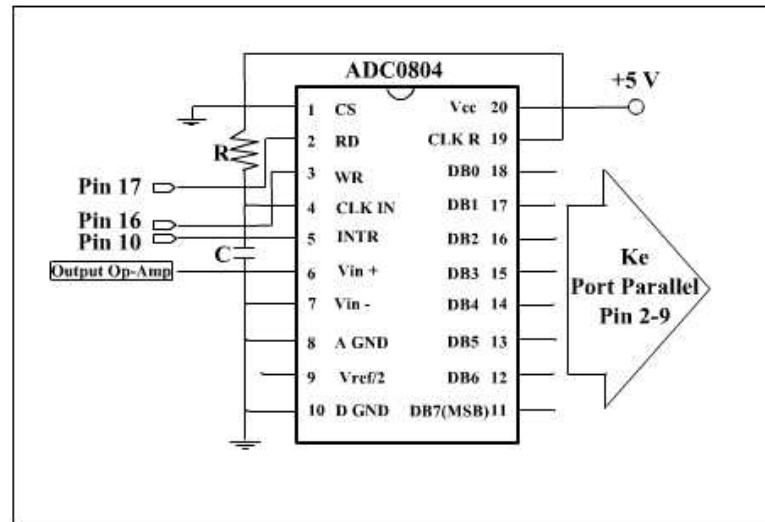


Gambar 3.6. Rangkaian *Op-Amp* dengan *input noninverting*

III.3.1.3 Analog To Digital Converter (ADC0804)

ADC0804 hanya memiliki satu *input* tegangan. Dengan *input* inilah tegangan *output* dari *Op-Amp* akan dihubungkan sebagai besaran analog. Kemudian besaran analog tersebut diubah ke dalam bentuk digital. Berikut keterangan dari gambar 3.7 :

1. Agar ADC0804 dapat digunakan, Vcc diberi +5 V dan CS di-ground-kan.
2. Pada *Clk In* diberikan komponen resistor (10 Ω) dan kapasitor (10 pF) untuk membangkitkan *internal clock* pada ADC.



Gambar 3.7. Rangkaian tambahan pada ADC0804

3. Proses konversi pada ADC ditentukan kondisi dari RD dan WR. Untuk memulai konversi WR harus aktif sesaat sedangkan untuk membaca hasil konversi, RD harus aktif rendah. Semuanya dikontrol melalui pin 16 dan 17. INTR adalah *output* dari ADC yang akan memberikan indikasi proses konversi selesai atau belum. Jika berlogika tinggi maka konversi masih berlangsung. Sinyal INTR dilewatkan pada jalur *input* (register status) pada pin 10.
4. Tegangan keluaran dari *Op-Amp* diberikan pada $V_{in}(+)$. Tegangan ini dibaca sebagai besaran analog yang siap dikonversi ke bentuk digital.
5. Data keluaran dari ADC (pin 11-18) langsung dihubungkan dengan pin 2-9 pada *port parallel* komputer.

Berikut listing program konversi ADC yang dibuat dalam penelitian ini :

```
Function Inport(nomor : Word): byte;
var
    data: byte;
```

Begin

```
asm  
  
mov dx, nomor;  
  
in ax, dx;  
  
mov data, al;  
  
end;  
  
inport := data;
```

End;

Procedure Outport(Port : word; Data: byte);

Begin

```
asm  
  
mov dx, port;  
  
mov al, data;  
  
out dx, al;  
  
end;
```

end;

Procedure MulaiKonversiADC;

Begin

```
Outport($37A, $4);      {Set kontrol semua tinggi}  
Outport($37A, $0);      {pin 1, 14, 17 rendah, pin 16 tinggi}  
sleep(1); Outport($37A, $24); {Bi-Di aktif, mulai konvversi}  
sleep(1);
```

End;

Procedure StopKonversiADC;

Begin

```
Outport($37A, $4);
```

End;

```

Procedure BacaADC(var ADC : byte);

Begin

    Outport($37A, $25); sleep(10);           {pin1 rendah}

    ADC := Inport($378); sleep(10);          {baca nilai ADC}

End;

procedure TForm1.Timer1Timer(Sender: TObject);

var x    : real;

    y,z   : integer;

begin

    Connection.Connected := True;

    BacaADC(ADC);

    MulaiKonversiADC;

    Panel1.Caption := IntToStr(ADC);

    y := StrToInt(Panel1.Caption);

    x := (y-24.053)/1.2316;

    z := round(x);

    Panel2.Caption := FloatToStr(z);

end;

```

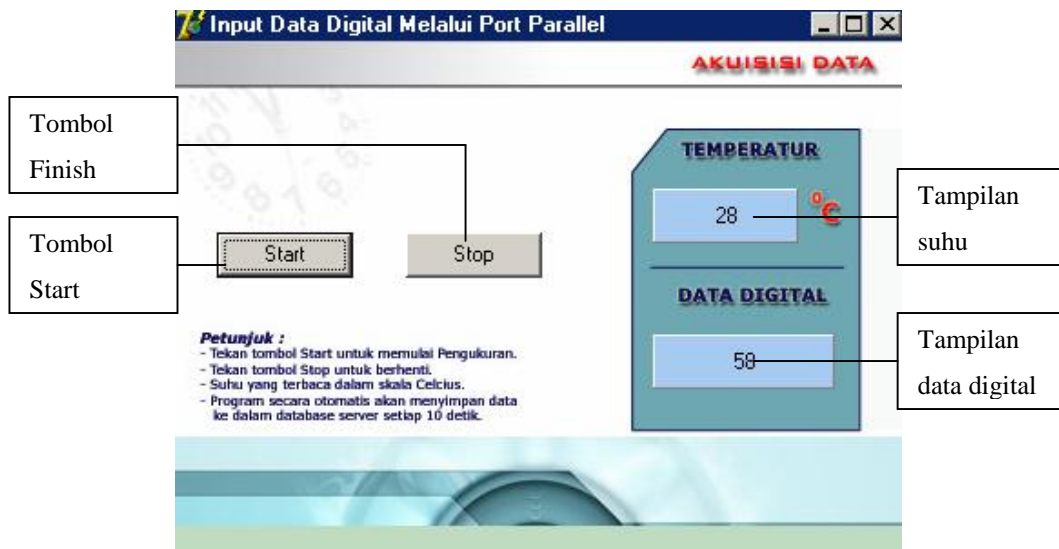
III.3.2 Perancangan Perangkat Lunak (*Software*)

Perancangan Perangkat Lunak meliputi Perangkat lunak komunikasi *Client/Server*, instalasi *Web server* dan *database server*.

III.3.2.1 Perangkat Lunak Komunikasi *Client/Server*

Perangkat lunak yang dipakai sebagai program komunikasi *client/server*, yaitu menggunakan program Delphi. Berikut gambar program komunikasi

client/server yang telah dibuat dalam penelitian ini untuk menghubungkan *komputer client* dengan *komputer server* :

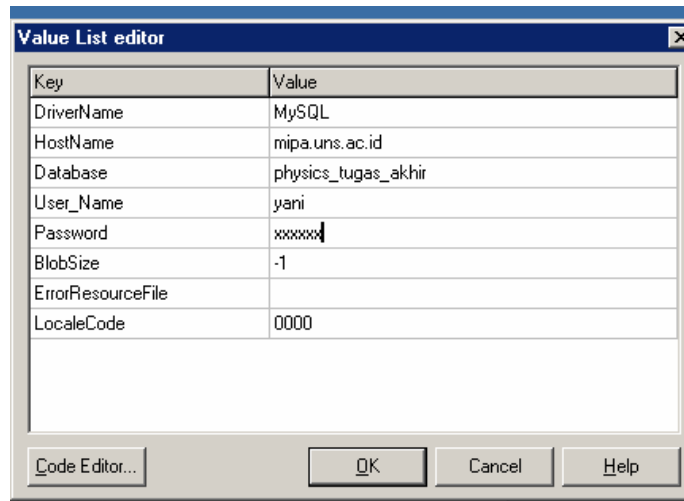


Gambar 3.8. Tampilan perangkat lunak komunikasi data

III.3.2.2 Perangkat Lunak *Database Server*

Perangkat lunak yang dipakai sebagai *database* yaitu dengan menggunakan program *MySQL*. Berikut listing penyimpanan data ke dalam *database* dan listing koneksi ke *database server* Seperti gambar 3.9 yang telah dibuat dalam penelitian ini:

```
procedure TForm1.Timer2Timer(Sender: TObject);
begin
    with Query do begin
        SQL.Clear;
        SQL.Text := 'INSERT INTO temperature
(c_datetime,c_input,c_celcius) VALUES
(now(),'''+Panel1.Caption+''+', '''+Panel2.Caption+''')''';
        ExecSQL;
    end;
end;
```



Gambar 3.9. Tampilan listing koneksi ke *database server*

III.3.2.3 Perangkat Lunak *Web server*

Perangkat lunak yang dipakai sebagai tempat untuk menyimpan dan meng-*Upload* file-file yang digunakan dalam menampilkan data hasil pengukuran dalam bentuk *web site* disebut *Web Server*. *Web Server* yang digunakan dalam penelitian ini yaitu menggunakan program *Apache*.

III.3.3 Perancangan Antarmuka *Web*

Aplikasi yang dibangun adalah aplikasi yang berbasis *web* oleh karena itu antarmuka yang dibangun adalah antarmuka *web*. Antarmuka yang akan dibangun dirancang sesederhana mungkin sehingga memudahkan pengguna dalam menggunakannya.

III.3.4 Implementasi Sistem

Implementasi sistem meliputi lingkungan pengembangan, implementasi aplikasi *web*, dan implementasi modul *interface* komunikasi.

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

IV.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan pada bulan Januari sampai dengan bulan Juni 2007 di Laboratorium Instrumentasi dan Elektronika Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sebelas Maret Surakarta dan di Sub Laboratorium Fisika Laboratorium Pusat Universitas Sebelas Maret Surakarta.

IV.2 Hasil Pengujian

IV.2.1 Analisis Sistem

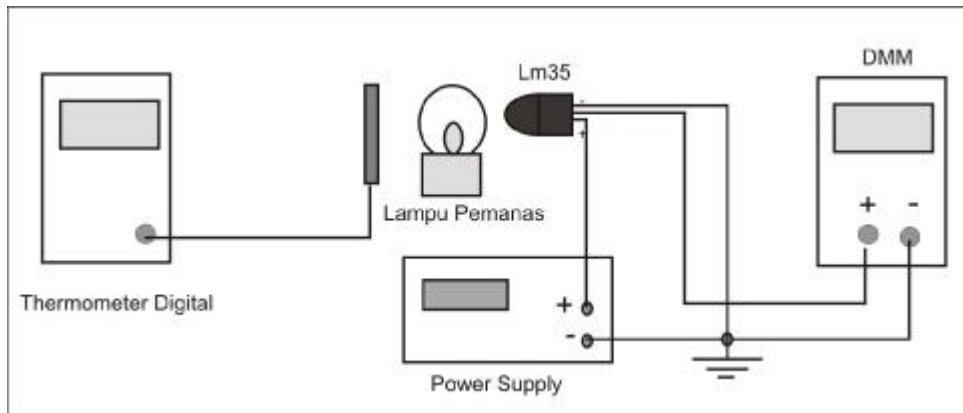
Analisis sistem bertujuan untuk mengidentifikasi permasalahan permasalahan yang ada pada sistem dimana aplikasi dibangun yang meliputi perangkat keras (*hardware*), perangkat lunak (*software*) dan pengguna. Analisis ini diperlukan sebagai dasar bagi tahapan perancangan sistem. Analisis sistem meliputi pengujian rancangan alat dan program, identifikasi permasalahan, spesifikasi aplikasi, spesifikasi pengguna, dan lingkungan operasi.

IV.2.2 Pengujian Rancangan Alat dan Program

Pengujian dilakukan pada rancangan-rancangan alat dan program yang telah dibuat sebelumnya. Tahap pengujian masing-masing rangkaian dan pengujian integrasi seluruh rangkaian sekaligus pembahasannya.

IV.2.2.1 Pengujian Karakteristik Sensor LM35

Pengujian karakteristik sensor LM35 dilakukan sesuai dengan susunan pada gambar 4.1.

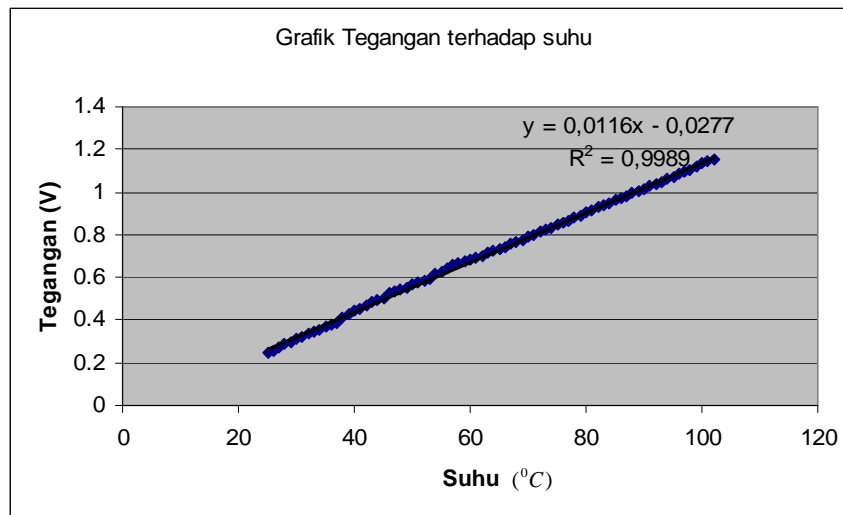


Gambar 4.1. Susunan pengujian karakteristik sensor LM35

Dalam pengujian sensor ini dilengkapi dengan *Digital Multimeter (DMM)*, *Power Suplly* dan *Thermometer Digital*. Lampu Pemanas digunakan sebagai pembangkit kalor. Suplai tegangan pada sensor adalah +5 V. Suhu yang diukur adalah antara suhu ruang sampai suhu maksimum lampu. LM35 merupakan jenis sensor temperatur IC dengan keluaran berupa tegangan. Pada gambar 4.1, LM35 menerima kalor secara radiasi dari lampu pemanas, semakin besar kalor yang terserap, semakin besar pula tegangan yang dikeluarkan sampai dengan batas tegangan maksimum yang dikeluarkan. Dari data-data pengujian ini diperoleh grafik hubungan antar temperatur ($^{\circ}\text{C}$) dan tegangan (V) seperti gambar 4.2 dengan karakterisasi berupa linearitas, kisaran operasi, fungsi transfer dan sensitivitas.

1. Linearitas

Pengukuran linearitas sensor ditentukan dengan deviasi *output* sensor dari garis lurus terhadap kisaran yang pasti. Berdasarkan eksperimen diperoleh persamaan garis lurus $y = 0,0116x - 0,0277$ dan koefisien korelasi $R^2 = 0,9989$ mendekati 1 yang berarti mendekati linier.



Gambar 4.2. Grafik karakteristik keluaran LM35

2. Kisaran Operasi

Kisaran Operasi dari LM35 pada penelitian ini adalah berkisar 25°C sampai dengan 112°C . Pada penelitian ini, suhu awal yang diukur adalah suhu ruang.

3. Fungsi Transfer

Gradien dari persamaan garis lurus diatas adalah $0,0116 \text{ Volt} / ^{\circ}\text{C}$. Maka nilai fungsi transfer adalah sebesar $11,6 \text{ mV} / ^{\circ}\text{C}$.

4. Sensitivitas

Menurut *data sheet*, LM35 memiliki sensitivitas $10 \text{ mV} / ^{\circ}\text{C}$. Sedangkan dari data eksperimen sensitivitasnya adalah $11,6 \text{ mV} / ^{\circ}\text{C}$ sehingga kemampuan mengindra dari LM35 setiap perubahan suhu 1°C , akan menghasilkan tegangan $11,6 \text{ mV}$.

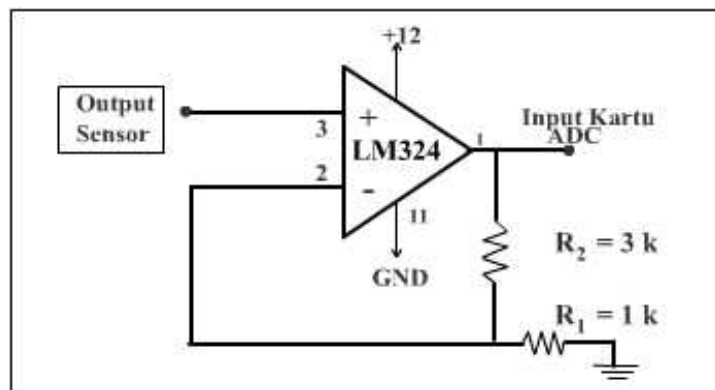
IV.2.2.2 Pengujian Rangkaian Penguat dengan *OP-Amp* LM324

Pada pengujian rangkaian ini bertujuan menentukan nilai penguatan agar sesuai dengan rekomendasi pemberian tegangan maksimum pada sebuah ADC. Pengujian sensor pada suhu ruang sampai dengan suhu 112°C diperoleh rentang tegangan antara 0,025 V sampai dengan 0,906 V, sedangkan tegangan maksimum input ADC adalah +5 V maka diperlukan nilai penguatan sebesar 4 kali.

Sesuai gambar 4.3, nilai hambatan $R_1 = 1\text{k}\Omega$ dan $R_2 = 3\text{k}\Omega$, kemudian dengan persamaan (2-4), nilai penguatan *op-amp* ini dapat ditentukan:

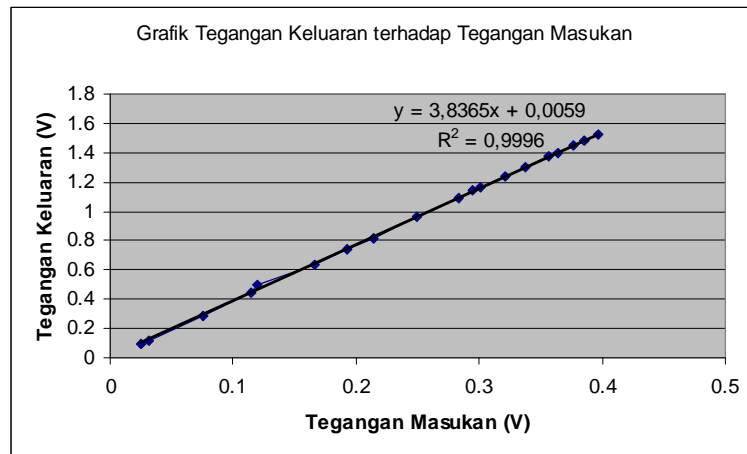
$$A_v = 1 + \frac{R_f}{R_i} = \frac{1\text{k}\Omega + 3\text{k}\Omega}{1\text{k}\Omega} = 4$$

$$A_v = 4$$



Gambar 4.3. Rangkaian *Op-Amp* dengan *input noninverting*

Dengan perhitungan diatas diperoleh nilai penguatan 4 kali. Secara eksperimen diperoleh grafik hubungan tegangan *input* terhadap tegangan *output* LM324 seperti gambar 4.4.



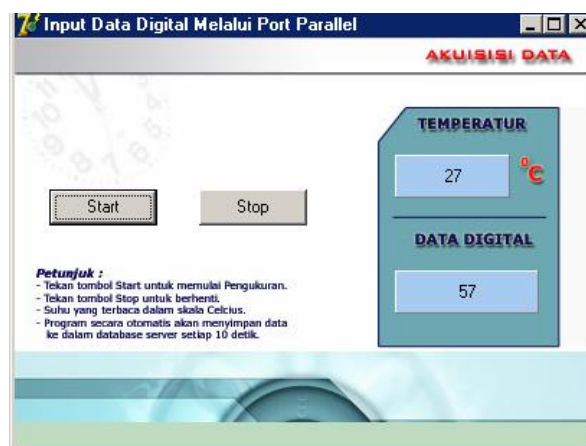
Gambar 4.4. Grafik hubungan antara tegangan *input* dan *output*

Pada gambar 4.4 di peroleh persamaan garis lurus $y = 3,8365 x - 0,0059$.

Nilai gradien persamaan ini menunjukkan nilai penguatan *op-amp* yaitu sebesar 3,8365 V yang mendekati nilai penguatan dari hasil perhitungan persamaan (2-4) yaitu sebesar 4 kali.

IV.2.2.3 Pengujian ADC0804

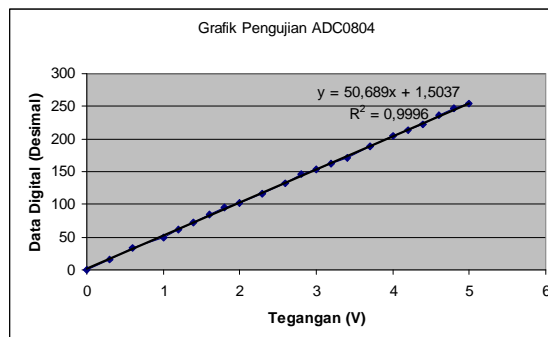
Pengujian dilakukan dengan memberikan *input* analog berupa tegangan keluaran dari *Op-Amp* LM324. Pengujian ini dilengkapi dengan program pengukuran dari ADC0804 yang akan ditampilkan ke layar monitor komputer.



Gambar 4.5. Tampilan program pengujian ADC0804

Baris program pembacaan data digital dari ADC0804 dimasukkan ke dalam *Tab Events* pada *OnTimer* komponen *Timer*, agar perubahan digital tiap detik dapat teramati.

Program pengujian ADC dan komunikasi data *client/server* terintegrasi menjadi satu dalam program akuisisi data seperti gambar 4.5 yang telah dibuat dengan menggunakan pemrograman Borland Delphi. Pengujian ADC0804 ini dilakukan untuk mengetahui koefisien korelasi antara *input* analog dengan data digital hasil konversi yaitu $R^2 = 0,9996$. Gambar 4.6 berikut merupakan grafik hasil pengujian ADC0804 hubungan antara tegangan *input* analog ADC0804 dengan data digital hasil konversi ADC.



Gambar 4.6. Grafik hubungan *input* analog dengan data digital ADC0804

IV.2.3 Identifikasi Masalah

Dalam sistem pengukuran suhu pada suatu tempat digunakan alat pengukuran suhu melalui *port parallel* komputer pribadi. Keadaan suhu di suatu tempat di tangkap oleh sensor LM35 yang berupa perubahan panas atau *kalor*. Di dalam sistem sensor suhu, perbedaan panas ini akan mempengaruhi perbedaan tegangan *output* dari sensor LM35 dimana semakin besar panas yang diterima sensor maka tegangan *output* yang dihasilkan sensor tersebut semakin besar.

Tegangan *keluaran* dari sensor LM35 diperkuat dengan menggunakan *Op-Amp* jenis LM324 agar dapat memenuhi rekomendasi pemberian tegangan maksimum pada sebuah ADC. Data *output* dari ADC berupa data digital dikirim ke komputer melalui *port parallel* kemudian diproses dengan menggunakan *software* akuisisi data. Data yang sudah di proses kemudian dikirimkan ke komputer *server* berupa *database*. Perangkat lunak yang digunakan untuk penyimpanan *database* yaitu *MySQL*. Dalam penelitian ini, media komunikasi data yang digunakan adalah Internet.

Pada komputer *server* data-data yang tersimpan di dalam *database* divisualisasikan dalam bentuk *web*. Untuk aplikasi yang berbasis *web*, visualisasi data hasil pengukuran adalah dalam bentuk halaman-halaman *web* yang dapat diakses oleh pengguna dengan menggunakan *web browser* dengan syarat pengguna memiliki koneksi ke *server* yang menyediakan layanan visualisasi tersebut baik secara lokal dalam suatu LAN maupun pada lingkungan jaringan yang lebih luas yaitu *internet*.

Permasalahan-permasalahan yang dapat diidentifikasi pada sistem ini adalah sebagai berikut:

- § Penyaringan data digital, tegangan, suhu, tanggal, dan waktu dari data yang di kirim oleh sensor.
- § Format *database* yaitu dalam bentuk tabel, sehingga dapat ditampilkan pada halaman *web*.
- § Permasalahan visualisasi suhu yang datanya bersifat dinamis.

Solusi untuk permasalahan – permasalahan di atas adalah sebagai berikut:

- § Sistem sensor LM35 setiap saat menerima perubahan kalor dari lingkungan dan merubahnya dalam bentuk perubahan tegangan secara periodik. Perubahan tegangan yang dikeluarkan oleh sensor kemudian diperkuat dengan *op-amp* dan dikonversi menjadi data digital dengan menggunakan ADC0804. Informasi yang terdapat pada data tersebut bermacam-macam yaitu data digital, suhu, tanggal, dan waktu pengambilan data. Data digital adalah data yang ditampilkan di layar komputer hasil dari *konversi*. Penyaringan data digital, suhu, tanggal, dan waktu dilakukan oleh *software* yang berfungsi sebagai penyaring data dan mengirimkan data tersebut ke sebuah *database*. Oleh karena itu perlu dibuat suatu *interface* untuk menangani proses penyaringan tersebut.
- § Format data yang ada adalah dalam sebuah *database* berupa tabel. Format tersebut tidak dapat secara langsung ditampilkan pada sebuah halaman *web*. Untuk dapat menampilkan format tersebut dan menghubungkannya dengan *database* digunakan bahasa pemrograman *php*. Oleh karena itu dibutuhkan perangkat lunak yang berfungsi sebagai *database server*, *web server* dan piranti lunak sebagai penghubung *web* dengan *database*. Karena selain hanya menampilkan data dalam bentuk tabel, perangkat lunak juga harus memungkinkan *update* data hasil pengukuran, serta proses *query* terhadap *database*. Dalam penelitian ini digunakan perangkat lunak *MySQL server*, *Apache* dan *php* yang bersifat gratis dan *open source*.

- § Untuk mengakomodasi data pengukuran suhu yang dinamis, maka data tersebut disimpan dalam format *database* bukan dalam format file sehingga memudahkan proses penyimpanan, *updating*, dan pengaksesan.

IV.2.4 Spesifikasi Aplikasi

Aplikasi *web* yang akan dibangun memiliki kemampuan sebagai berikut:

- § Dapat menampilkan suhu hasil pengukuran dalam *database*.
- § Data yang ditampilkan adalah data terakhir yang dikirim oleh sensor secara berkesinambungan dan selalu *update*.
- § Dapat menampilkan informasi suhu pada saat tertentu berdasarkan *query* yang dilakukan pengguna.
- § *User friendly*.

IV.2.5 Spesifikasi Pengguna

Aplikasi ini ditujukan untuk digunakan oleh semua pihak yang ingin memperoleh informasi mengenai informasi pemantauan pengukuran suhu secara *online* melalui *Internet*.

IV.2.6 Lingkungan Operasi

Untuk membangun aplikasi *web* sesuai dengan spesifikasi kebutuhan, dibutuhkan lingkungan operasi sebagai berikut:

- § Sistem operasi *Unix FreeBSD*.

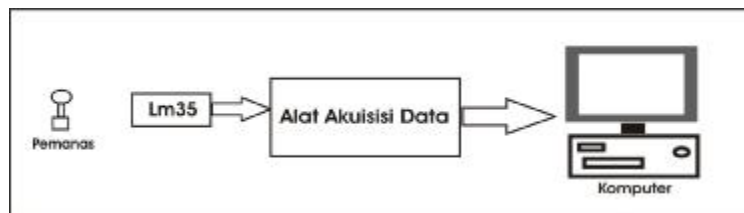
Sistem operasi ini dipilih karena bersifat bebas (*free*) dan *open source*. Selain itu sistem operasi ini lebih aman dan handal.

IV.3 Pembahasan

Arsitektur sistem yang dibangun dibagi dalam tiga sub sistem yaitu sub sistem pengukuran suhu, sub sistem komunikasi data dan sub sistem pusat data.

IV.3.1 Sub Sistem Pengukuran Suhu

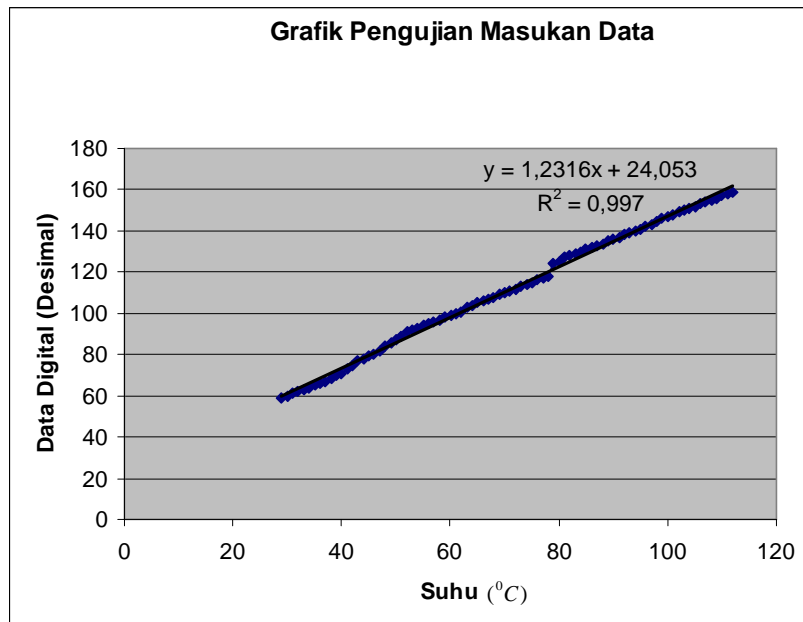
Sub sistem pengukuran suhu berfungsi sebagai pengambilan data berupa data digital, tanggal, dan waktu pengukuran kemudian dikirimkan ke subsistem pusat data melalui sub sistem komunikasi data. Desain sub sistem pengukuran suhu divisualisasikan pada gambar 4.7 di bawah ini:



Gambar 4.7. Desain sub sistem pengukuran suhu

Sub sistem ini terdiri sistem sensor sebagai alat perekam suhu berupa data digital, suhu, tanggal dan waktu. Pada sub sistem ini dilakukan pengujian masukan data dan pengujian alat akuisisi data.

Pada pengujian masukan data dilakukan pengukuran suhu dimulai dari 29°C sampai 112°C . Diperoleh pembacaan data digital hasil pengujian ini berupa data desimal yang ditampilkan di layar komputer. Persamaan garis lurus yang diperoleh dari pengujian masukan data ini kemudian akan dipakai sebagai persamaan di dalam program pengujian akuisisi data sebagai pengubah dari data desimal menjadi skala suhu dalam penelitian ini adalah Celsius. Hasil dari pengujian masukan data pada penelitian ini ditunjukkan oleh grafik 4.8.



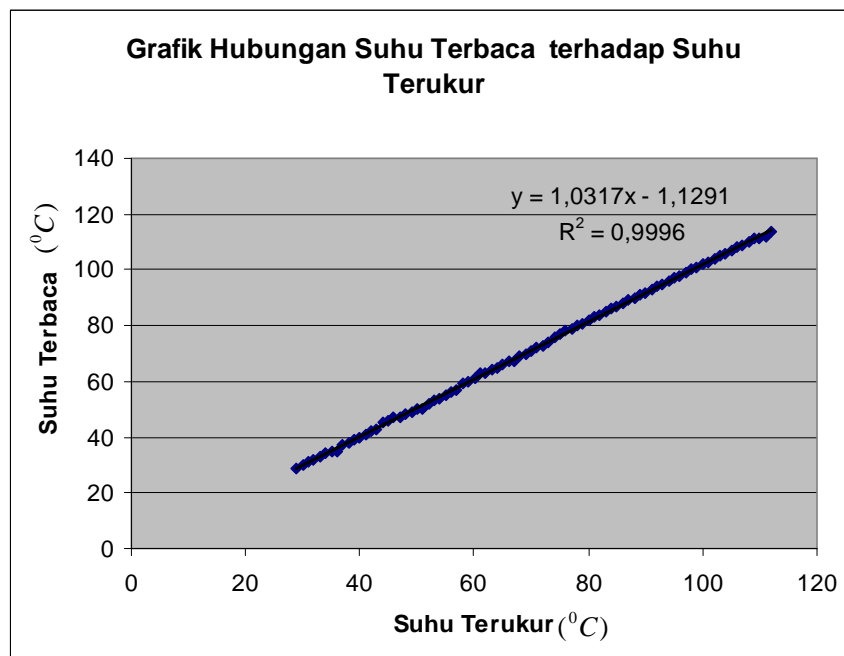
Gambar 4.8. Hasil pengujian Masukan Data

Dari grafik tersebut diperoleh persamaan garis lurus $y = 1,2316x + 24,053$ dengan koefisien korelasi $R^2 = 0,997$. Pada pengujian ini bertujuan untuk mengetahui tanggapan terhadap perubahan suhu dan menentukan persamaan kalibrasi dari data digital akibat dari perubahan suhu tersebut. Termometer digital digunakan sebagai acuan dari perubahan suhu dari suhu ruang hingga suhu maksimum pada keluaran digital mencapai 255.

Pada pengujian alat akuisisi data, digunakan termometer digital sebagai pembandingan antara suhu terukur dengan suhu yang terbaca oleh alat akuisisi data yang ditampilkan di komputer. Pengujian dilakukan mulai suhu 29°C sampai dengan 112°C .

Keluaran dari sensor LM35 dikuatkan oleh penguat *non inverting* sebelum dikonversi ke ADC0804. Hasil konversi kemudian dikirim ke komputer melalui antarmuka *port parallel*. Hasil konversi tersebut kemudian ditampilkan dalam

bentuk data suhu dalam skala Celsius. Hasil dari pengujian terhadap alat akuisisi data ditunjukkan oleh grafik 4.9.

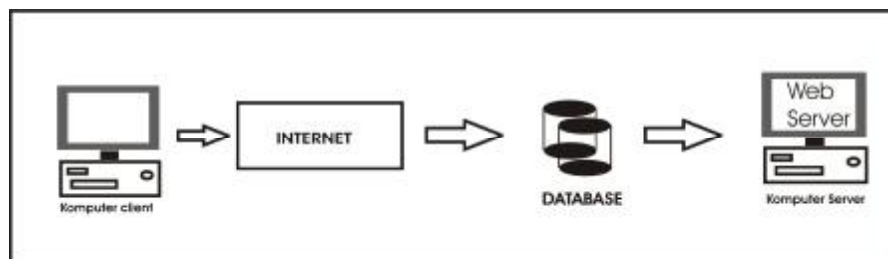


Gambar 4.9. Hasil pengujian Alat Akuisisi Data

Dari grafik tersebut besarnya suhu yang terbaca oleh termometer dengan suhu yang terbaca alat akuisisi data mempunyai besar yang hampir sama dengan perbandingan 1.03 atau mendekati satu. Nilai korelasi antara suhu terukur dengan suhu terbaca sebesar 1, hal ini menunjukkan perbandingan perubahan suhu terbaca dengan suhu terukur adalah tetap. Sensitivitas pembacaan suhu pada alat akuisisi data ditentukan oleh sensor suhu yang digunakan. Sensor LM35 yang digunakan dalam penelitian ini mempunyai sensitivitas $11,6mV/^{\circ}C$ yang artinya setiap perubahan suhu sebesar $1^{\circ}C$ akan terjadi perubahan tegangan keluaran sebesar 11,6 mV.

IV.3.2 Sub Sistem Komunikasi Data

Sub sistem komunikasi data berfungsi sebagai penghubung antara sub sistem pengukuran suhu dan sub sistem pusat data. Data pengukuran (data digital, suhu, tanggal, dan waktu) yang diperoleh pada sub sistem pengukuran suhu dikirimkan melalui sub sistem ini ke sub sistem pusat data. Sub sistem ini berhubungan dengan sub sistem pengukuran suhu dan sub sistem pusat data melalui modul *interface* komunikasi data yang berfungsi untuk menyaring data yang diperoleh dari sistem sensor untuk kemudian dikirimkan ke pusat data. Untuk menjalankan *interface* komunikasi data, digunakan komputer atau *laptop* dengan menggunakan sistem operasi *Windows 98* atau *Windows ME*. Desain sub sistem komunikasi data ini dapat dilihat pada gambar 4.10.



Gambar 4.10. Desain sub sistem komunikasi data

Sub sistem ini terdiri dari sebuah komputer yang ditempatkan pada tempat pengukuran suhu dan dihubungkan dengan sistem sensor melalui *port parallel*. Data hasil penyaringan dari modul *interface* komunikasi dikirim ke pusat data untuk disimpan di sebuah *database* melalui Internet.

Dalam penelitian ini, peralatan komunikasi yang digunakan adalah sebuah komputer sebagai *client* yang berfungsi untuk mengirimkan data dari hasil penyaringan menuju *database* yang berada pada komputer *server*.

Beberapa hal penting yang harus diperhatikan sehubungan komunikasi data melalui Internet adalah:

§ Format pengiriman data

Data digital, Suhu, tanggal, dan waktu pengukuran yang akan dikirim ke pusat data harus berada dalam format data desimal untuk mempermudah proses penyimpanan data di dalam *database*. Dalam aplikasi penyimpanan data membedakan hasil pengukuran suhu dengan yang lainnya, setiap kali perekaman diset sebagai *primary key* yaitu tanggal dan waktu pengukuran. Oleh karena itu, data yang akan dikirim harus disertai dengan, tanggal dan waktu pengukuran. Format data pengiriman yang digunakan adalah:

Data digital, suhu, tanggal dan waktu

Keterangan:

Tabel 4.1 Format pengiriman data

Field	Keterangan
Tanggal dan Waktu	tanggal pengukuran (tahun, bulan, tanggal) waktu (jam, menit, detik) pengukuran
Suhu	Dalam satuan Celsius
Data digital	Data desimal dari hasil pengukuran

§ Kecepatan pengiriman data

Kecepatan pengiriman data merupakan jumlah *bit* per detik (bps) yang dapat dikirimkan ke pusat data. Kecepatan pengiriman data ini biasanya dinyatakan dalam satuan *bit per second* (bps). Pemilihan kecepatan pengiriman data ini bergantung pada jumlah data yang akan dikirim. Data yang dikirimkan ke

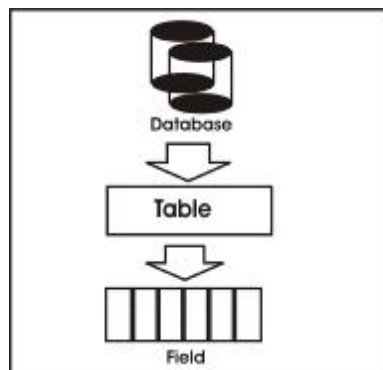
pusat data hanya data digital hasil pengukuran, suhu, tanggal, dan waktu. Berdasarkan pengamatan, jumlah data dalam format tersebut berkisar 50 byte = 400 bit (8 bit/byte x 50 byte). Untuk itu diperlukan kecepatan akses internet dengan kecepatan minimal 1200 bps atau setara dengan 1.2 Kbps.

§ Reliabilitas pengiriman data

Untuk menjamin kualitas data yang dikirim, Pada komputer *server* diberi alokasi bandwidth 64 Kbps agar data yang diterima *server* dijamin tidak mengalami kerusakan.

IV.3.3 Sub Sistem Pusat Data

Sub sistem pusat data merupakan pusat penyimpanan data dan visualisasi data. Data yang dikirimkan oleh sub sistem komunikasi data kemudian disimpan dalam *database* dan divisualisasikan dalam bentuk *website*. Sub sistem ini terdiri dari *web server* dan *database server* yang berfungsi sebagai pusat penyimpanan data, dan tempat berjalannya aplikasi *web*. *Server* terhubung dengan jaringan *Internet* melalui koneksi TCP/IP. Karena aplikasi yang dibangun adalah aplikasi yang berbasis *web*, pengguna membutuhkan *web browser* untuk menjalankan aplikasi tersebut.



Gambar 4.11. Desain sub sistem pusat data

Mekanisme kerja dari sub sistem ini adalah sebagai berikut:

- § *Database Server* menerima data yang dikirim dari sistem komunikasi data melalui Internet.
- § Data tersebut kemudian diolah dan disimpan ke dalam *database MySQL* berupa tabel yang terdiri dari *field-field* oleh modul *interface* komunikasi pusat data.
- § Jika ada *request* dari pengguna (*web browser*), *web server* memberikan *response* dengan mengeksekusi program aplikasi (*php*) dan berkomunikasi dengan *database MySQL* untuk menghasilkan data berupa informasi suhu untuk kemudian *download* oleh *User*.

IV.4 Modul Aplikasi Web

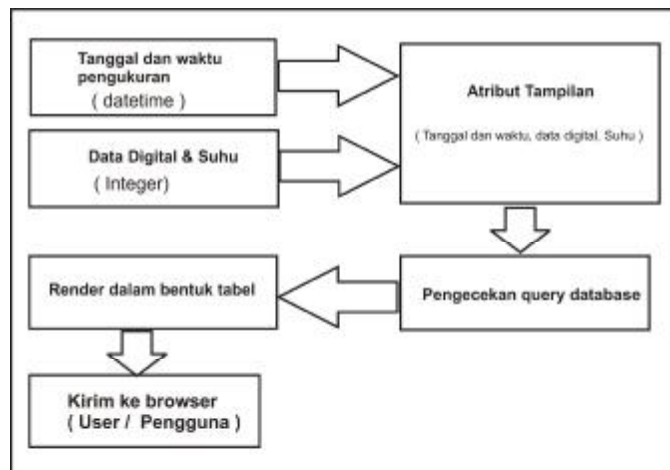
Pada bagian ini akan dibahas mengenai aplikasi web dengan mempertimbangkan kebutuhan-kebutuhan atau spesifikasi yang telah ditetapkan pada tahap analisis sistem. Proses pembuatan ini meliputi pembuatan modul aplikasi, pembuatan *database* dan pembuatan antarmuka.

IV.4.1 Modul Aplikasi

Modul aplikasi dibagi menjadi tiga buah modul yaitu modul visualisasi data, modul *query*, dan modul *database*.

IV.4.1.1 Modul Visualisasi Data

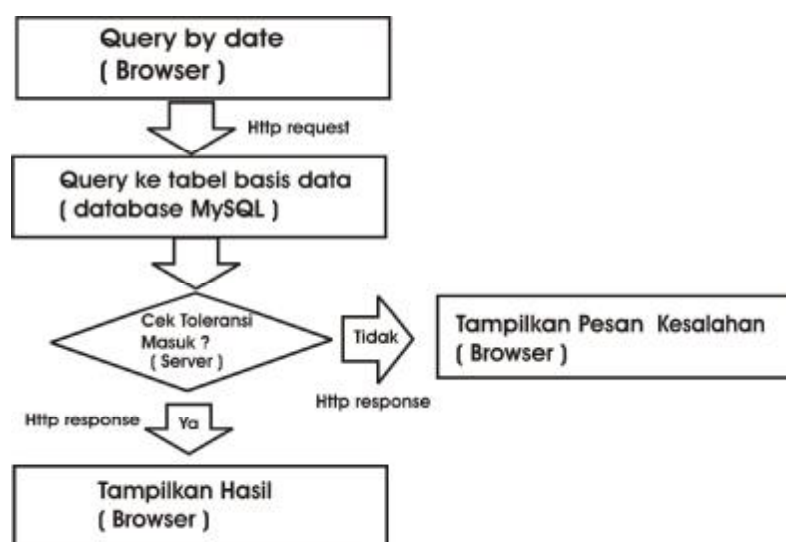
Modul ini berfungsi untuk memvisualisasikan data dari *database* yang berupa tabel. Alur proses modul ini dapat dilihat pada gambar 4.12 bawah ini:



Gambar 4.12. Alur proses modul visualisasi data

IV.4.1.2 Modul *Query*

Modul ini berfungsi untuk menangani proses *query* yang dilakukan pengguna pada saat memilih hasil pengukuran pada tanggal tertentu. Hasil dari *query* ini adalah berupa informasi mengenai tanggal, waktu pengukuran dan suhu yang berupa Celsius. Modul ini dibangun dengan menggunakan *Interpreter PHP*. Alur kerja modul ini dapat dilihat pada gambar 4.13.



Gambar 4.13. Alur kerja modul *query* posisi

Pengguna meng*query* tanggal pengukuran suhu dengan cara memilih tanggal, bulan serta tahun pada halaman *search.php*, kemudian menekan tombol submit. Modul *query* tanggal kemudian menampilkan seluruh data yang terekam pada tanggal tersebut. Jika hasil masuk toleransi, maka data hasil query dikirimkan ke *browser*, jika tidak maka pesan kesalahan akan dikirimkan ke *browser*.

IV.4.2 Modul Database

Modul ini berfungsi melakukan interaksi dengan *Database MySQL*. Modul ini terdiri dari fungsi-fungsi utilitas yang berhubungan dengan akses *database* yaitu membuat koneksi ke *database* dan *query* unsur-unsur tabel dalam *database*.

Aplikasi yang akan dibangun membutuhkan *database* untuk menyimpan data-data spasial beserta data atribut. Agar *database* yang dibangun dapat diimplementasikan dengan baik, maka terlebih dahulu dilakukan proses perancangan *database*. Proses perancangan *database* meliputi pendefinisian entitas, hubungan antar entitas dan pembentukan tabel.

IV.4.2.1 Pendefinisian Entitas

Entitas-entitas yang terlibat adalah sebagai berikut

§ Entitas tanggal dan waktu.

Entitas ini menyimpan informasi mengenai pengukuran suhu yaitu berupa tanggal dan waktu pada saat pengambilan data.

§ Entitas data digital.

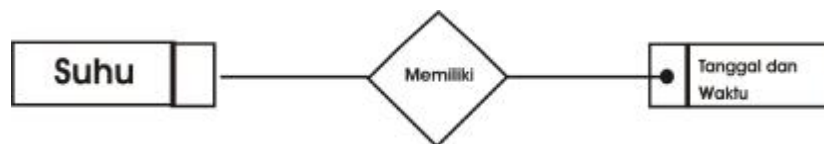
Entitas ini menyimpan informasi mengenai pengukuran suhu yaitu berupa data digital (Desimal).

§ Entitas suhu.

Entitas ini menyimpan informasi mengenai pengukuran suhu yaitu berupa data suhu dalam satuan derajat Celsius.

IV.4.2.2 Hubungan Antar Entitas

Hubungan antara entitas-entitas yang telah didefinisikan di atas digambarkan dalam diagram *Entity Relationship (ER)* seperti gambar 4.14 di bawah ini:



Gambar 4.14. Diagram ER

IV.4.2.3 Pembentukan Tabel

Tabel yang dapat dibentuk berdasarkan diagram *ER* di atas adalah:

Tabel pengukuran (tanggal dan waktu, suhu, data digital).

Tabel 4.2 Format tabel data pengukuran

Field	Keterangan
Tanggal Dan Waktu	Primary Key, DATETIME()
Suhu	INTEGER(15)
Data digital	INTEGER(15)

IV.5 Modul Antarmuka Web

Pada bagian ini akan dibahas mengenai tahapan perancangan antarmuka aplikasi. Aplikasi yang dibangun adalah aplikasi yang berbasis *web* oleh karena itu antarmuka yang dibangun adalah antarmuka *web*. Antarmuka yang akan dibangun dirancang sesederhana mungkin sehingga memudahkan pengguna dalam menggunakannya.

antarmuka hasil perancangan pada bab sebelumnya diimplementasikan dalam bahasa HTML dan *script* PHP dan disimpan dalam file dengan ekstensi *.php*.

Tabel 4.3 Implementasi antarmuka aplikasi *web*

Nama Antarmuka	File
Halaman Pembuka	Index.php
Halaman Utama	main.php
Halaman Track Log	Lastrecord.php
Halaman Query	Search.php
Halaman hasil query	result.php

Rancangan antarmuka dari aplikasi ini adalah sebagai berikut:

1. Halaman pembuka.

Halaman ini merupakan halaman yang pertama kali tampil pada saat pengguna membuka aplikasi. Halaman ini hanya berisi *link* pemilihan bahasa yang akan digunakana ke halaman utama. Desain halaman pembuka dapat dilihat pada gambar 4.15.



Gambar 4.15. Desain halaman pembuka

Data dibawah ini merupakan hasil dari update 30 data terakhir yang terakam oleh database

Tanggal & Waktu	Suhu
2007-06-07 02:09:34	51
2007-06-07 02:09:35	50
2007-06-07 02:09:36	49
2007-06-07 02:09:37	49
2007-06-07 02:09:38	49
2007-06-07 02:09:39	48
2007-06-07 02:09:40	47
2007-06-07 02:09:41	46
2007-06-07 02:09:42	45
2007-06-07 02:09:43	44
2007-06-07 02:09:44	43
2007-06-07 02:09:45	42
2007-06-07 02:09:46	41
2007-06-07 02:09:47	40
2007-06-07 02:09:48	39
2007-06-07 02:09:49	38
2007-06-07 02:09:50	37
2007-06-07 02:09:51	36

Pengukuran Suhu dikerjakan di:
Laboratorium Elektronika dan Instrumentasi (INSTRUMEN),
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sebelas Maret.

Gambar 4.17. Desain halaman track log

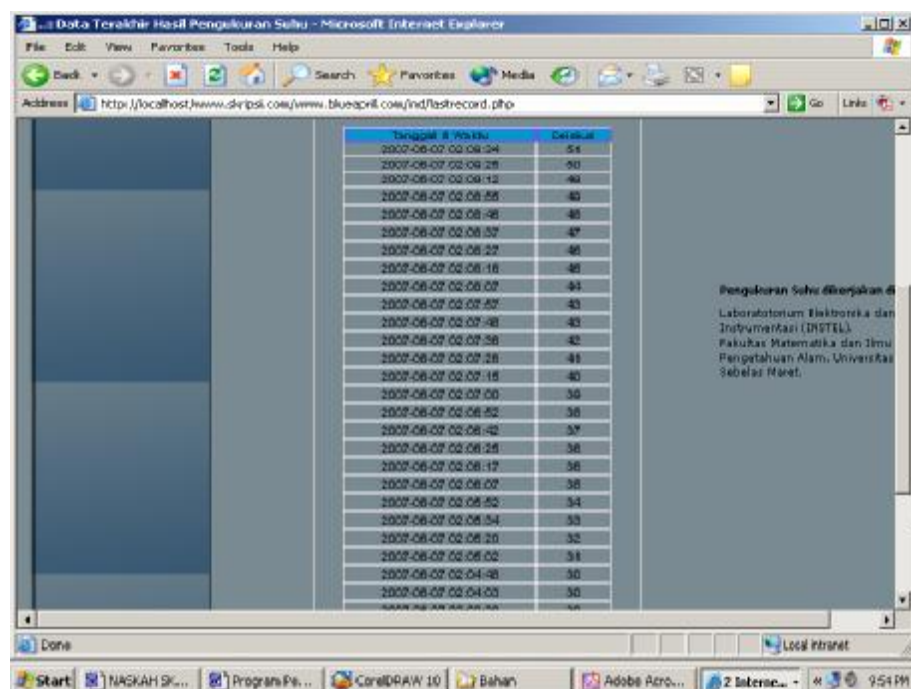
4. Halaman *Query*

Halaman ini akan muncul jika pengguna memilih menu *view measurement*. Pengguna diminta memilih tanggal pengukuran untuk melihat informasi pengukuran suhu yang ada pada *database*. Desain halaman *query* dapat dilihat pada gambar 4.18.

Gambar 4.18. Desain halaman *query*

5. Halaman Hasil *Query*

Halaman ini akan muncul jika pengguna meng*query* informasi pengukuran suhu yang ada pada *database*. Halaman ini menampilkan hasil hasil *query* dalam bentuk data tabular. Data yang ditampilkan adalah data yang merupakan hasil dari *query* berdasarkan tanggal pengukuran. Desain halaman hasil *query* dapat dilihat pada gambar 4.19.



Tanggal & Waktu	Celsius
2007-06-07 02:08:04	54
2007-06-07 02:08:28	50
2007-06-07 02:08:12	49
2007-06-07 02:08:55	40
2007-06-07 02:08:46	40
2007-06-07 02:08:37	47
2007-06-07 02:08:27	46
2007-06-07 02:08:18	46
2007-06-07 02:08:07	41
2007-06-07 02:07:57	43
2007-06-07 02:07:48	43
2007-06-07 02:07:38	42
2007-06-07 02:07:28	41
2007-06-07 02:07:18	40
2007-06-07 02:07:08	38
2007-06-07 02:06:52	38
2007-06-07 02:06:42	37
2007-06-07 02:06:28	38
2007-06-07 02:06:17	38
2007-06-07 02:06:07	38
2007-06-07 02:05:52	34
2007-06-07 02:05:34	33
2007-06-07 02:05:20	32
2007-06-07 02:05:02	31
2007-06-07 02:04:48	30
2007-06-07 02:04:03	30

Pengukuran Suhu dilakukan di
Laboratorium Elektronika dan
Instrumentasi (IRETEL),
Fakultas Matematika dan Ilmu
Pengetahuan Alam, Universitas
Sebelas Maret.

Gambar 4.19. Desain halaman hasil *query*

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

V.1 Kesimpulan

Pada penelitian ini telah dihasilkan aplikasi pembangunan *web* untuk pengukuran suhu berbasis Internet. Aplikasi *web* tersebut menampilkan data hasil pengukuran suhu yang tersimpan dalam *database*.

Alat akuisisi data ini sudah diuji di Laboratorium Instrumentasi dan Elektronika Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sebelas Maret Surakarta. Pada pengujian tersebut diperoleh kesalahan sebesar $1,13^{\circ}\text{C}$. Kesalahan tersebut dikarenakan kesalahan pada pembacaan suhu pada termometer ketika melakukan pengujian linearitas sensor dan pengujian akuisisi data. Kesalahan juga disebabkan faktor koreksi pembulatan pada program akuisisi data yang dibuat dalam penelitian ini.

Perangkat lunak *MySQL Server*, *Apache* dan *PHP* memiliki kinerja yang baik dalam mengolah dan menampilkan data sehingga layak dikembangkan untuk aplikasi pemantauan suhu dengan biaya pengeluaran yang lebih rendah. Untuk dapat menjalankan aplikasi, pengguna hanya membutuhkan *web browser* dan Internet.

Alat akuisisi data tersebut diletakkan di Laboratorium Instrumentasi dan Elektronika Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sebelas Maret Surakarta. Data hasil pengukuran tersebut disimpan di dalam *database* yang berada di *server mipa.uns.ac.id*. Halaman *web* dan *file-file* yang digunakan dalam aplikasi *web* diletakkan di *server mipa.uns.ac.id*. Halaman

web yang sudah dibuat dalam penelitian ini dapat diakses lewat internet melalui alamat <http://mipa.uns.ac.id/~yani/skripsi>.

V.2 Saran

Untuk pengembangan lebih lanjut dari hasil penelitian ini, maka dapat disarankan hal-hal sebagai berikut :

1. Pengembangan aplikasi pemantauan suhu dengan *database* yang berbasis internet perlu dikembangkan lagi di Indonesia khususnya dengan menggunakan pendekatan perangkat lunak *opensource* sehingga dapat mereduksi biaya pengeluaran.
2. Pengembangan antarmuka yang lain melalui jalur yang lain pada komputer pribadi, misalnya melalui *serial port* atau *USB port*.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, 2002, *Interfacing the Enhanced Parallel Port*. Data Sheet, Craig Peacock. Website: <http://www.beyondlogic.org>
- Depari, G.. 1992, *Teori Rangkaian Elektronika* : Elektronika Komunikasi. Penerbit Sinar Baru, Bandung
- Giancoli, D.C., 1997, *Fisika* (Terjemahan), Edisi Keempat, Penerbit Erlangga, Jakarta.
<http://id.wikipedia.org/wiki/PHP>
- Ibrahim KF., 1991, *Teknik Digital*, PT. Andy Offset, Yogyakarta.
- Link, W., 1995, *Pengukuran, Pengendalian dan Pengaturan dengan PC*, PT. Elex Media Komputindo, Jakarta.
- Loresius, W., 2004, *Pembangunan Aplikasi Web Untuk Pemantauan Pergerakan Kendaraan Pada Sistem Penjejak Berbasis GPS*, Program Studi Teknik Geodesi, Fakultas Teknik Sipil dan Perancangan, ITB, Bandung.
- Martina, I., 2001, *36 Jam Belajar Delphi 5*, PT. Elex Media Komputindo, Jakarta.
- Maulana, N, 2005, *Pembuatan Alat Akuisisi Data Panel Surya Melalui Antarmuka Port Paralel Pada Komputer Pribadi*, Skripsi, Program Studi Fisika, FMIPA ,UNS, Surakarta.
- Mikrodata, 2001, *Computer and Programming*, Edisi Maret, Vol 3 Seri 6, Penerbit Elex Media Komputindo, Jakarta.
- Pranata, A., 2000, *Pemrograman Borland Delphi versi 3 dan 4*, PT. Andy Offset, Yogyakarta
- Rifai, M., 2003, *Pengendalian Temperatur Melalui Port Paralel Komputer Pribadi*, Skripsi, Program Studi Fisika, FMIPA ,UNS, Surakarta.
- Rizkiawan, R., 1997, *Tutorial Perancangan Hardware 1 dan 2*, PT. Elex Media Komputindo, Jakarta.
- Sasmito, P., 2000, *Pengendalian Temperatur Dengan Pulse Width Modulation (PWM melalui Local Area Network (LAN)*, Skripsi, Program Studi Fisika, FMIPA ,UNS, Surakarta.

- Sears, F.W., Zemansky, M.W., 1994, *Fisika Untuk Universitas I*, Mekanika Panas dan Bunyi (Terjemahan), Edisi kedelapan, Penerbit Binacipta, Bandung.
- Sembiring, J., 2001, *Jaringan Komputer Berbasis Linux*, PT. Elex Media Komputindo, Jakarta.
- Sugiharto, A., 1999, *Penerapan Dasar Transduser Dan Sensor*, Penerbit Kanisius, Yogyakarta.