



UNIVERSITAS INDONESIA

**SISTEM OTOMATISASI PENGUKURAN IMPEDANSI BAHAN
MENGUNAKAN ALAT UKUR IMPEDANSI METER FLUKE PM6306**

SKRIPSI

**NOVIAN DWI CAHYADI
0606039972**

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
PROGRAM STUDI FISIKA
KEKHUSUSAN INSTRUMENTASI ELEKTRONIKA
DEPOK
MEI 2009**



UNIVERSITAS INDONESIA

**SISTEM OTOMATISASI PENGUKURAN IMPEDANSI BAHAN
MENGUNAKAN ALAT UKUR IMPEDANSI METER FLUKE PM6306**

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana

**NOVIAN DWI CAHYADI
0606039972**

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
PROGRAM STUDI FISIKA
KEKHUSUSAN INSTRUMENTASI ELEKTRONIKA
DEPOK
MEI 2009**

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri, dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk telah saya nyatakan benar.

Nama : Novian Dwi Cahyadi
NPM : 0606039972
Tanda Tangan : 
Tanggal : 6 Mei 2009

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :
Nama : Novian Dwi Cahyadi
NPM : 0606039972
Program Studi : S1 Ekstensi Fisika
Judul Skripsi : Sistem Otomatisasi Pengukuran Impedansi Bahan
Menggunakan Alat Ukur Impedansi Meter Fluke
PM6306

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Si pada Program Studi Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Indonesia

DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Drs. Arief Sudarmaji, M.T. (.....)

Pembimbing : Dr. techn. Djoko Triyono (.....)

Penguji : Dr. Prawito (.....)

Penguji : Lingga Hermanto, M.Si (.....)

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : 24 Juni 2009

KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan kepada Allah SWT, karena atas berkat dan ridho-Nya saya dapat menyelesaikan skripsi ini. Penulisan skripsi ini bertujuan untuk memenuhi salah satu syarat dalam menyelesaikan Program Sarjana Fisika Jurusan Instrumentasi Elektronika, pada Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Indonesia.

Dengan terselesaikannya penelitian dan laporan skripsi ini, penulis mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah membantu selama proses pelaksanaan dan penyelesaiannya. Untuk itu pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan terima kasih dan rasa hormat kepada :

- 1) Allah SWT atas segala kuasa-Nya di langit dan bumi.
- 2) Bpk. Drs. Arief Sudarmaji, M.T., selaku dosen pembimbing 1, atas semua waktu, motivasi dan solusi alternatif terbaik yang sangat membantu selama pembuatan dan penyelesaian penelitian ini.
- 3) Dr. techn. Djoko Triyono selaku dosen pembimbing 2, yang telah memberikan waktu luangnya selama proses penyelesaian alat, juga bimbingan, koreksi dan diskusi yang bermanfaat selama penyelesaian penelitian ini.
- 4) Seluruh Dosen Fisika FMIPA yang telah memberikan ilmunya serta seluruh staf dan karyawan yang telah membantu kepada penulis.
- 5) Bapak dan Ibu tercinta, dengan segala keikhlasan, kesabaran, semangat juga doa yang tak henti-hentinya selalu dipanjatkan dalam setiap kata dan doa. Ya Allah SWT yang Maha Mulia, berikanlah ridho-Mu disetiap sudut jalan hidup mereka juga untuk adik-adiku yang membantu dan mendukung selalu.
- 6) Seluruh teman-teman seperjuangan selama kuliah dan yang selalu memberikan dan menguatkan semangat dalam menyelesaikan penelitian ini.
- 7) Seluruh rekan-rekan Fisika Ekstensi angkatan 2006.
- 8) Seluruh rekan-rekan Instrumentasi angkatan 2003.
- 9) Semua pihak yang secara tidak langsung ikut terlibat dalam pembuatan tugas akhir ini yang tidak saya sebutkan satu persatu, semoga amal baik yang telah dilakukan dibalas di kemudian hari.

Penulis menyadari masih banyak kekurangan, kesalahan dan jauh dari kata sempurna dalam pembuatan dan penyusunan skripsi ini. Besar harapan penulis kepada semua pihak untuk dapat memberikan saran dan kritik yang bersifat membangun sebagai dasar kuat agar selanjutnya dapat membuat skripsi yang lebih baik. Terima kasih, semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi kita semua.

Depok, 6 Mei 2009

Penulis



HALAMAN PERNYATAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR
UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIK

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Novian Dwi Cahyadi
NPM : 0606039972
Program Studi : Instrumentasi Elektronika
Departemen : Fisika
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Jenis karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*) atas karya ilmiah yang berjudul :

SISTEM OTOMATISASI PENGUKURAN IMPEDANSI BAHAN

MENGGUNAKAN ALAT UKUR IMPEDANSI METER FLUKE PM6306

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok

Pada tanggal : 6 Mei 2009

Yang menyatakan

(Novian Dwi Cahyadi)

ABSTRAK

Nama : Novian Dwi Cahyadi
Program Studi : S1 Ekstensi Fisika
Judul : Sistem Otomatisasi Pengukuran Impedansi Bahan Menggunakan Alat Ukur Impedansi Meter Fluke PM6306

Telah dibuat sistem otomatisasi pengukuran impedansi bahan dengan menggunakan RLC meter Fluke PM6306 pada kondisi lingkungan temperatur tinggi. Interface dengan komputer dan perangkat lainnya dengan menggunakan standar komunikasi serial RS-232 melalui mikrokontroler AVR ATmega 32 yang diprogram dengan menggunakan perangkat lunak BASCOM AVR. LabVIEW 8.5 digunakan untuk pengendalian pengukuran dari fungsi frekuensi dan temperatur. Untuk keadaan ini, telah dibuat dua titik *probe* sederhana yang digunakan sebagai penahan dan konektor ke RLC meter.

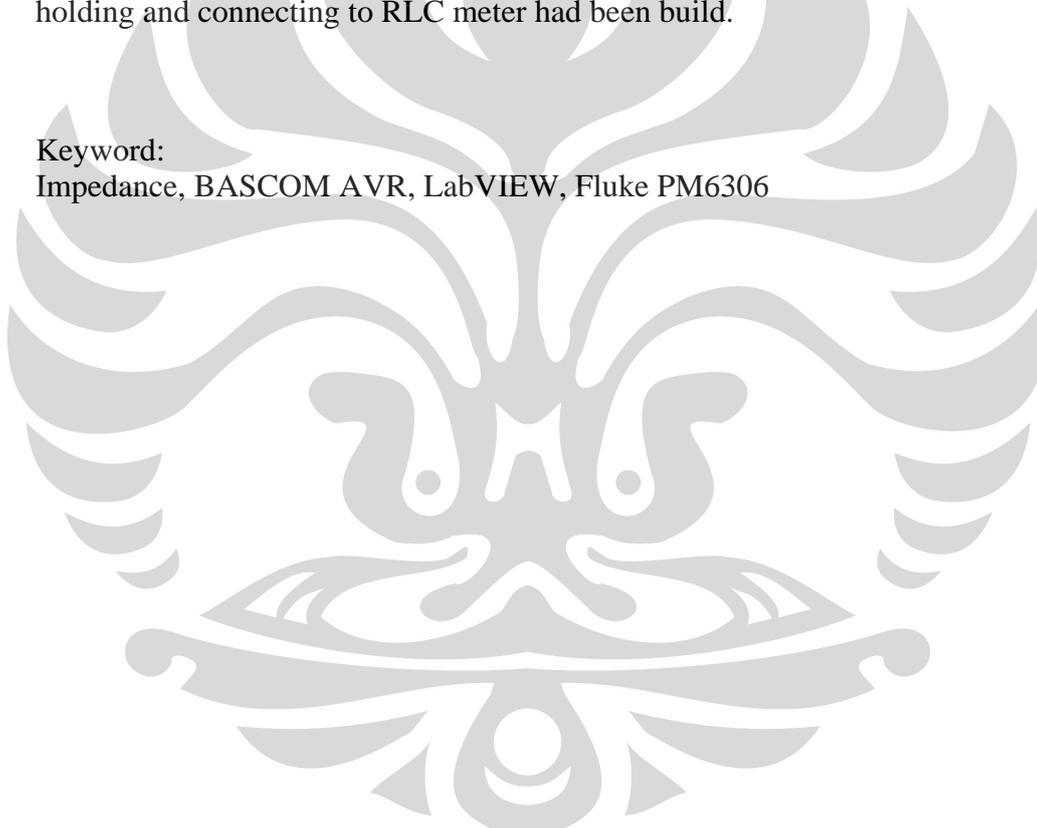
Kata kunci :
Impedansi, BASCOM AVR, LabVIEW, Fluke PM6306

ABSTRACT

Name : Novian Dwi Cahyadi
Study Program: Extension Bachelor Degree of Physics
Title : Automation System Of Material Impedance Measurement
using Fluke PM6306 Impedance Meter Measurer.

Automation system of Fluke PM6306 RLC meter for measuring impedance spectroscopy under high temperature environment had been made. Interfacing with PC and other device use the standart serial communication RS-232 via AVR ATmega32 microcontroller programmed by BASCOM AVR software. LabVIEW 8.5 was used to controll impedance measurement as a function of frequency and temperature. For this purpose, a simple (special) two point probe for sample holding and connecting to RLC meter had been build.

Keyword:
Impedance, BASCOM AVR, LabVIEW, Fluke PM6306



DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
LEMBAR PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH.....	vi
ABSTRAK	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL.....	xii
1. PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan Penelitian.....	1
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Deskripsi Singkat	2
1.5 Metode Penelitian.....	3
1.6 Sistematika Penulisan.....	3
2. TEORI DASAR	5
2.1 <i>Microcontroller</i> AVR ATmega32.....	5
2.2.1 Fitur ATmega32	5
2.2.2 Konfigurasi Pin ATmega32	6
2.2 Komunikasi Serial	9
2.3 Komunikasi <i>Asynchronous</i>	9
2.3.1 Start bit dan Stop bit.....	9
2.3.2 Parity Bit	10
2.3.3 Kecepatan Pemindahan Data (<i>Baud Rate</i>)	10
2.3.4 Standar Serial RS-232	10
2.4 Komunikasi Data Serial.....	11
2.4.1 Via RS-232.....	13
2.5 LabVIEW	13
2.6 Impedansi	14
2.6.1 Reaktansi	15
2.6.2 Nyquist Plot.....	21
3. PERANCANGAN DAN CARA KERJA ALAT	23
3.1 Rangkaian Sistem Minimum Mikrokontroler Atmega32.....	23
3.2 RLC Meter Fluke PM6306.....	24
3.2.1 RS-232 <i>Interface</i>	25
3.2.2 Perintah Pada Kontrol Remote	27
3.3 Perancangan <i>Software</i>	28
3.3.1 Pemrograman mikrokontroler	28
3.3.1.1 Mode Manual	30
3.3.1.2 Mode Auto	33

3.3.2 Perancangan <i>Software</i> LabVIEW.....	35
3.4 Perancangan Mekanik	37
4. PENGUJIAN SISTEM DAN ANALISA DATA	38
4.1 Pengujian Sistem Komunikasi	38
4.1.1 Pengujian Mode Manual DC.....	38
4.1.2 Pengujian Mode Manual AC.....	40
4.1.3 Pengujian Mode Auto DC	41
4.1.4 Pengujian Mode Auto AC	41
4.2 Analisa Percobaan	48
5. KESIMPULAN DAN SARAN	50
5.1 Kesimpulan.....	50
5.2 Saran.....	50
DAFTAR REFERENSI.....	51



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1.	Diagram sistem pengukuran	2
Gambar 2.1.	Konfigurasi pin IC Atmega16	6
Gambar 2.2.	Urutan Letak Pin Female RS232 DB-9	12
Gambar 2.3.	Urutan Letak Pin Male RS232 DB9	12
Gambar 2.4.	Diagram <i>Null Modem Wiring</i>	12
Gambar 2.5.	Arus tertinggal 90° dari voltase. Fungsinya $V(t) = V_{\max} (\sin \omega t)$ dan $I(t) = I_{\max} (\sin \omega t - \pi/2)$	16
Gambar 2.6.	Konsep dasar kapasitor	17
Gambar 2.7.	Arus mendahului voltase 90°	18
Gambar 2.8.	Tampilan impedansi meter saat pengukuran	19
Gambar 2.9.	Diagram Fase	19
Gambar 2.10.	Persamaan Rangkaian	20
Gambar 2.11.	Nyquist Plot	21
Gambar 3.1.	<i>Minimum system impedance meter interface</i>	23
Gambar 3.2.	RCL meter fluke PM6306	24
Gambar 3.3.	Diagram konfigurasi RS-232 menggunakan 7 kabel	26
Gambar 3.4.	Diagram konfigurasi RS-232 menggunakan 3 kabel	26
Gambar 3.5.	Format pengiriman perintah gabungan	27
Gambar 3.6.	<i>Flowchart</i> pemrograman mikrokontroler keseluruhan	29
Gambar 3.7.	<i>Flowchart</i> mode manual dc	31
Gambar 3.8.	<i>Flowchart</i> mode manual ac	32
Gambar 3.9.	<i>Flowchart</i> mode auto dc	33
Gambar 3.10.	<i>Flowchart</i> mode auto ac	34
Gambar 3.11.	<i>Flowchart</i> pemrograman LabVIEW	36
Gambar 3.12.	Disain probe	37
Gambar 4.1.	Grafik resistansi terhadap temperatur mode manual dc	39
Gambar 4.2.	Grafik resistansi terhadap temperatur mode manual ac	40
Gambar 4.3.	Grafik impedansi terhadap frekuensi pada temperatur 75°C	42
Gambar 4.4.	Grafik beda fase terhadap frekuensi pada temperatur 75°C	43
Gambar 4.5.	Grafik impedansi terhadap frekuensi pada temperatur 175°C	44
Gambar 4.6.	Grafik beda fase terhadap frekuensi pada temperatur 175°C	44
Gambar 4.7.	Grafik impedansi terhadap frekuensi pada temperatur 30°C	45
Gambar 4.8.	Grafik beda fase terhadap frekuensi pada temperatur 30°C	46
Gambar 4.9.	Grafik Z imajiner terhadap Z real pada temperatur 75°C	46
Gambar 4.10.	Grafik Z imajiner terhadap Z real pada temperatur 175°C	47
Gambar 4.11.	Grafik Z imajiner terhadap Z real pada temperatur 30°C	47

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Konfigurasi port pin A	7
Tabel 2.2. Konfigurasi port pin B	7
Tabel 2.3. Konfigurasi port pin C	7
Tabel 2.4. Konfigurasi port pin D	8
Tabel 2.5. Daftar fungsi pin DB-9	11
Tabel 3.1. Tabel kebenaran IC CMOS 4052	24
Tabel 4.1. Data percobaan mode auto ac	41



BAB 1

PENDAHULUAN

Pada bab ini dijelaskan mengenai latar belakang masalah mengapa alat ini dibuat, tujuan dari penelitian, batasan masalah dari alat yang akan di buat oleh penulis, deskripsi singkat mengenai alat yang akan dibuat, metodologi penelitian, dan sistematika penulisan laporan.

1.1 Latar Belakang

Dengan jalannya perkembangan teknologi yang semakin pesat terutama dibidang pengukuran, sistem pengukuran menjadi salah satu faktor yang terus dikembangkan. Pengukuran sifat fisis material seperti sifat listrik, mekanik dan lain-lain sangat penting dalam mengetahui karakterisasi material tersebut. Sifat-sifat fisis dari material sangat bergantung pada temperatur, namun pada perubahan temperatur tinggi dapat menyebabkan terjadinya oksidasi yang dapat mempengaruhi sifat dari sampel bahan yang akan diuji. Sehingga harus dilakukan tanpa oksigen atau diisi dengan gas mulia.

Untuk mendapatkan hasil yang baik dari pengujian sampel bahan terhadap fungsi temperatur maka perlu dibuat sebuah sistem kontrol temperatur terkendali di dalam sebuah ruang vakum guna tidak terjadinya oksidasi pada sampel bahan.

Sistem pengukuran saat ini masih banyak dilakukan secara manual yaitu dengan sistem mekanik. Sedangkan kendala yang terjadi pada sistem mekanik tersebut dapat memperpendek masa pakai yang dikarenakan adanya kerusakan pada alat ukur.

Dengan adanya contoh permasalahan seperti di atas, maka penulis akan mencoba melakukan penelitian lebih lanjut dengan menggunakan tabung vakum bebas oksigen. Dengan membuat rancang bangun temperatur terkendali untuk alat ukur uji impedansi bahan variable temperatur. Serta merubah sistem pengukuran mekanik menjadi terkomputerisasi. Sehingga dapat meminimalisasi terjadinya kerusakan alat ukur dalam melakukan pengukuran.

1.2 Tujuan Penelitian

Dalam penulisan tugas akhir ini penulis memiliki beberapa tujuan. Adapun tujuan tersebut antara lain adalah :

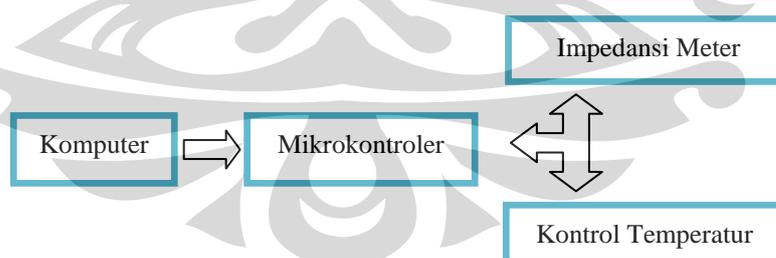
- 1) Melakukan penelitian dalam membuat suatu sistem pengukuran temperatur yang terkendali dengan membuat sistem otomatisasi pengukuran impedansi bahan menggunakan alat ukur impedansi meter FLUKE PM6306.
- 2) Memfasilitasi penelitian pengukuran material untuk dapat melakukan riset impedansi bahan.

1.3 Batasan Masalah

Dalam pembuatan tugas akhir ini penulis membatasi permasalahan pada pembuatan bagian sistem otomatisasi pengukuran impedansi bahan menggunakan alat ukur impedansi meter FLUKE PM6306.

1.4 Deskripsi Singkat

Ruang vakum yang ada di lengkapi dengan sebuah heater dan termokopel. Pada rancang bangun ruang vakum temperatur terkendali ini kita mengendalikan panas yang mana panas tersebut diperoleh dari pemanasan heater. Kalor yang dikeluarkan dari heater akan dibaca oleh sensor temperatur. Termokopel menghasilkan tegangan output sebanding dengan suhu pada sambungan termokopel tersebut. Ruang vakum akan di vakum kan agar terbebas dengan oksigen dengan menggunakan pompa vakum. Set point yang dimasukan oleh peneliti akan diproses oleh pengendali temperatur, kemudian temperatur set point akan di tunjukan pada PC.



Gambar 1.1. Diagram sistem pengukuran

Dari secara keseluruhan blok diagram diatas dibagi menjadi dua bagian. Yang pertama terdiri dari bagian ruang vakum, pompa vakum, dan pengendali temperatur. Dalam penelitian ini akan dibuat ruang vakum temperatur terkendali. Dan bagian kedua terdiri dari sistem otomatisasi pengukuran impedansi bahan

menggunakan alat ukur impedansi meter FLUKE PM6306. Maka dalam penelitian ini akan dibuat untuk sistem otomatisasi pengukuran impedansi bahan.

1.5 Metode Penelitian

Metode penelitian yang akan dilakukan terdiri dari beberapa tahap antara lain:

1) Studi literatur

Metode ini digunakan untuk memperoleh informasi tentang teori-teori dasar sebagai sumber penulisan skripsi. Informasi dan pustaka yang berkaitan dengan masalah ini diperoleh dari literatur, penjelasan yang diberikan dosen pembimbing, rekan-rekan mahasiswa, internet, *data sheet*, dan buku-buku yang berhubungan dengan tugas akhir penulis.

2) Perancangan dan pembuatan alat

Perancangan alat merupakan tahap awal penulis untuk mencoba memahami, menerapkan, dan menggabungkan semua literatur yang diperoleh maupun yang telah dipelajari untuk melengkapi sistem serupa yang pernah dikembangkan, dan selanjutnya penulis dapat merealisasikan sistem sesuai dengan tujuan.

3) Pengujian sistem

Uji sistem ini berkaitan dengan pengujian sistem serta pengambilan data dari alat yang telah dibuat. Pengujian tersebut meliputi pengambilan data, pengujian *hardware*, *software* serta sistem komunikasi yang membangun sistem ini.

4) Penulisan hasil penelitian

Hasil dari pengujian dan pengumpulan data kemudian dianalisa. Dari sini kita dapat menarik kesimpulan dari penelitian yang telah kita lakukan. Beberapa saran juga dapat kita ajukan sebagai bahan perbaikan untuk penelitian lebih lanjut.

1.6 Sistematika Penulisan

Skripsi ini terdiri dari beberapa bab dan sub bab. Agar lebih mempermudah pemahaman dan pembacaan skripsi ini, maka skripsi ini disusun menjadi seperti di bawah ini :

BAB 1 Pendahuluan

Berisi latar belakang, tujuan, pembatasan masalah, metode penelitian dan sistematika penulisan skripsi ini.

BAB 2 Teori Dasar

Landasan-landasan teori yang digunakan dalam perancangan sistem, pengujian dan pembahasan sistem secara keseluruhan baik *hardware* maupun *software*, ditulis dalam bab ini.

BAB 3 Perancangan Dan Cara Kerja Alat

Merupakan penjelasan pembuatan rancangan sistem alat baik *hardware* atau *software*. Rangkaian beban dan juga rangkaian yang terkait, rangkaian komunikasi serial, juga dijelaskan dalam bab ini.

BAB 4 Pengujian Sistem dan Analisa Data

Sistem yang telah dirancang kemudian diuji dengan parameter-parameter yang terkait dengan sistem penghitungan daya. Pengujian ini meliputi pengujian *software* dan *hardware* dilakukan secara simultan. Disamping pengujian, proses pengambilan data kerja sistem ini juga dituliskan dalam bab ini untuk memastikan kemampuan sistem secara keseluruhan. Dari hasil ini dapat dilakukan analisa terhadap kerja sistem, sehingga dapat diketahui apa yang menjadi penyebab dari kendala atau kegagalan bila selama kegiatan penelitian ditemui hal-hal tersebut.

BAB 5 Kesimpulan Dan Saran

Memuat tentang kesimpulan yang diperoleh setelah pengujian, pengambilan data dan analisa dilakukan selama penelitian berlangsung. Pada bab ini juga dapat dituliskan saran untuk penelitian lebih lanjut dari baik dari segi teknis maupun non teknis.

BAB 2

TEORI DASAR

Pada bab ini akan dibahas beberapa materi sebagai dasar teori dalam perancangan alat yang dibuat oleh penulis, diantaranya yaitu spesifikasi pengendali mikro yang digunakan beserta prinsip dasar dari fasilitas-fasilitas pendukung yang terdapat didalamnya.

2.1 *Microcontroller AVR ATmega32*

ATmega32 adalah mikrokontroler CMOS 8-bit berdaya rendah yang memiliki kemampuan untuk diprogram dan dapat digunakan dalam sistem pengontrolan. Setiap instruksi dengan menggunakan mikrokontroler ATmega32 ini dapat dieksekusi dalam satu siklus *clock Oscilator* dan untuk keluarannya bisa mencapai hampir sekitar 1 MIPS (*Million Instruction Per Second*) per MHz, sehingga konsumsi daya bisa optimal dan kecepatan proses eksekusi menjadi maksimal.

2.1.1 Fitur ATmega32

Mikrokontroler ATmega32 memiliki fitur-fitur utama, antara lain sebagai berikut[4]:

- 1) 32 kByte untuk *System Programmable Flash* pada *Read-While-Write* (ROM).
- 2) Memori data EEPROM 1024 byte.
- 3) Memori data SRAM 2 Kbyte.
- 4) 32 jalur Input-Output.
- 5) 32 Register umum.
- 6) 1 *Flexibel Timer / counter* dengan *Compare-Modes*.
- 7) Internal dan eksternal *Interrupt*.
- 8) Pemrograman serial dengan USART.
- 9) Interface serial *Two wire* sebesar 1 Byte.
- 10) 8 *Single Ended Channels*, 10 bit untuk ADC, 4 kanal PWM.
- 11) Watchdog timer yang dapat diprogram dengan Internal Oscillator.
- 12) Serial port SPI.

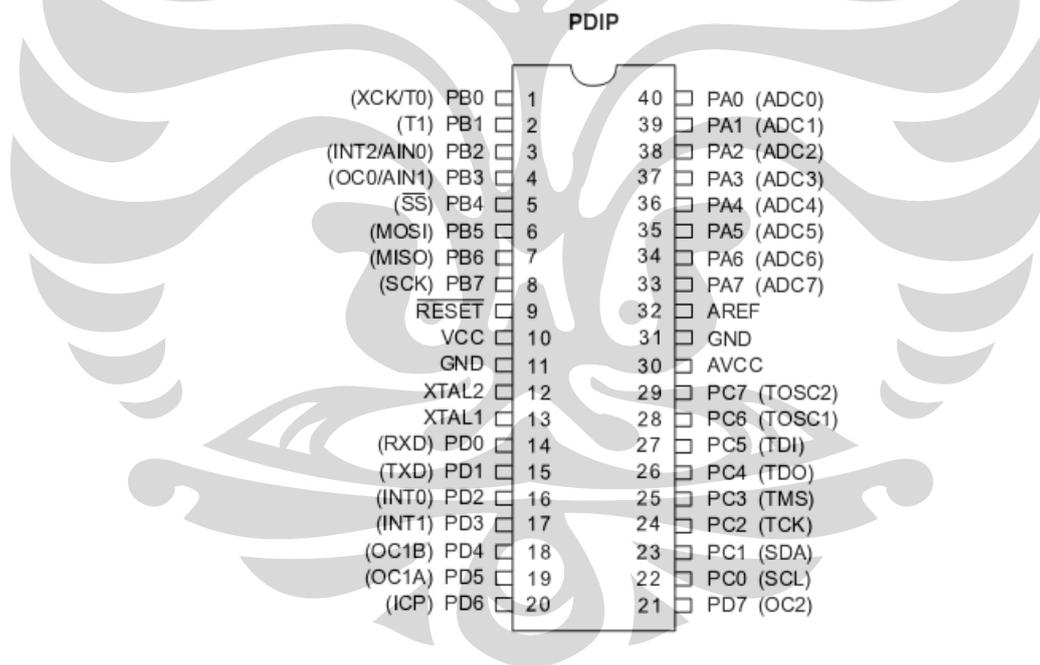
13) 6 pilihan software dengan *Power Save Mode* yaitu *Idle*, *ADC Noise Reduction*, *Power Save*, *Power Down*, *Standby* dan *Extended Standby*.

14) Memiliki kecepatan 0 - 8 MHz, dan beroperasi pada tegangan 2.7 – 5.5 V.

Atmega16 dibuat menggunakan teknologi *high density nonvolatile memory* dari ATMEL. Dengan adanya *On-chip ISP Flash* memori dapat diprogram ulang melalui serial *Interface SPI*, pemrogram memori *nonvolatile* konvensional, atau melalui sebuah *On-chip boot program* [6] yang terdapat dalam inti AVR.

2.1.2 Konfigurasi Pin ATmega32

Microcontroller ATmega32 yang diproduksi oleh ATMEL, memiliki beberapa fasilitas yang mendukung dalam perancangan sistem. Berikut gambar konfigurasi pin IC ATmega32



Gambar 2.1. Konfigurasi pin IC ATmega32 [6]

“Telah diolah kembali”

Berikut akan dijelaskan fungsi dari masing-masing port pada IC AVR ini yaitu:

- 1) *PORT A* (A0-A7) : Port A selain sebagai *port I/O 8-bit bi-directional*, juga melayani *input analog* sebagai *A/D converter*.

Tabel 2.1. Konfigurasi port pin A[5].

Port Pin	Alternate Function
PA7	ADC7 (ADC input channel 7)
PA6	ADC6 (ADC input channel 6)
PA5	ADC5 (ADC input channel 5)
PA4	ADC4 (ADC input channel 4)
PA3	ADC3 (ADC input channel 3)
PA2	ADC2 (ADC input channel 2)
PA1	ADC1 (ADC input channel 1)
PA0	ADC0 (ADC input channel 0)

- 2) *PORT B (B0-B7)* : Port B selain sebagai *port I/O 8-bit bi-directional*, dua arah dan pin fungsi khusus, yaitu *Timer/Counter*, komparator analog dan SPI.

Tabel 2.2. Konfigurasi port pin B[5].

Port Pin	Alternate Functions
PB7	SCK (SPI Bus Serial Clock)
PB6	MISO (SPI Bus Master Input/Slave Output)
PB5	MOSI (SPI Bus Master Output/Slave Input)
PB4	\overline{SS} (SPI Slave Select Input)
PB3	AIN1 (Analog Comparator Negative Input) OC0 (Timer/Counter0 Output Compare Match Output)
PB2	AIN0 (Analog Comparator Positive Input) INT2 (External Interrupt 2 Input)
PB1	T1 (Timer/Counter1 External Counter Input)
PB0	T0 (Timer/Counter0 External Counter Input) XCK (USART External Clock Input/Output)

- 3) *PORT C (C0-C7)* : Port C selain sebagai *port I/O 8-bit bi-directional*, juga melayani TWI, komparator analog, dan Timer Osilator.

Tabel 2.3. Konfigurasi port pin C[5].

Port Pin	Alternate Function
PC7	TOSC2 (Timer Oscillator Pin 2)
PC6	TOSC1 (Timer Oscillator Pin 1)
PC5	TDI (JTAG Test Data In)
PC4	TDO (JTAG Test Data Out)

Tabel 2.3. “sambungan”

PC3	TMS (JTAG Test Mode Select)
PC2	TCK (JTAG Test Clock)
PC1	SDA (Two-wire Serial Bus Data Input/Output Line)
PC0	SCL (Two-wire Serial Bus Clock Line)

- 4) *PORT D (D0-D7)* : Port D selain sebagai *port I/O 8-bit bi-directional*, juga melayani komparator analog, interupsi eksternal, dan komunikasi serial.

Tabel 2.4. Konfigurasi port pin D[5].

Port Pin	Alternate Function
PD7	OC2 (Timer/Counter2 Output Compare Match Output)
PD6	ICP (Timer/Counter1 Input Capture Pin)
PD5	OC1A (Timer/Counter1 Output Compare A Match Output)
PD4	OC1B (Timer/Counter1 Output Compare B Match Output)
PD3	INT1 (External Interrupt 1 Input)
PD2	INT0 (External Interrupt 0 Input)
PD1	TXD (USART Output Pin)
PD0	RXD (USART Input Pin)

- 5) VCC adalah jalur *Power Supply*.
- 6) GND adalah jalur *Ground*.
- 7) RESET adalah jalur pengaturan ulang (*Reset Input*), yaitu dengan menghubungkannya langsung ke jalur *Ground*.
- 8) AVCC adalah tegangan supply untuk input port analog yang terdapat pada port A dan *AID converter*. Ketika ADC tidak digunakan, AVCC terhubung dengan VCC, dan pada saat ADC dipakai AVCC terhubung ke VCC yang melalui *Low Pass Filter*.
- 9) AREF adalah referensi analog untuk *AID converter*.
- 10) XTAL 1 adalah jalur *input* untuk *inverting oscillator amplifier* dan input untuk *clock* internal.
- 11) XTAL 2 adalah jalur *output inverting oscillator amplifier*.

2.2 Komunikasi Serial

Komunikasi serial merupakan salah satu cara untuk mengkomunikasikan data dari suatu peralatan ke peralatan lain dengan cara pengiriman data serial bit-perbit. Misalnya mengkomunikasikan antara HP dengan mikrokontroler, HP dengan PC, mikrokontroler dengan PC, dll. Pada PC, komunikasi serial RS-232 dapat dilakukan melalui port serial (COM port).

Komunikasi serial terdiri dari dua jenis, yang pertama adalah komunikasi *synchronous* dan yang kedua adalah *asynchronous*[4]. Komunikasi serial *asynchronous* mempunyai ciri khas yang terletak pada adanya start bit dan stop bit. Berbeda dengan komunikasi *synchronous* yang menggunakan *clock oscillator* sebagai parameter pembeda data bit yang dikirim. Pada komunikasi serial *asynchronous*, sinyal data dikirim dengan menambahkan bit awal dan bit akhir pada data sebagai penanda, jadi antara data yang satu dengan yang lainnya mempunyai tanda pemisah sehingga alat tidak salah dalam menerjemahkan data.

Sistem yang dirancang oleh penulis menggunakan jenis komunikasi *asynchronous*, sehingga yang akan dijelaskan lebih lanjut adalah komunikasi *asynchronous*.

2.3. Komunikasi Asynchronous

Komunikasi serial *asynchronous*[4] merupakan suatu transmisi protokol *asynchronous* yang mengirim *start signal* pada tiap *byte*, karakter atau *word* dan *stop signal* setelah tiap-tiap *word* dikirim. *Start signal* berperan menerima dan registrasi simbol dan stop signal berperan membawa simbol berikutnya.

2.3.1 Start Bit dan Stop Bit

Komunikasi data serial *asynchronous* secara luas digunakan untuk transmisi berorientasi karakter dan pemindahan orientasi blok data menggunakan metoda *synchronous*. Dalam metode *asynchronous*, setiap karakter terletak antara *bit start* dan *bit stop*. Hal ini disebut *Framing*. Dalam *framing* data untuk komunikasi *asynchronous*, data, seperti karakter ASCII, dipaketkan berada antara sebuah bit *start* dan bit *stop*. Bit *start* selalu satu bit tetapi bit *stop* dapat satu atau dua bit. Bit *start* selalu 0 (*low*) dan bit *stop* adalah 1 (*high*).

2.3.2 Parity Bit

Dalam beberapa sistem untuk memelihara integritas data, *parity* bit karakter *byte* terdapat dalam *frame* data. Hal ini berarti untuk tiap-tiap karakter (7 atau 8 bit, bergantung pada sistem) kita memiliki bit *parity* tunggal dalam penambahan pada bit *start* dan bit *stop*. Bit *parity* adalah *odd* atau *even*. Dalam kasus ini banyaknya bit data sebuah bit *odd-parity*, termasuk bit *parity*, memiliki sebuah nilai ganjil dari banyaknya 1. Dengan cara yang sama, banyaknya bit keseluruhan dalam sebuah bit *even-parity*, termasuk bit *parity*, adalah genap. Sebagai contoh, karakter ASCII "A", dengan kode biner 01000001, memiliki 0 untuk bit *even-parity*. Chip UART memperbolehkan pemrograman bit *parity* untuk pilihan *odd*, *even*, dan tanpa *parity*. Jika sistem memerlukan *parity*, bit *parity* ditransmisikan setelah MSB, dan diikuti oleh bit *stop*.

2.3.3 Kecepatan Pemindahan Data (*Baud Rate*)

Kecepatan pemindahan data dalam komunikasi data serial ditetapkan dalam *bps* (*bits per second*). Hal yang lebih luas lainnya lagi digunakan terminologi untuk *bps* adalah *baud rate*. *Baud rate* adalah terminologi pada modem dan didefinisikan sebagai banyaknya perubahan sinyal tiap detik. Kecepatan pemindahan data yang diberikan sistem komputer bergantung pada port komunikasi yang tergabung dalam sistem.

2.3.4 Standar Serial RS-232

Untuk menyediakan kompatibilitas diantara peralatan komunikasi data yang dibuat oleh berbagai manufaktur, sebuah standar penghubung yang disebut RS-232 dibuat oleh EIA (*Electronic Industries Associates*) pada tahun 1960. Saat ini RS-232 digunakan secara luas sebagai standar penghubung I/O serial. Standar yang dibuat sebelum kedatangan keluarga logika TTL, level tegangan *input* dan *output* tidak cocok dengan TTL. Pada RS-232 sebuah logika 1 direpresentasikan oleh -3 hingga -25 volt, sementara itu bit 0 adalah +3 hingga +25 volt, sehingga membuat -3 hingga +3 volt tidak terdefinisi. Karena alasan ini, untuk menghubungkan RS-232 apapun pada sistem berbasis *microprocessor*, kita harus mengubah level logika TTL ke level tegangan RS-232. Fungsi untuk menterjemahkan dari TTL ke level tegangan RS-232 disebut *line drivers* dan

fungsi untuk mengkonversi dari RS-232 ke level tegangan TTL disebut *line receivers*.

2.4 Komunikasi Data Serial

Komunikasi data serial adalah pengiriman data secara serial (data dikirim satu persatu secara berurutan) sehingga komunikasi serial jauh lebih lambat daripada komunikasi yang paralel. Karena peralatan berkomunikasi menggunakan transmisi serial sedangkan data dikomputer diolah secara paralel, oleh karena itu harus dikonversikan dahulu ke bentuk paralel. Jika menggunakan perangkat keras hal ini bisa dilakukan oleh *Universal Asynchronous Receiver Transmitter (UART)*, yang membutuhkan perangkat lunak untuk menanganinya. Komunikasi data serial dapat dilakukan dengan mempresentasikan data dalam bentuk level "1" atau "0". Kelebihan komunikasi serial adalah jangkauan panjang kabel yang lebih jauh dibanding paralel karena serial port mengirimkan logika 1 dengan kisaran tegangan -3 volt hingga -25 volt dan logika nol sebagai +3 volt hingga +25 volt sehingga kehilangan daya karena panjang kabel bukan masalah utama. Selain itu juga komunikasi serial *port* bersifat asinkron sehingga sinyal detak tidak dikirim bersama data. Setiap *word* disinkronkan dengan *start* bit dan sebuah *clock internal* di kedua sisi menjaga bagian data saat pewaktuan (*timing*).

Konektor yang digunakan pada komunikasi serial dta dengan menggunakan serial port yang dapat berupa konektor DB-25 atau DB-9. Namun pada perangkat keras alat yang dibuat penulis menggunakan konektor DB-9. Berikut daftar konfigurasi pin pada konektor DB-9 seperti yang ditunjukkan pada tabel 2.5.

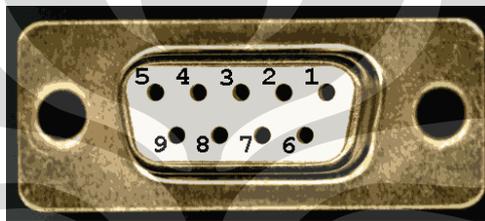
Tabel 2.5. Daftar fungsi pin DB-9

Konektor DB-9	Konektor DB-25	Kode Pin	Fungsi
1	8	DCD (Data Carrier Detect)	Jika modem mendeteksi carrier dari modem lain maka DCD aktif
2	3	RXD (Receive Data)	Serial data input
3	2	TXD (Transmit Data)	Serial data output
4	20	DTR (Data Terminal Ready)	Memberitahu bahwa UART siap

Tabel 2.5 “sambungan”

5	7	GND (Ground)	Signal Ground
6	6	DSR (Data Set Ready)	Memberitahu UART bahwa modem siap
7	4	RTS (Request to Send)	Menandakan UART siap bertukar data
8	5	CTS (Clear To Send)	Menandakan modem siap bertukar data
9	22	RI (Ring Indicator)	Aktif bila ada sinyal masuk

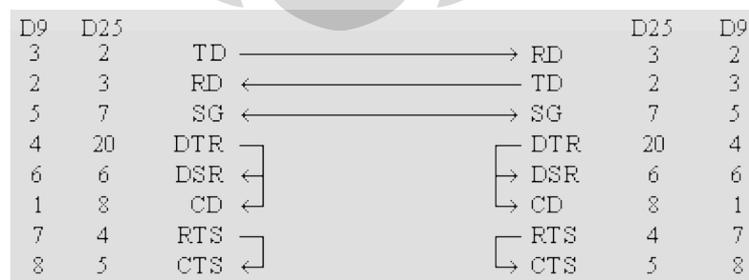
Null modem digunakan untuk menghubungkan dua buah data DTE, hal ini biasanya dilakukan untuk mentransfer *file* antar komputer.

Gambar 2.2. Urutan letak pin *female* RS-232 DB-9

“Telah diolah kembali”

Gambar 2.3. Urutan letak pin *male* RS-232 DB-9

“Telah diolah kembali”

Gambar 2.4. Diagram *Null Modem Wiring*

“Telah diolah kembali”

Komunikasi serial RS-232 merupakan komunikasi *asynchronous* sehingga sinyal *clock* tidak dikirim bersamaan dengan data. Setiap data disinkronisasikan dengan menggunakan *start bit* dan *clock* internal pada setiap bit. Port RS-232 pada komputer harus memenuhi standar RS-232. Agar level tegangan sesuai dengan tegangan TTL/CMOS diperlukan RS-232 level konverter. IC yang banyak digunakan untuk ini adalah MAX-232.

2.4.1 Via RS - 232

Jika peralatan yang digunakan menggunakan TTL, sinyal serial *port* harus dikonversikan dahulu ke pulsa TTL sebelum digunakan. Sebaliknya, sinyal dari peralatan harus dirubah ke logika RS-232 sebelum dimasukkan ke serial *port*. Konverter yang paling mudah digunakan adalah MAX-232. Di dalam IC ini terdapat *Charge Pump* yang akan membangkitkan +10 volt dari sumber dan +5 volt tunggal yang dikemas dalam IC DIO (*Dual In Line Package*) 26 pin (8 pin 2 baris) ini terdapat dua buah *transmitter* dan dua buah *receiver*.

2.5 LabVIEW

LabVIEW adalah bahasa pemrograman komputer grafik yang menggunakan icon-icon sebagai pengganti teks dalam membuat aplikasi. Berbeda dengan pemrograman berbasis teks dimana instruksi-instruksi menentukan eksekusi program, LabVIEW merupakan pemrograman aliran data dimana aliran data menentukan eksekusi dari program.

LabVIEW adalah sebuah perangkat lunak *graphical programming* (pemrograman berbasis grafik) yang memanfaatkan *graphical objects* untuk menggambarkan baris-baris kode dari program berbasis teks yang sudah umum. Pada program graphical ini eksekusi data tergantung pada aliran data. Sesuatu yang mungkin bisa dikerjakan sehari-hari menggunakan C++, Java atau program lain dapat diselesaikan dalam beberapa jam menggunakan program ini. Selain itu LabVIEW juga menyediakan *library* pendukung utama yang terdiri dari functions and subroutines untuk pemrograman yang lebih baik.

Pada LabVIEW dibangun *user interface* dengan menggunakan beberapa kelompok *tools* dan *object*. *User interface* dikenal sebagai *front panel*. Untuk mengontrol objek-objek yang ada pada *front panel* digunakan kode yang merupakan representasi garis dari fungsi-fungsi tertentu. Kode tersebut terdapat

pada *block diagram*. Block diagram ini mirip dengan *flowcart* pada pemrograman lainnya.

Program LabVIEW disebut dengan *Virtual Instrument* (VI) karena beberapa tampilan dan operasi pada program LabVIEW menyerupai suatu instrument seperti osiloskop dan multimeter. Setiap VI menggunakan fungsi-fungsi yang memanipulasi *input user interface* atau sumber lain dan menampilkan informasi tersebut atau memindahkan informasi tersebut ke file lain atau computer lain.

LabVIEW terdiri dari tiga komponen yaitu :

- 1) *Front panel*, merupakan *user interface* .
- 2) *Block diagram*, terdiri dari sumber-sumber grafik yang mendefinisikan fungsi-fungsi dari VI.
- 3) *Icon dan Conector pane*, mengidentifikasi suatu VI sehingga bisa digunakan pada VI yang lain. VI yang terdapat VI lain disebut sub VI.

2.6 Impedansi

Dalam teori dc dc (kasus khusus dari teori ac di mana sama dengan frekuensi 0 Hz) resistansi didefinisikan oleh Hukum Ohm:

$$V = I.R \quad (2.1)$$

Dengan menggunakan hukum Ohm, dapat diterapkan tegangan dc (V) ke rangkaian, mengukur yang arus dihasilkan (I), dan penghitungan resistansi (R) atau menentukan syarat persamaan jika dua besaran yang lainnya diketahui. Nilai tegangan dihitung dalam volt (V), arus dalam ampere (A). hambatan dalam ohm (Ω). Resistor adalah elemen yang menghambat aliran elektron dalam rangkaian dc. Dalam teori ac, di mana frekuensi tidak nol, persamaan yang serupa adalah:

$$V = I.Z \quad (2.2)$$

Seperti di pada persamaan 2.1, V dan I di sini diartikan sebagai tegangan dan arus. Z didefinisikan sebagai Impedansi yang berupa hambatan. Nilai Impedansi juga diukur dalam ohms (Ω). Selain resistor, kapasitor juga menghalangi aliran elektron dalam rangkaian ac.

Dalam sebuah *electrochemical cell*, ilmu gerak lambat elektroda, memperlambat proses reaksi kimia, dan difusi dapat menghalangi aliran elektron, dan dapat dianggap sejalan dengan resistor, kapasitor dan induktor yang

menghalangi aliran elektron dalam sebuah rangkaian ac. Dalam kasus hubungan resistif sesungguhnya, dua bentuk gelombang tidak akan berubah. Mereka akan benar-benar dalam fase, hanya berbeda dalam amplitude. Arus dari gelombang sinus dapat dijelaskan oleh persamaan:

$$I(t) = A \sin(\omega t + \Phi) \quad (2.3)$$

dimana:

$I(t)$ = arus seketika

A = amplitude maksimum

ω = frekuensi dalam radians perdetik = $2\pi f$ (Dimana f = frekuensi dalam Hertz)

t = waktu

θ = perubahan fase radians

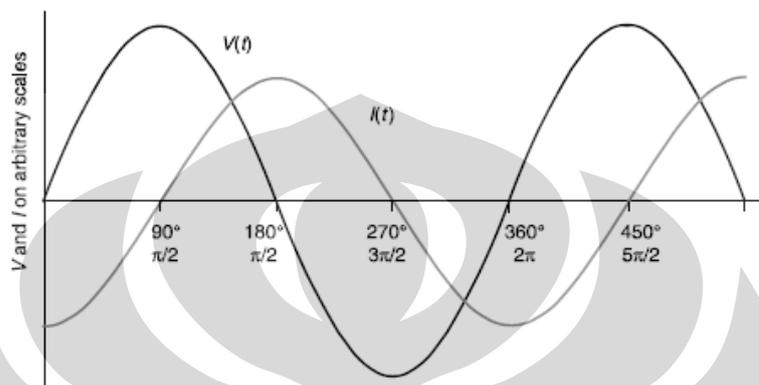
Persyaratan Impedansi dan resistansi keduanya untuk menunjukkan aliran elektron atau arus. Pada rangkaian arus searah (dc), hanya resistor yang menghasilkan efek ini. Namun, pada rangkaian arus bolak-balik (ac), dua elemen rangkaian lainnya, kapasitor dan inductors, menghalangi aliran elektron. Impedansi dapat dinyatakan sebagai angka yang kompleks, di mana resistansi adalah komponen real dan gabungan komponen kapasitansi dan induktansi yang merupakan komponen imajiner. Impedansi total di rangkaian merupakan gabungan dari semua oposisi resistor, kapasitor dan induktor untuk mengalirkan elektron. oposisi dari kapasitor dan induktor bernama sama yaitu reaktansi (X). Dan terukur dalam ohm (Ω). untuk reaktansi kapasitif dilambangkan oleh X_C . Demikian pula, sejak simbol untuk induktansi adalah L , maka reaktansi induktif dilambangkan oleh X_L . Kapasitor dan induktor tidak hanya mempengaruhi besarnya sebuah arus ac tetapi juga dengan waktu yang bergantung pada karakteristik atau fase.

2.6.1 Reaktansi

Reaktansi adalah property suatu komponen untuk mempengaruhi voltase dan arus bolak-balik. Ada dua tipe reaktansi, yaitu reaktansi induktif dan reaktansi kapasitif. Sedangkan gabungan kombinasi reaktansi dan resistansi yang mendeskripsikan kondisi keseluruhan dari komponen dalam rangkaian disebut

impedansi (*impedance*). Reaktansi, resistansi dan impedansi semua bersatuan Ohm (Ω).

Reaktansi induktif dimana peralatan induktif adalah lilitan kawat, disebut induktor atau solenoid.



Gambar 2.5. Arus tertinggal 90° dari voltase. Fungsinya $V(t) = V_{\max} (\sin \omega t)$ dan

$$I(t) = I_{\max} (\sin \omega t - \pi/2)$$

“Telah diolah kembali”

Ketika lilitan kawat ini ditempatkan pada rangkaian a.c., fakta fisik kedua adalah perubahan medan magnet pada kawat induktor menginduksi suatu arus untuk mengalir melalui kawat ini. Karena medan magnet berubah secara kontinu maka akan menginduksi arus yang lain di dalam kawat. Arus induksi ini proportional dengan perubahan medan magnet. Arah arus induksi ini berlawanan dengan arus yang memproduksi medan magnet. Akibatnya akan membuat arus tertinggal (*lagging*) dibelakang tegangan sejauh seperempat siklus atau 90° .

Efek dari induktor pada rangkaian a.c. diekpresikan oleh reaktansinya, ditulis X_L . Reaktansi induktif adalah hasil frekuensi angular a.c. dan induktansi (L , bersatuan henry (H))

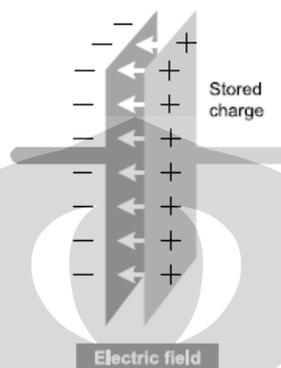
$$X_L = \omega.L \quad (2.4)$$

Penurunan tegangan (V) melalui suatu induktor adalah hasil perkalian induktansinya L dan laju perubahan arus I melaluinya.

$$V = L \frac{\partial I}{\partial t} \quad (2.5)$$

Tipe reaktansi yang lain adalah reaktansi kapasitif. Komponen dasar kapasitif adalah kapasitor. Suatu kapasitor terdiri dari dua permukaan penghantar

atau plat yang saling berhadapan dan dipisahkan oleh gap kecil. Plat ini dapat membawa muatan listrik dengan pengisian yang berlawanan. Dengan pengisian yang berlawanan pada plat berbeda, sangat dekat tapi tidak menyentuh, memungkinkan mengumpulkan muatan yang besar pada masing-masing plat.



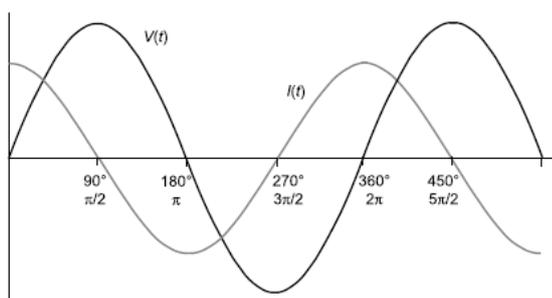
Gambar 2.6. Konsep dasar kapasitor

“Telah diolah kembali”

Reaktansi kapasitif ditulis X atau X_C , yang merupakan hasil perkalian frekuensi angular dan kapasitansi, yang ditulis dengan C dan bersatuan farad (F).

$$X_C = -\frac{1}{\omega C} \quad (2.6)$$

Persamaan tersebut menunjukkan bahwa besarnya reaktansi kapasitif (abaikan tanda negative) meningkat seiring menurunnya ω dan kapasitansi (C). Hal ini dikarenakan penurunan kapasitansi berarti bahwa plat-plat tersebut berkurang efektifitasnya dalam mendukung medan listrik untuk mentransmisikan segala sesuatu. Tanda negatif menunjukkan efek yang berlawanan terhadap induktor. Artinya, jika induktif dan kapasitif saling ditambahkan, mereka akan cenderung meniadakan. Seperti halnya di induktor, suatu kapasitor akan menyebabkan perbedaan phase antara arus dan voltase dalam rangkaian a.c. Suatu kapasitansi murni menyebabkan arus mendahului (*leading*) voltase 90° .



Gambar 2.7. Arus mendahului voltase 90°

“Telah diolah kembali”

Analog dengan induktor, terdapat persamaan hubungan antara arus, voltase untuk kapasitor, yaitu :

$$I = C \frac{\partial V}{\partial t} \quad (2.7)$$

Impedansi dituliskan sebagai Z , merupakan kombinasi antara reaktansi dan resistansi namun bukan merupakan penjumlahan antara R dan X . Z adalah penjumlahan vector antara R dan X pada bidang complex, dimana bagian realnya adalah R dan bagian imajineranya adalah X .

$$Z = R + jX \quad (2.8)$$

Review Bilangan kompleks

$$j = \sqrt{-1} ; j^2 = -1 \quad (2.9)$$

Pada impedansi meter, pengukuran dari komponen ini berdasarkan pada arus dan tegangan (volt). Komponen tegangan dan komponen arus diubah dan diukur ke nilai yang sejenis. Dari nilai ini, CPU dari impedansi meter menjumlah parameter elektrik dari komponen. Berdasarkan dari panel keyboard parameter, terpampang parameter yang berbeda-beda. Melalui modus AUTO, data-data dominan dan parameter kedua (resistansi, kapasitansi, induktansi) akan ditampilkan. Dalam kondisi manual parameter tersebut dapat ditampilkan. (Q , D , Z , Φ , V_X atau I_X)

Φ Setiap ukuran berubah setidaknya setiap 0,5 detik. Untuk Ukuran AC setiap satu perubahan memuat tujuh hasil pengukuran dari data yang diseleksi dan teruji secara aritmatik. Pada akhirnya data dikirim ke tampilan.

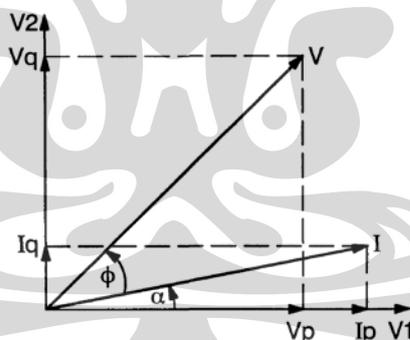
Nilai hasil dari tujuh pengukuran dikumpulkan pada akhir pengukuran single. Mikroprosesor menggunakan nilai pengukuran untuk menghitung persamaan seri resistansi R_S , persamaan seri reaktansi X_S , dan faktor kualitas $Q = X_S / R_S$ dari komponen. Pada mode AUTO, mikroprosesor menentukan parameter yang dominan dan parameter kedua, menghitung nilainya, dan menampilkannya bersama dengan symbol persamaan rangkaian. Tampilan menunjukkan:



Gambar 2.8. Tampilan impedansi meter saat pengukuran

“Telah diolah kembali”

Diagram Fase dan formula berikut menunjukkan dasar ilmu matematika untuk penghitungan internal dari nilai komponen.



Gambar 2.9. Diagram Fase

“Telah diolah kembali”

Dimana :

V = Tegangan

I = Arus

$V_1, V_2 = 0^\circ$ -tegangan, 90° -tegangan

ϕ = derajat fase antara I dan V

α = derajat fase antara I dan V_1

Pada diagram, hubungan fase antara I dan V terjadi penghilangan induktansi. Setiap pengukuran, komponen digambarkan sebagai berikut:

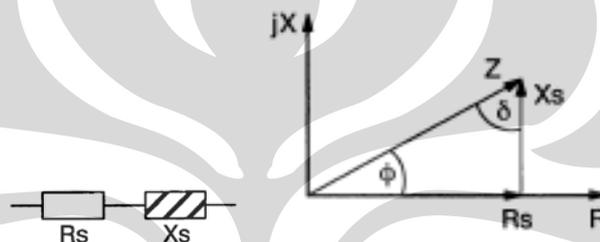
$$V_p, V_q, I_p, I_q$$

Seri dari resistansi dan reaktansi dihitung dari komponen berikut

$$R_s = \frac{V_p I_p + V_q I_q}{I_p^2 + I_q^2} \quad (2.10)$$

$$X_s = \frac{V_p I_p - V_q I_q}{I_p^2 + I_q^2} \quad (2.11)$$

Berikut ini adalah persamaan rangkaian yang berlaku:



Gambar 2.10. Persamaan rangkaian

“Telah diolah kembali”

$$\text{Faktor kualitas: } Q = \tan\phi = 1/D = \frac{|X_s|}{|R_s|} \quad (2.12)$$

$$\text{Faktor disipasi: } D = \tan\delta = 1/Q = \frac{|R_s|}{|X_s|} \quad (2.13)$$

Besarnya Q dan tanda X_s menunjukkan parameter dari komponen adalah nilai dominan.

X_s positif = induktif

X_s negatif = kapasitif

Formula dari berbagai parameter sebagai berikut:

$$Q = \frac{|X_s|}{|R_s|} \quad (2.14)$$

$$D = \frac{1}{Q} \quad (2.15)$$

$$R_p = (1 + Q^2) \quad (2.16)$$

$$R_s = \frac{V_p I_p + V_q I_q}{I_p^2 + I_q^2} \quad (2.17)$$

$$Z = \sqrt{R_s^2 + X_s^2} \quad (2.18)$$

$$C_p = \frac{1}{\omega(1+1/Q^2)|X_S|} \quad (2.19)$$

$$L_p = \frac{(1+1/Q^2)|X_S|}{1} \quad (2.20)$$

$$C_S = \frac{1}{\omega|X_S|} \quad (2.21)$$

$$L_S = \frac{|X_S|}{\omega} \quad (2.22)$$

$$\text{Impedance } Z = R + jX \quad (2.23)$$

$$\text{Admittance } Y = 1/Z \quad (2.24)$$

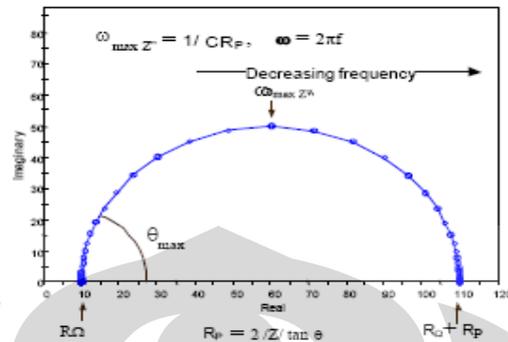
2.6.2 Nyquist Plot

Format ini juga dikenal sebagai Cole-Cole plot atau plot permukaan Impedansi kompleks. Impedansi imajiner komponen (Z'') di plot terhadap komponen Impedansi *real* (Z') di masing-masing pemberian frekuensi. Dapat dilihat bahwa pada frekuensi tinggi, maka Impedansi dari sel Randles hampir seluruhnya dibuat oleh resistansi ohmic, $R\Omega$. Frekuensi mencapai batas tinggi di sebelah kiri akhir setengah lingkaran, di mana setengah lingkaran menyentuh sumbu x. Pada batas frekuensi rendah, yang Randles sel juga approximates murni resistansi, namun sekarang adalah nilai ($\% + R_p$). Frekuensi rendah mencapai batas di ujung sebelah kanan setengah lingkaran.

Nyquist plot yang memiliki beberapa keunggulan. pertama adalah bahwa format plot memudahkan untuk melihat efek dari resistansi ohmic. Jika pengambilan data pada frekuensi yang cukup tinggi, mudah untuk melihat kemungkinan untuk membaca resistansi ohmic. Bentuk yang melengkung (setengah lingkaran yang sering) tidak berubah bila resistansi ohmic mengalami perubahan. Akibatnya, sangat mungkin untuk membandingkan hasil dari dua percobaan yang berbeda hanya di posisi elektroda referensi. Keuntungan lain dari ini format plot rangkaian menekankan bahwa komponen ada dalam seri, seperti $R\Omega$.

Nyquist plot format yang juga memiliki beberapa kelemahan Misalnya, frekuensi tidak muncul secara eksplisit. Kedua, meskipun resistansi ohmic dan

resistansi polarisasi dengan mudah dapat dibaca langsung dari Nyquist plot, kapasitansi elektroda hanya dapat dihitung setelah informasi frekuensi diketahui.



Gambar 2.11. Nyquist Plot

“Telah diolah kembali”

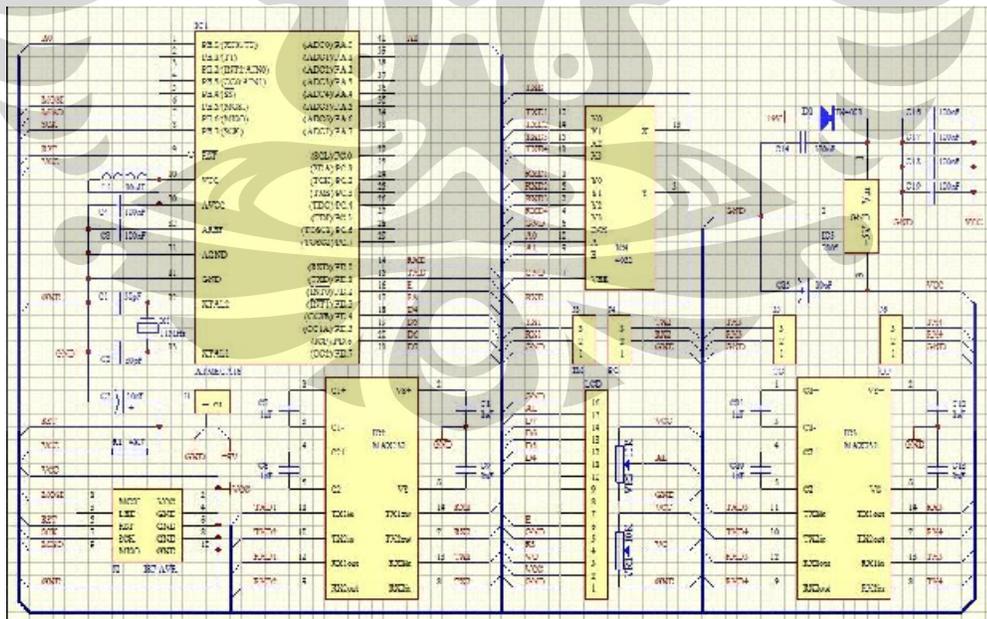
Pada gambar 8, frekuensi sesuai setengah lingkaran ke atas, ω ($\theta = \text{MAX}$), dapat digunakan untuk menghitung kapasitansi jika R_p diketahui.

BAB 3 PERANCANGAN DAN CARA KERJA ALAT

Pada bab ini akan dibahas mengenai perancangan sistem beserta cara kerja dari masing-masing perangkat *hardware* dan *software* yang digunakan penulis dalam pembuatan alat “Sistem Otomatisasi Pengukuran Impedansi Bahan Menggunakan Alat Ukur Impedansi Meter Fluke PM6306”. Selain perancangan alat juga akan dibahas mengenai cara kerja alat.

3.1 Rangkaian Sistem Minimum Mikrokontroler ATmega32

Dalam rangkaian sistem minimum ini menggunakan IC ATmega32. IC *microcontroller* ini memiliki 40 pin dengan 32 pin I/O, 32 kbyte *flash* memori, dan 1024 byte EEPROM dimana dalam IC ini terdapat 4 buah port, yaitu port A, port B, port C, dan port D. dalam rangkaian ini juga sudah dilengkapi ISP AVR sehingga memudahkan untuk mendownload program. Dengan adanya ISP ini proses download menjadi lebih mudah. Rangkaian ini juga terdapat Kristal yang digunakan untuk membangkitkan frekuensi tinggi. Berikut adalah blok diagram keseluruhan dari alat ini.



Gambar 3.1. Minimum system impedance meter interface

Port yang digunakan pada alat ini adalah sebagai berikut:

- 1) Port A.0 sebagai jalur pengaktifan kondisi interface pada IC CMOS 4052.
- 2) Port B.0 sebagai jalur pengaktifan kondisi interface pada IC CMOS 4052.
- 3) Port D.0 sebagai jalur *receive* (RXD) komunikasi serial.
- 4) Port D.1 sebagai jalur *transmit* (TXD) komunikasi serial.
- 5) Port D.2 sampai port D.7 sebagai jalur LCD display

Dalam sistem minimum mikrokontroler ATmega32 untuk melakukan komunikasi ke tiga perangkat yaitu komputer, kontrol temperatur dan impedansi meter Fluke PM6306 digunakan IC CMOS 4052 yang bekarakteristik sebagai 4 *channel multiplexer/demultiplexer* sebagai pengatur jalur komunikasi berdasarkan data dua bit biner yang dikeluarkan dari port A.0 dan port B.0 IC ATmega32

Tabel 3.1. Tabel kebenaran IC CMOS 4052

Control Inputs			ON Switches	
Inhibit	Select			
	B	A	Y0	X0
0	0	0	Y1	X1
0	0	1	Y2	X2
0	1	0	Y3	X3
0	1	1		
1	X	X	None	

3.2 RLC Meter Fluke PM6306



Gambar 3.2. RLC meter fluke PM6306

“Telah diolah kembali”

Fluke PM6306 *Programmable Automatic RCL Meter* dipakai untuk pengukuran dari resistansi, kapasitansi dan induktansi. Akurasi dasarnya adalah 0,1%. Alat ukur ini memiliki fitur *autofunction* dan *autoranging*. Dapat melakukan pengukuran melalui *keyboad* dari alat ukur atau melalui komunikasi

serial yang disebut *remote mode*. Komponen yang akan diukur harus terhubung ke alat ukur melalui panel port pengujian.

Pengujian komponen dapat dilakukan dengan :

- Pengujian frekuensi dapat dipilih dari range 50 Hz sampai 1 MHz
- Pengujian tegangan dapat dipilih dari 50 mV sampai 2 V rms

Hasil pengukuran dapat berupa nilai numerik, dimensi dan persamaan sirkuit ditampilkan pada LCD yang mana dapat melakukan dua pengukuran perdetik.

Mode yang dapat dipilih pada pengukuran:

- Impedansi Z
- Sudut phase ?
- Faktor quality Q, faktor disipasi D
- Tegangan komponen V_X , arus komponen I_X

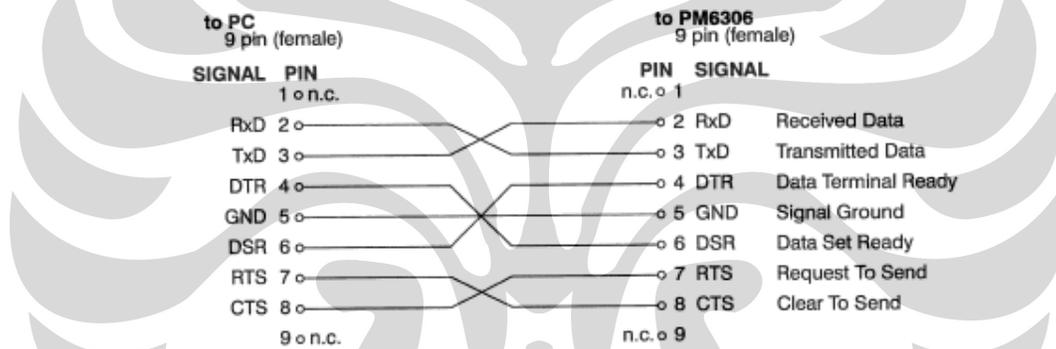
3.2.1 RS-232 Interface

Fluke PM6306 Programmable Automatic RCL Meter dapat dikontrol secara *interface* melalui RS-232. Untuk melakukan komunikasi dengan komputer, terlebih dahulu pada alat ini dilakukan beberapa pengaturan yaitu dengan menekan tombol INTERFACE pada keyboard Fluke PM6306. Langkah – langkah yang dilakukan untuk pengaturan remote :

1. Tekan tombol INTERFACE, pilih jenis operasi. Pr (Printer mode) atau Co (communication mode) dengan memutar knop.
2. Tekan tombol INTERFACE, pilih baudrate yaitu 110, 150, 300, 600, 1200, 2400, 4800, 9600, 19200 dengan memutar knop.
3. Tekan tombol INTERFACE, pilih data bits 7 atau 8 dengan memutar knop.
4. Tekan tombol INTERFACE, pilih parity Even, Odd atau No dengan memutar knop.
5. Tekan tombol INTERFACE, pilih mode handshake on atau off dengan memutar knop.
6. Tekan tombol INTERFACE, pilih connection mode 3 atau 7 kabel dengan memutar knop.
7. Lalu tekan tombol INTERFACE untuk meninggalkan pengaturan komunikasi.

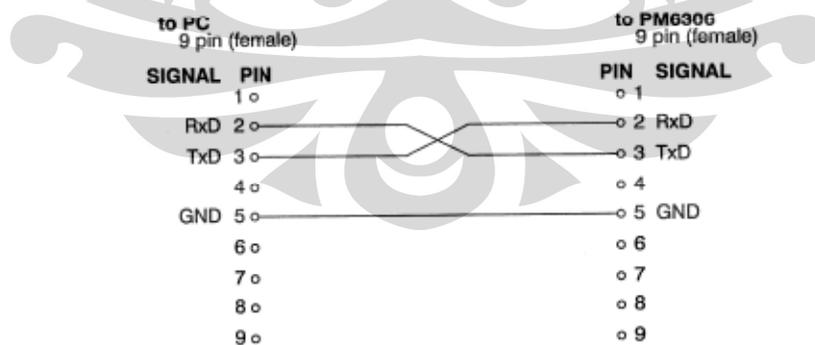
Pada saat *power up*, alat ukur bekerja dalam keadaan ‘local’ mode (input melalui *keyboard*). Dan ketika alat ukur akan dirubah mode dengan mengirimkan perintah ESC2 melalui komputer, maka teks REMOTE akan muncul pada display. Semua tombol kecuali tombol LOCAL telah dikunci dan alat ukur telah dapat beroperasi dalam kontrol remote. Untuk mengembalikan ke mode local yaitu dengan mengirimkan perintah ESC1 ata dengan menekan tombol LOCAL pada keyboard.

Karena komputer dan Fluke PM6306 adalah DTE (*Data Terminal Equipment*), maka terlebih dahulu mengikuti konfigurasi pin kabel koneksi RS-232. Ada dua jenis konfigurasi pin kabel komunikasi pada Fluke PM6306 yaitu menggunakan 7 kabel atau 3 kabel. Dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 3.3. Diagram konfigurasi RS-232 menggunakan 7 kabel

“Telah diolah kembali”



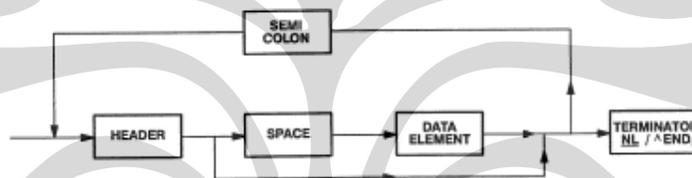
Gambar 3.4. Diagram konfigurasi RS-232 menggunakan 3 kabel

“Telah diolah kembali”

3.2.2 Perintah Pada Kontrol Remote

Pada remote mode, *syntax* perintah menggambarkan sebagai fungsi dari alat ukur dan sebagai tombol panel dari instrument. Dalam proses pengiriman perintah ke alat ukur tentunya memiliki beberapa aturan yang sebagaimana telah ditetapkan oleh produsen pembuat alat ukur tersebut yang biasanya dapat dipelajari dari buku manualnya.

Pada alat ukur ini memiliki kemampuan untuk membaca gabungan dari beberapa perintah dalam sebuah surat atau message dengan menggunakan titik koma “;” sebagai pembatas antar perintah. Perintah aturan atau protokol pengiriman data dengan menggunakan akhiran NL (*new line*) atau dalam ASCII bernilai desimal 010.



Gambar 3.5. Format pengiriman perintah gabungan

“Telah diolah kembali”

Untuk pengaturan dan pengambil beberapa data nilai pengukuran, maka pada pembuatan program mikrokontroler *syntax* perintah harus sudah tertulis dalam program.

Beberapa *syntax* yang digunakan dalam pengaturan dan pengambil data nilai pengukuran :

- ESC 2 = Untuk merubah mode local menjadi mode kontrol remote
- *RST = Perintah reset alat ukur untuk melakukan status pengaturan awal
- TEST_SIG AC = Melakukan pengujian komponen dengan memberikan sinyal AC
- TEST_SIG DC = Melakukan pengujian komponen dengan memberikan sinyal DC
- AC_LEV <NRf> = Besar nilai V_{rms} yang diberikan dengan range 0,05 V sampai 2 V, resolusi 0,01 V

- DC_LEV <NRf> = besar nilai V yang diberikan dengan range 0,05 V sampai 2 V, resolusi 0,01 V
- FREQ <NRf> = Melakukan pengujian komponen dengan memberikan besar nilai frekuensi
- RESI? = meminta nilai pengukuran resistansi yang terukur pada komponen
- CAP? = meminta nilai pengukuran kapasitansi yang terukur pada komponen
- IMP? = meminta nilai pengukuran impedansi Z yang terukur pada komponen
- PHA? = meminta nilai pengukuran phase F yang terukur pada komponen
- VOL? = meminta nilai pengukuran tegangan V yang terukur pada komponen
- CUR? = meminta nilai pengukuran arus I yang terukur pada komponen
- INDU? = meminta nilai pengukuran induktansi yang terukur pada komponen
- FREQ? = meminta nilai pengukuran frekuensi yang terukur pada komponen

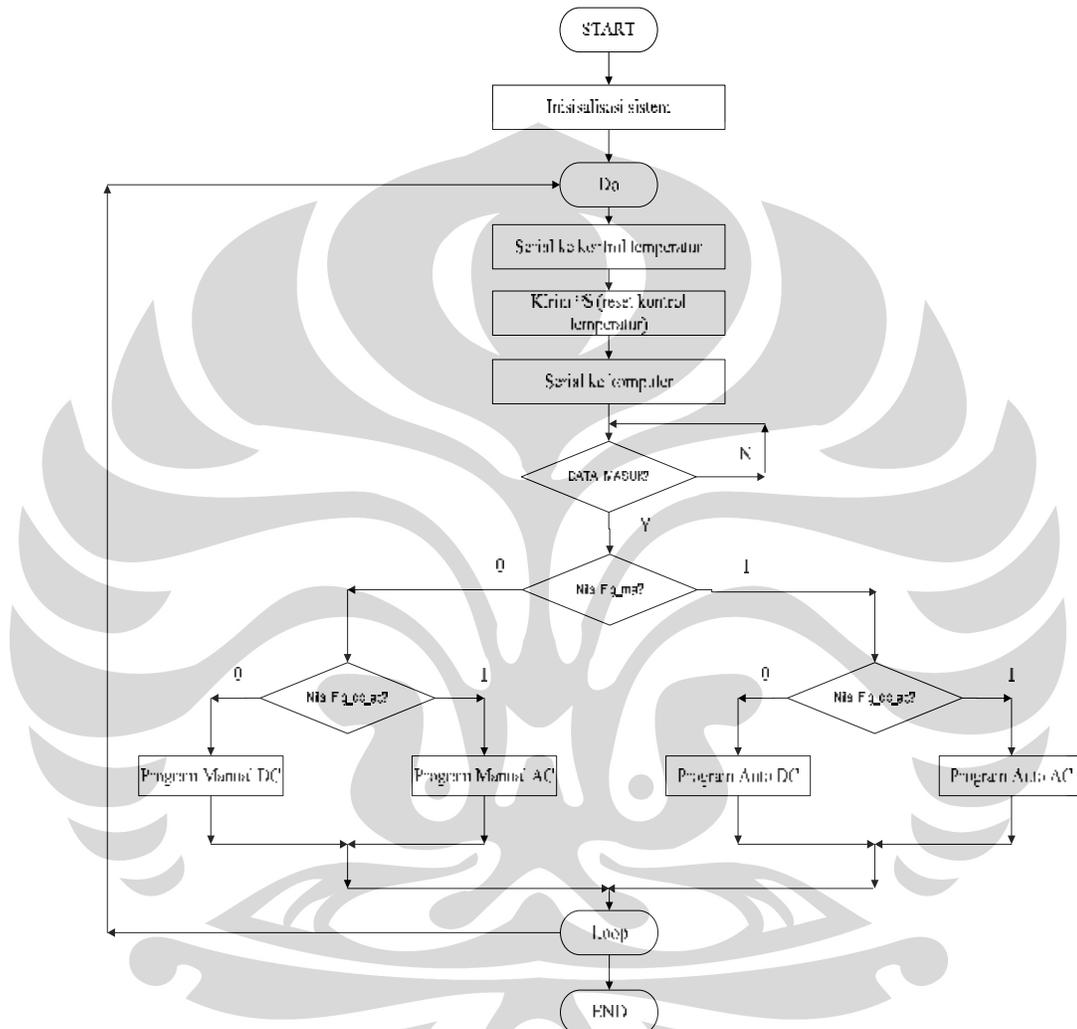
3.3 Perancangan *Software*

Perancangan sistem ini tidak hanya memiliki *hardware* saja tetapi sistem pengendalian yang juga menggunakan *software*. *Software* yang digunakan yaitu BASCOM-AVR dengan chip *microcontroller* ATmega32 dan *software* LabVIEW.

3.3.1 Pemrograman mikrokontroler

Pengaturan awal program, komunikasi terhubung ke kontrol temperatur untuk memastikan bahwa kontrol temperatur tidak melakukan pekerjaan yaitu dengan mengirimkan *S. Dilanjutkan melakukan koneksi ke komputer dan melakukan looping sampai ada data yang diterima. Dari data yang diterima maka

data diterjemahkan dan dipisahkan satu per satu sesuai dengan urutan guna mengetahui tujuan dari data tersebut. Aliran program utama dapat dilihat sebagai berikut



Gambar 3.6. Flowchart pemrograman mikrokontroler keseluruhan

Ada dua jalur komunikasi lain yang akan digunakan setelah data diterima, yaitu terhubung ke perangkat kontrol temperatur dan ke perangkat impedansi meter Fluke PM6306.

Data yang dikirim ke dua buah perangkat tersebut harus diawali dan diakhiri oleh protokol karena komunikasi yang digunakan adalah *Asynchronous*. Pembuatan urutan aliran data pada *microcontroller* ini sangat penting, karena telah disesuaikan dengan prosedur pengambilan data percobaan. Data masuk dari

komputer maka program berjalan sesuai dengan mode pengukuran yang diinginkan. Mode pengukuran terbagi menjadi empat, yaitu:

- Mode manual dc
- Mode manual ac
- Mode auto dc
- Mode auto ac

Faktor utama yang membedakan mode manual dengan mode auto yaitu pada jenis percobaan yang akan dilakukan. Pada mode manual percobaan dilakukan pada frekuensi konstan dengan kondisi *variable* temperatur. Sedangkan pada mode auto dilakukan pada temperatur konstan dengan kondisi *variable* frekuensi. Pada pengukuran ac nilai pengujian frekuensi harus ditentukan, sedangkan pada pengukuran dc tidak perlu ditentukan.

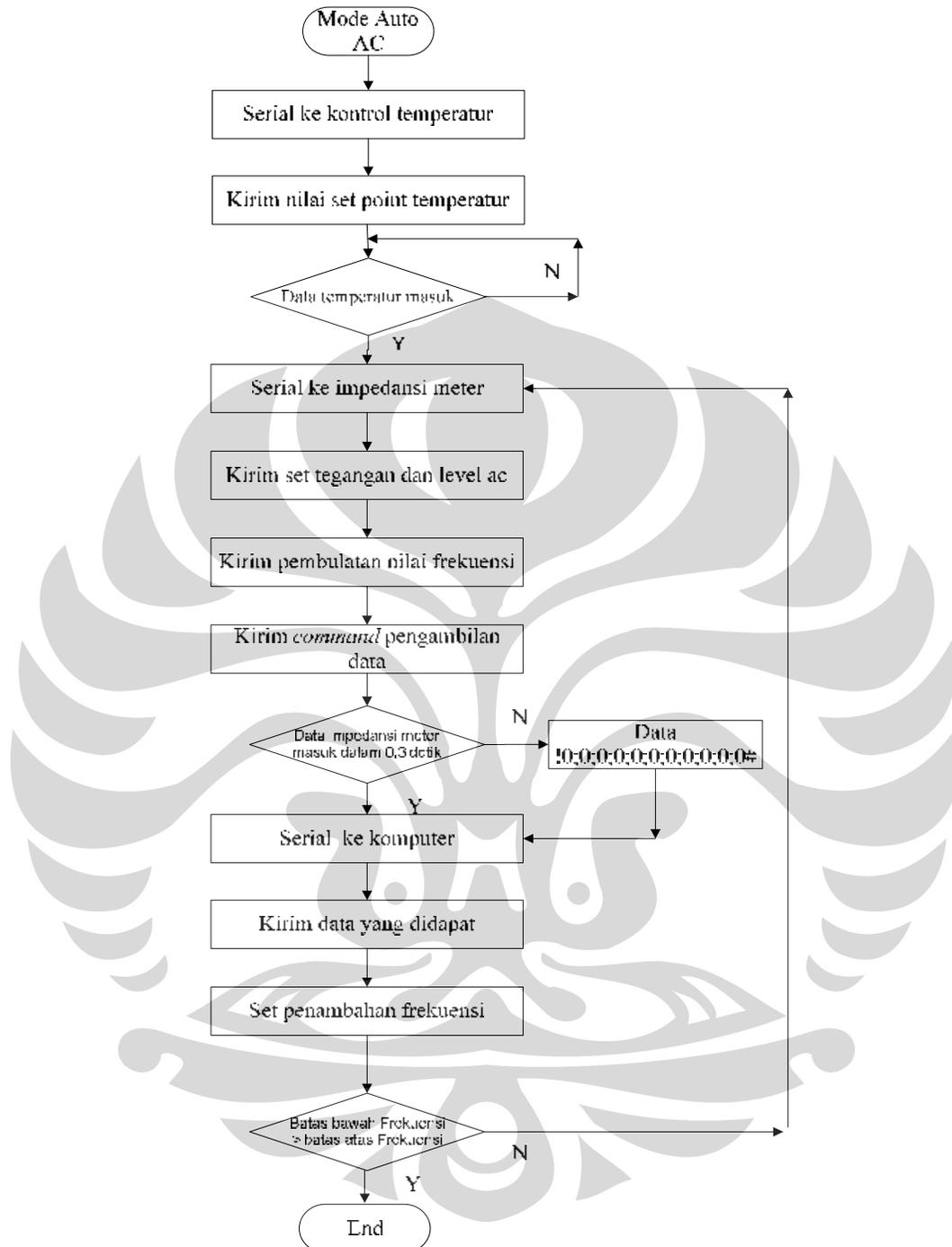
Karena pada tiap-tiap mode pengukuran memiliki langkah kerja yang berbeda, maka program mikrokontroler yang dibuat pada masing-masing mode pengukuran tersebut memiliki aliran data yang berbeda.

Setelah program selesai dijalankan berdasarkan masing-masing mode pengukuran yang diinginkan, maka akan melakukan *loop* untuk kembali melakukan percobaan pengukuran selanjutnya.

3.3.1.1 Mode Manual

Langkah kerja dari *Flowchart* mode manual dc dan mode manual ac yaitu melakukan pengambilan data pengukuran berdasarkan variabel temperatur. Perbedaan dari dua mode tersebut adalah pada pengaturan nilai frekuensinya. Aliran program lebih dahulu melakukan komunikasi ke impedansi meter guna mengaktifkan *remote mode* dan mengirimkan pengaturan mode pengujian yang akan dilakukan, yaitu tegangan dc serta level tegangannya. Lalu mengirimkan pengaturan MV (*manipulated variable*) yang diinginkan ke kontrol temperatur.

Langkah selanjutnya yaitu pengambilan data temperatur lalu melakukan koneksi ke impedansi meter untuk mengirimkan perintah pengambilan data. Setelah data pengukuran dari impedansi meter diterima maka seluruh data yang didapat dari impedansi meter dan data temperatur dikirim secara bersamaan ke komputer. Berikut *flowchart* pengukuran mode manual dc dan mode manual ac.



Gambar 3.10. Flowchart mode auto ac

Aliran program lebih dahulu melakukan komunikasi ke kontrol temperatur dengan mengirimkan pengaturan nilai *set point* yang diinginkan ke kontrol temperatur. Mikrokontroler akan menunggu sampai mendapat data temperatur masuk yang mengartikan bahwa temperatur telah stabil. Lalu melakukan koneksi

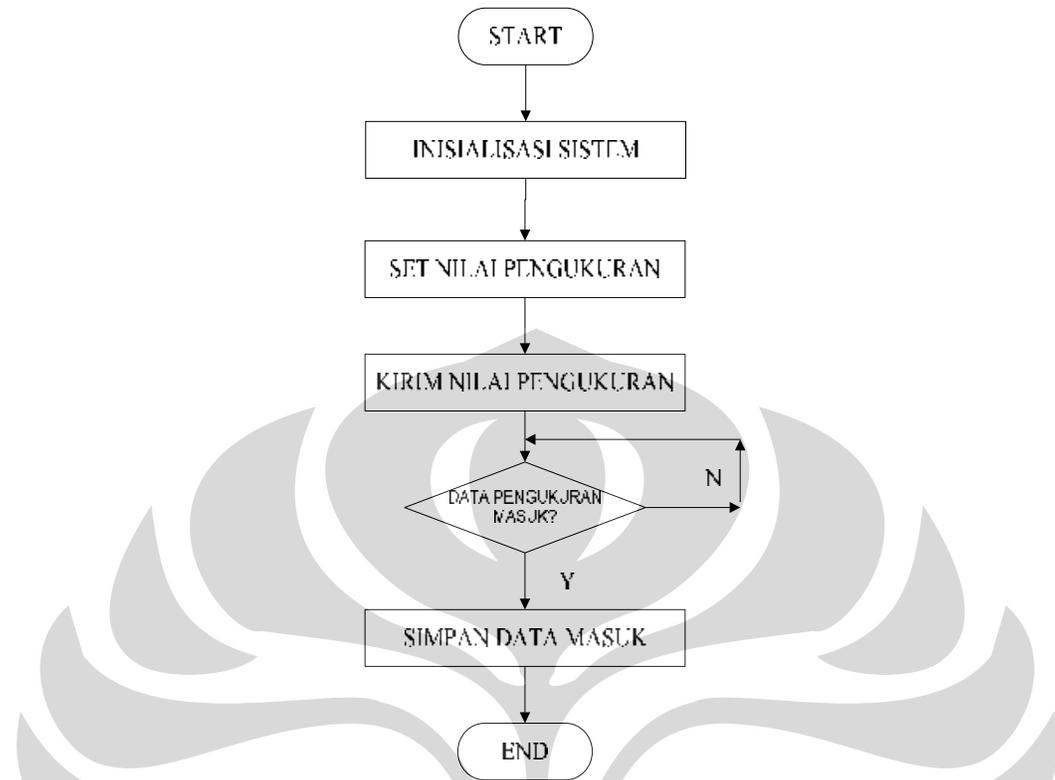
ke impedansi meter guna mengaktifkan *remote mode* dan mengirimkan pengaturan mode pengujian yang akan dilakukan, yaitu tegangan ac serta level tegangannya.

Langkah selanjutnya yaitu pengambilan data temperatur lalu melakukan koneksi ke impedansi meter untuk mengirimkan perintah pengambilan data. Setelah data pengukuran dari impedansi meter diterima maka seluruh data yang didapat dari impedansi meter dan data temperatur dikirim secara bersamaan ke komputer.

Pada mode auto ac, setelah pengiriman data dilakukan *loop* kembali dengan pengiriman level frekuensi yang berbeda. *Loop* dilakukan sampai batas atas nilai frekuensi telah tercapai.

3.3.2 Perancangan *Software* LabVIEW

Pada penelitian ini, kontrol untuk seting pengiriman data dan penerimaan data dilakukan pada komputer dengan menggunakan software LabVIEW. Software ini mempunyai bahasa pemrograman komputer grafik yang menggunakan icon-icon sebagai pengganti teks dalam membuat aplikasi. Berbeda dengan pemrograman berbasis teks dimana instruksi-instruksi menentukan eksekusi program, LabVIEW merupakan pemrograman aliran data dimana aliran data menentukan eksekusi dari program. Berikut aliran data pemrograman LabVIEW yang dibuat pada penelitian ini.



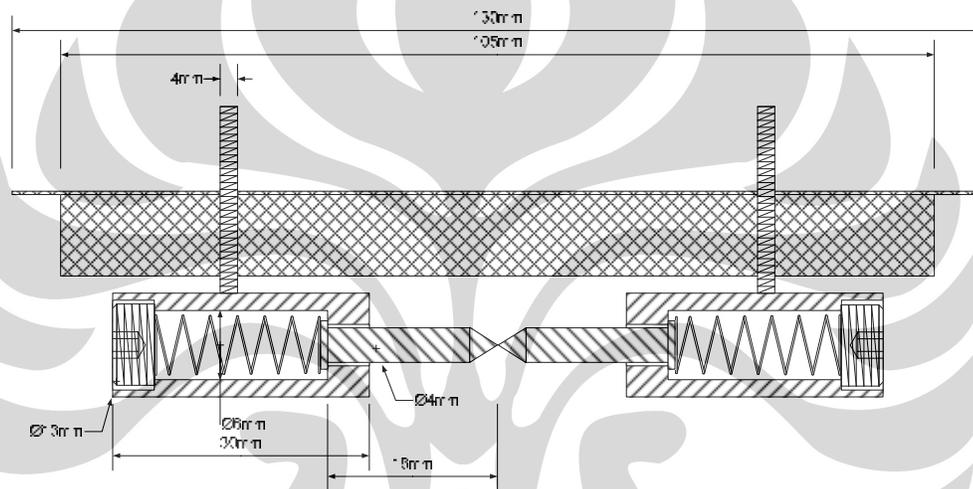
Gambar 3.11. *Flowchart* pemrograman LabVIEW

Dari *flowchart* pada Gambar 3.11. dapat dilihat bahwa pengaturan jalur komunikasi terlebih dahulu dilakukan. agar dapat berkomunikasi secara serial dengan perangkat lainnya. Pengaturan yang digunakan yaitu nilai *baud rate*, *data bit*, *parity*, *error in* dan *I/O name*. Pada pengaturan pengukuran data terlebih dahulu diatur sesuai kebutuhan pengukuran. Data pengukuran yang telah di set terlebih dahulu kemudian dikirim ke perangkat lainnya yaitu mikrokontroler.

Penerimaan data dapat langsung diambil sesuai dengan pengaturan atau format data yang telah dikirim sebelumnya dari mikrokontroler. Data yang diterima dari mikrokontroler dipisahkan satu persatu dengan menggunakan fungsi *search/split string* sesuai dengan format yang telah ditentukan pada LabVIEW. Lalu data dirubah dari format sting menjadi numerik dengan menggunakan fungsi *string to number*. Setelah seluruh data diterima maka data akan disimpan dalam bentuk teks ke dalam suatu file.

3.4 Perancangan Mekanik

Pada pembuatan sistem ini diperlukan perangkat mekanik berupa probe yang digunakan untuk menjepit sampel material yang akan diuji dan juga sebagai konektor dari sampel ke RLC meter Fluke PM6306. Probe dibuat dengan menggunakan *stainless steel* dikarenakan memiliki sifat mekanik berupa ketahanan terhadap korosi dan kekuatan pada temperatur tinggi sehingga dapat digunakan tanpa mengganggu pengujian sampel material. Berikut rancangan mekanik probe.



Gambar 3.12. Disain probe

Penjepit sampel dibuat dengan menggunakan per (*spring coil*) yang berfungsi untuk mendorong jarum penahan sampel yang diletakkan didalam silinder *stainless steel*.

BAB 4

PENGUJIAN SISTEM DAN ANALISA DATA

Setelah dilakukan pengerjaan keseluruhan sistem alat baik *hardware* maupun *software*, maka perlu dilakukan pengujian alat beserta penganalisaan terhadap alat, hal ini tentunya dilakukan untuk membuktikan apakah sistem sudah bekerja dengan baik atau tidak. Pengujian-pengujian tersebut meliputi pengujian terhadap kerja sistem dan sistem komunikasi serial yang terdapat pada alat beserta fungsi-fungsinya.

4.1 Pengujian Sistem Komunikasi

Untuk mengetahui keberhasilan kerja dari sistem otomatisasi pengukuran impedansi bahan menggunakan impedansi meter fluke PM6306 ini maka dilakukan beberapa pengambilan data. Pengujian dilakukan dengan melakukan komunikasi serial melalui jalur komunikasi RS-232 yang sebelumnya telah dilakukan sinkronisasi pada tiap-tiap device.

Pengujian dilakukan dengan cara memasukkan data dari *software* LabVIEW pada PC ke mikrokontroler. Data yang diberikan merupakan susunan protokol yang telah ditentukan didalam program. Dalam program yang dibuat, awal dari sebuah perintah harus diawali dengan karakter [*] kemudian [command] dan diakhiri oleh [#]. Isi dari protokol yang dikirim tersebut telah ditentukan langkah demi langkah dikarenakan sebagai inisialisasi dari mode pengukuran sehingga pengujian dapat dilakukan dengan jelas oleh mikrokontroler.

Pengujian komunikasi dilakukan dengan pembuktian data yang terbaca pada *software* LabVIEW yang ada telah dikirim oleh mikrokontroler dengan menggunakan program Bascom AVR *software*.

Ada empat jenis pengukuran untuk pengambilan data, yaitu mode manual DC, mode manual AC, mode auto DC dan mode auto AC.

4.1.1 Pengujian Mode Manual DC

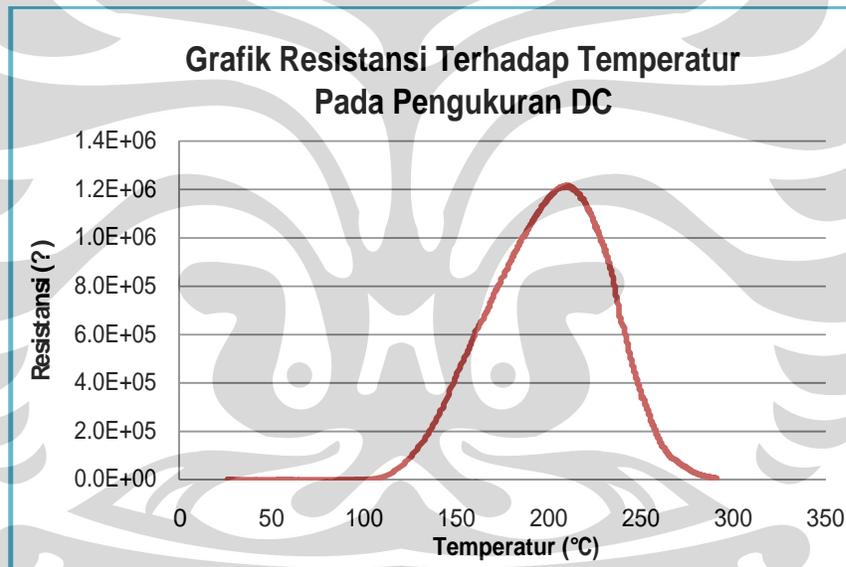
Pada percobaan pertama ini, kondisi awal pengujian dilakukan pengaturan mode manual dengan memberikan tegangan pengujian arus DC pada sampel bahan. Sampel bahan yang digunakan adalah *Positive Temperature Coefficient*

(PTC). Pengukuran mode manual yaitu memberikan nilai MV (*manipulated variable*) pada kontrol temperatur, sehingga pengujian *sample* dapat dilakukan terhadap *variable* temperatur.

Pengambilan data temperatur dilakukan terlebih dahulu, lalu dilanjutkan dengan pengambilan data dari pengukuran besaran-besaran yang dilakukan oleh impedansi meter fluke PM6306. Pengambilan data dilakukan berulang kali sampai kontrol temperatur mengkondisikan penghentian percobaan.

Pada mode manual dc ini, percobaan dilakukan dengan memberikan nilai MV sebesar 50% dan tegangan dc yang diberikan sebesar 1 volt.

Berikut grafik data perubahan nilai resistansi dari bahan terhadap temperatur.



Gambar 4.1. Grafik resistansi terhadap temperatur mode manual dc

Dari grafik dapat dilihat terjadi perubahan nilai resistansi terhadap perubahan temperatur yang sesuai dengan sifat PTC dari sampel. Di awal percobaan, perubahan nilai resistansi cenderung naik hanya saja perubahan nilai resistansi tersebut kecil. Pada saat temperatur 105 °C terjadi perubahan kenaikan nilai resistansi yang signifikan, namun pada saat temperatur 210 °C terjadi penurunan nilai resistansi. Pengujian sample dilakukan hanya sampai temperatur 265 °C.

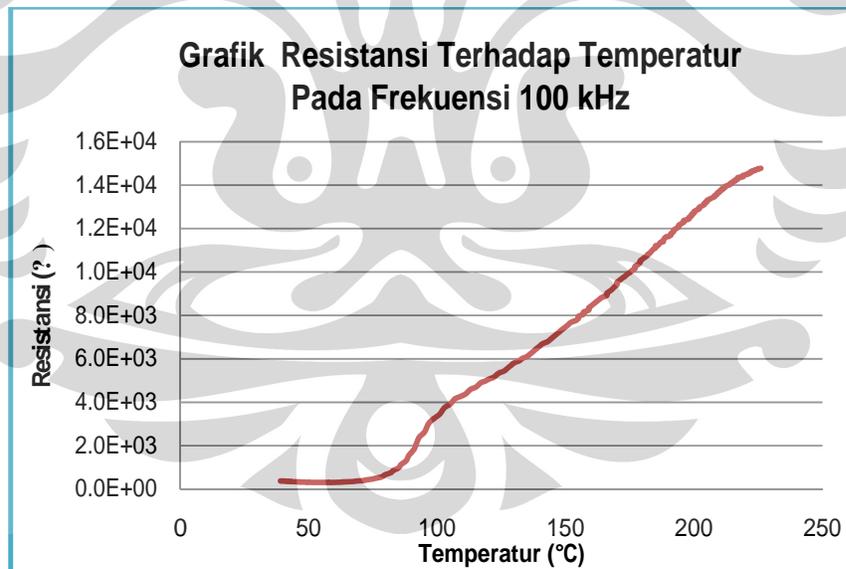
4.1.2 Pengujian Mode Manual AC

Pada percobaan kedua, kondisi awal pengujian dilakukan pengaturan mode manual dengan memberikan tegangan pengujian arus AC pada *sample* bahan. Pengukuran mode manual yaitu dengan memberikan nilai MV (*manipulated variable*) pada kontrol temperatur, sehingga pengujian sampel dapat dilakukan terhadap *variable* temperatur.

Pengambilan data temperatur dilakukan terlebih dahulu, lalu dilanjutkan dengan pengambilan data dari pengukuran besaran-besaran yang dilakukan oleh impedansi meter fluke PM6306. Pengambilan data dilakukan berulang kali sampai kontrol temperatur mengkondisikan penghentian percobaan.

Pada mode manual ac ini, percobaan dilakukan dengan memberikan nilai MV sebesar 50% dan tegangan ac yang diberikan sebesar 1 volt serta nilai frekuensi pengujian sampel sebesar 100 kHz.

Berikut grafik data perubahan nilai resistansi dari bahan terhadap temperatur.



Gambar 4.2. Grafik resistansi terhadap temperatur mode manual ac

Dari grafik dapat dilihat terjadi perubahan nilai resistansi terhadap perubahan temperatur yang sesuai dengan sifat PTC dari *sample*. Dari awal pengambilan data, perubahan resistansi pada sampel masih sangat kecil. Pada saat temperatur 90 °C terjadi perubahan kenaikan nilai resistansi yang signifikan,

namun perubahan nilai resistansi hanya dapat dilihat sampai temperatur 275 °C karena pengujian sample dilakukan hanya sampai temperatur 275 °C. Pada akhir grafik dapat dilihat kenaikan nilai resistansi yang mulai melandai.

4.1.3 Pengujian Mode Auto DC

Pada percobaan ketiga ini, kondisi awal pengujian dilakukan pengaturan mode auto dengan memberikan tegangan pengujian arus DC pada *sample* bahan. Pengukuran mode auto yaitu dengan memberikan *set point* temperatur pada kontrol temperatur, sehingga pengujian sample dapat dilakukan terhadap temperatur konstan dan dengan memberikan tegangan sebesar 1 volt DC.

Pengambilan data pengujian bahan dapat dilakukan setelah kontrol temperatur mengkondisikan bahwa temperatur telah stabil terlebih dahulu, lalu dilanjutkan dengan pengambilan data dari pengukuran besaran-besaran yang dilakukan oleh impedansi meter fluke PM6306. Pengambilan data dari impedansi meter dilakukan hanya satu kali. Sehingga data yang di dapat tidak dapat dibentuk dalam format grafik.

Percobaan dilakukan pada set point temperatur 75 °C dan dengan memberikan tegangan sc sebesar 1 volt.

Tabel 4.1. Data percobaan mode auto ac

R(O)	C(F)	Z(O)	$\rho(\Phi)$	Q	D	V (V)	I (A)	L(H)	F(Hz)	T(°C)
377.19	0	0	0	0	0	0	0	0	1000	75

Dapat dilihat dari tabel 4.1. bahwa data yang didapat dari percobaan mode auto dc hanya nilai resistansi, frekuensi dan temperatur saja. Sedangkan besaran yang lainnya tidak terukur oleh RLC meter fluke PM6306. Pada saat *set point* temperatur 75 °C nilai resistansi yang didapat dari sampel sebesar 377.19 ohm.

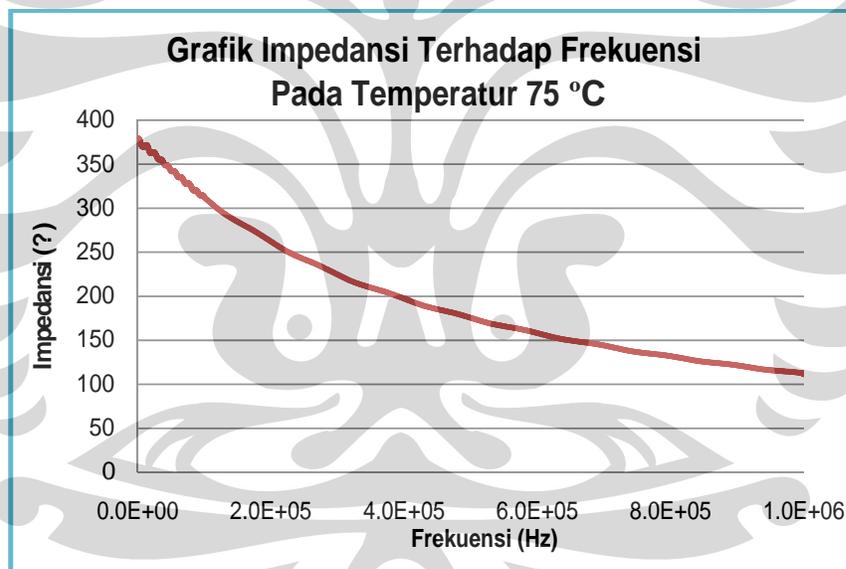
4.1.4 Pengujian Mode Auto AC

Pada percobaan keempat ini, kondisi awal pengujian dilakukan pengaturan mode auto dengan memberikan tegangan pengujian arus AC pada *sample* bahan. Pengukuran mode auto yaitu dengan memberikan set point temperatur pada kontrol temperatur. Yang membedakan pada pengukuran ini yaitu pengujian sample dilakukan pada temperature konstan dengan variabel frekuensi. *Range*

frekuensi pengujian bahan dapat ditentukan dari batas bawah dan batas atas nilai frekuensi yang diatur pada program LabVIEW. Pengujian dilakukan dengan memberikan tegangan sebesar 1 volt AC.

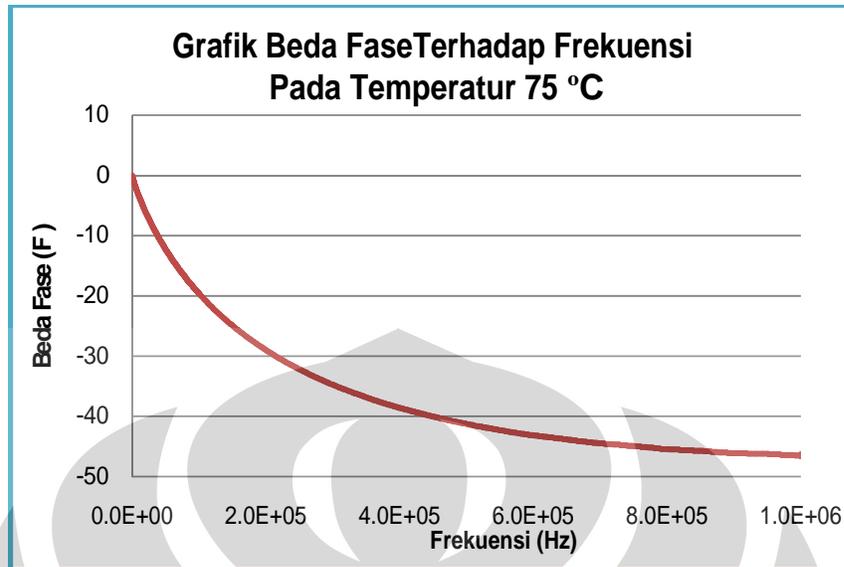
Pengambilan data pengujian *sample* bahan dapat dilakukan setelah kontrol temperatur mengkondisikan bahwa temperatur telah stabil terlebih dahulu, lalu dilanjutkan dengan pengambilan data dari pengukuran besaran-besaran yang dilakukan oleh impedansi meter fluke PM6306. Pengambilan data dilakukan sampai batas nilai frekuensi yang telah ditentukan.

Percobaan pertama pada mode auto ac melakukan pengukuran dengan memberikan *set point* temperatur sebesar 75 °C dengan set frekuensi dari 50 Hz sampai 1 Mhz. Berikut grafik data yang didapat dari percobaan mode auto ac pada temperatur 75 °C pada *variable* frekuensi. Berikut grafik data percobaan.



Gambar 4.3. Grafik impedansi terhadap frekuensi pada temperatur 75 °C

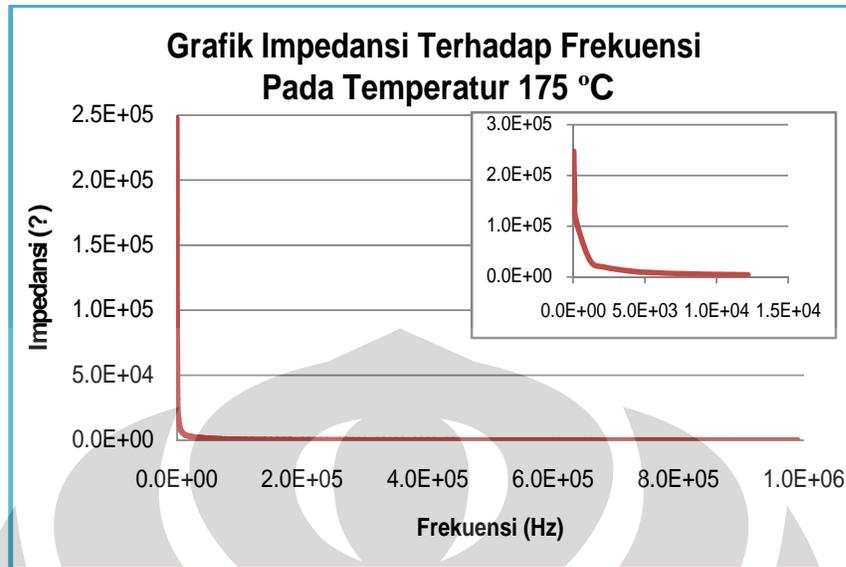
Dari grafik dapat dilihat terjadi perubahan nilai impedansi terhadap perubahan frekuensi. Pada frekuensi rendah, respon perubahan impedansi cukup besar. Sampai pada frekuensi tinggi, perubahan impedansi semakin mengecil. Semakin besar nilai frekuensi yang diberikan ke sampel maka nilai impedansi akan semakin mengecil.



Gambar 4.4. Grafik beda fase terhadap frekuensi pada temperatur 75 °C

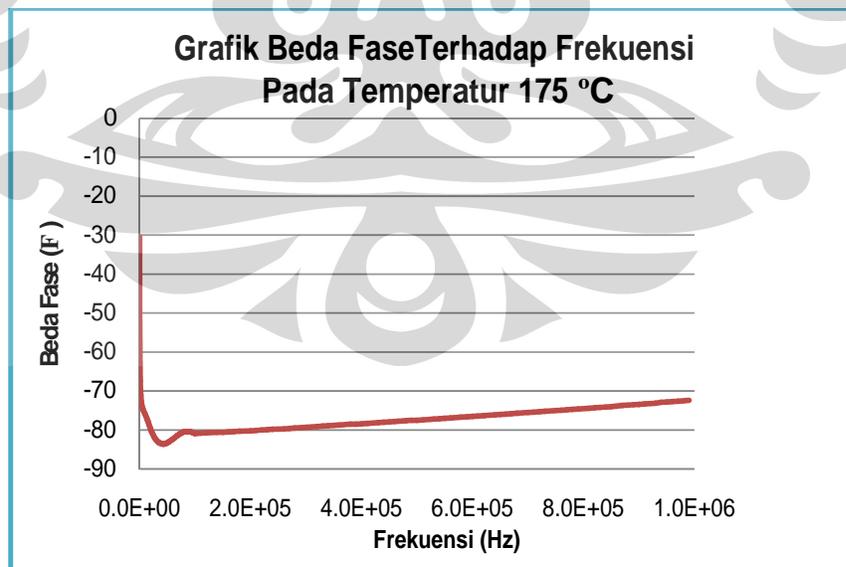
Dari grafik dapat dilihat nilai beda fase antara tegangan dan arus terhadap perubahan frekuensi. Pada frekuensi rendah, respon perubahan beda fase cukup besar. Sampai pada frekuensi tinggi, perubahan beda fase semakin mengecil. Beda fase akan semakin besar jika frekuensi yang diberikan ke sampel semakin besar.

Percobaan kedua pada mode auto ac melakukan pengukuran dengan memberikan *set point* temperatur sebesar 175 °C dengan pemberian nilai frekuensi dari 50 Hz sampai 1 Mhz. Berikut grafik data yang didapat dari percobaan mode auto ac pada temperatur 175 °C pada *variable* frekuensi. Berikut grafik data percobaan.



Gambar 4.5. Grafik impedansi terhadap frekuensi pada temperatur 175 °C

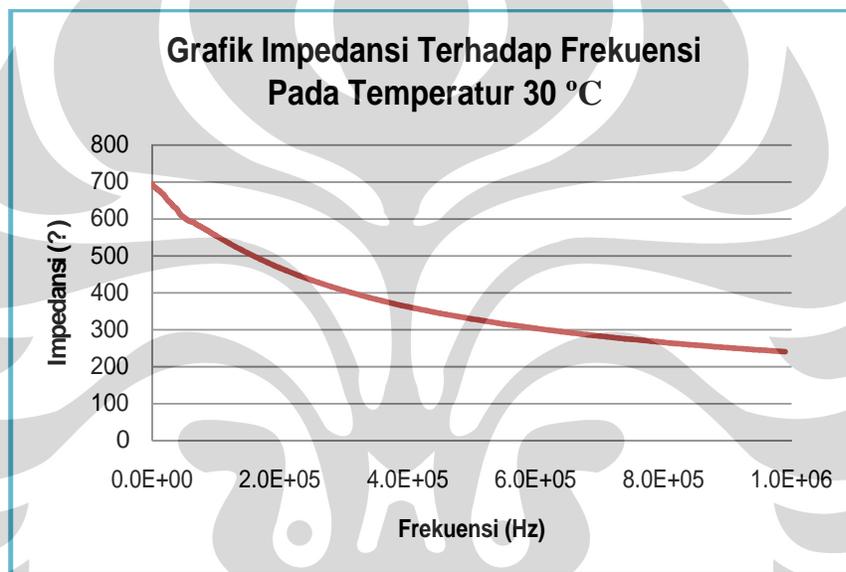
Dari grafik dapat dilihat terjadi perubahan nilai impedansi terhadap perubahan frekuensi. Pada frekuensi rendah, terjadi respon perubahan impedansi cukup drastis. Pada temperatur 175 °C nilai impedansi mencapai 250 k?. Sampai pada frekuensi tinggi, perubahan impedansi semakin mengecil. Semakin besar nilai frekuensi yang diberikan ke sampel maka nilai impedansi akan semakin mengecil.



Gambar 4.6. Grafik beda fase terhadap frekuensi pada temperatur 175 °C

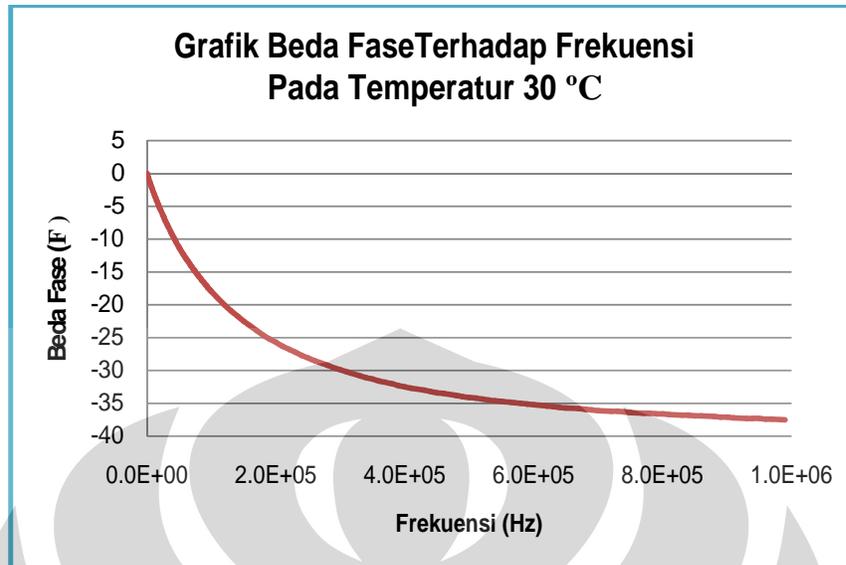
Pada frekuensi rendah, Nilai beda fase semakin membesar dengan respon perubahan beda fase yang cukup besar juga. Namun, sampai pada frekuensi tinggi, nilai beda fase berubah kembali mengecil.

Percobaan ketiga pada mode auto ac melakukan pengukuran dengan memberikan *set point* temperatur pada suhu lingkungan yaitu sebesar 30 °C dengan pemberian nilai frekuensi dari 50 Hz sampai 1 Mhz. Berikut grafik data yang didapat dari percobaan mode auto ac pada temperatur 175 °C pada *variable* frekuensi. Berikut hasil data percobaan.



Gambar 4.7. Grafik impedansi terhadap frekuensi pada temperatur 30°C

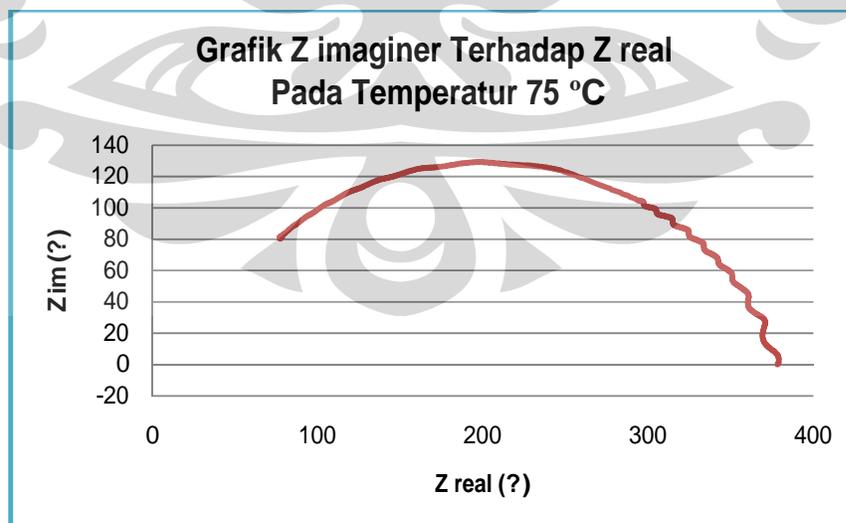
Dari grafik dapat dilihat terjadi perubahan nilai impedansi terhadap perubahan frekuensi. Pada pengambilan data di temperatur 30°C, respon perubahan nilai impedansi semakin mengecil dibandingkan dengan percobaan pada kondisi temperatur yang lainnya. Pada frekuensi rendah, respon perubahan impedansi cukup besar. Sampai pada frekuensi tinggi, perubahan impedansi semakin mengecil.



Gambar 4.8. Grafik beda fase terhadap frekuensi pada temperatur 30 °C

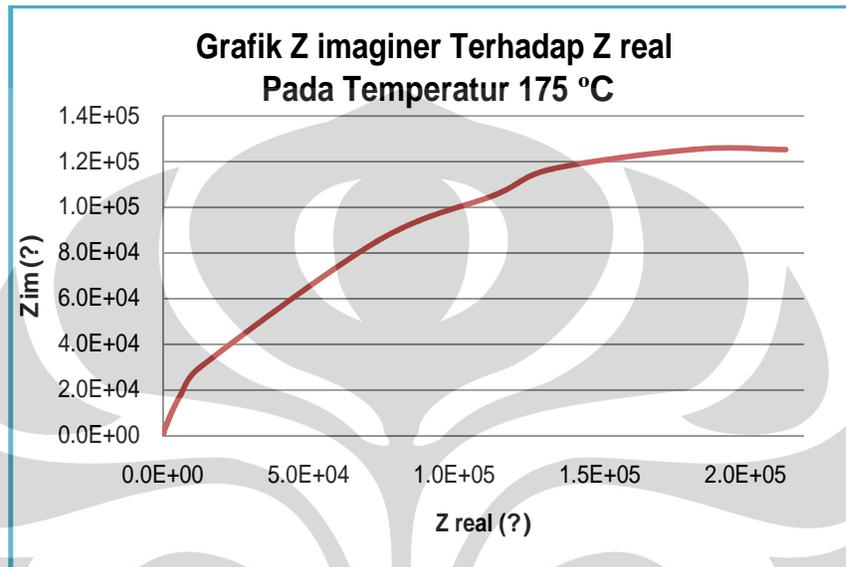
Dari grafik dapat dilihat nilai beda fase antara tegangan dan arus terhadap perubahan frekuensi semakin membesar. Pada frekuensi rendah sampai 50 kHz respon perubahan fase cukup besar. Lalu sampai frekuensi tinggi, perubahan impedansi semakin mengecil.

Dari percobaan mode auto ac, plot Nyquist dapat dihasilkan dari data nilai impedansi dan beda fase dari pengujian sampel yang terukur pada RLC meter fluke PM6306. Berikut plot Nyquist dari data pengukuran sampel.

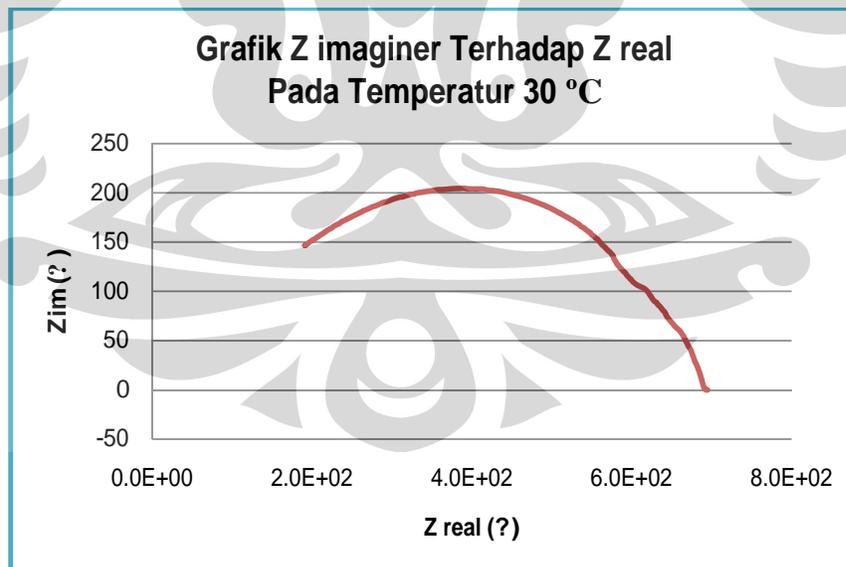


Gambar 4.9. Grafik Z imajiner terhadap Z real pada temperatur 75 °C

Hasil plot Nyquist kurva diatas menghasilkan grafik yang berbentuk menyerupai 3/8 lingkaran. Dari grafik menunjukkan bahwa pada frekuensi tinggi impedansi cenderung naik sampai pada batas nilai frekuensi 270 kHz. Pada frekuensi dari 270 kHz sampai 50 Hz impedansi kembali turun.



Gambar 4.10. Grafik Z imajiner terhadap Z real pada temperatur 175 °C



Gambar 4.11. Grafik Z imajiner terhadap Z real pada temperatur 30 °C

Pada percobaan *set point* temperatur 175 °C, kurva plot Nyquist yang dihasilkan pada frekuensi tinggi cenderung naik sampai pada batas frekuensi rendah. Hanya saja pada frekuensi 50 Hz, terjadi penurunan.

Sedangkan pada percobaan *set point* 30 °C menghasilkan grafik yang berbentuk menyerupai 3/8 lingkaran. Dari grafik menunjukkan bahwa pada frekuensi tinggi impedansi cenderung melengkung naik sampai pada batas nilai frekuensi 260 kHz. Pada frekuensi dari 270 kHz sampai 50 Hz impedansi kembali turun.

4.2 Analisa Percobaan

Dari eksperimen yang dilakukan diperoleh beberapa faktor penting yang menjadi bahan analisa kekurangan yang masih terdapat pada alat ini.

1. Dari data dapat dilihat bahwa komunikasi pengiriman perintah dan pengambilan data antara komputer dan impedansi meter fluke PM6306 dapat dilakukan dengan cukup baik. Hanya saja dalam membutuhkan waktu 5 detik untuk satu kali melakukan pengambilan data dari kontrol temperatur dan impedansi meter lalu dikirim ke komputer dikarenakan komunikasi dilakukan secara bergantian ke tiap-tiap perangkat.
2. Pada program mikrokontroler, tiap mode pengukuran memiliki perbedaan cara kerja program yang sesuai dengan aturan pada tiap-tiap modeny, sehingga pada tiap-tiap mode pengujian memiliki lama waktu *looping* yang berbeda. Tentunya hal ini akan berdampak pada cepat lambatnya perolehan data pada program LabVIEW yang dikirim dari mikrokontroler, sehingga pada pembuatan program LabVIEW *time looping* pengambilan data harus disesuaikan terhadap *time looping* dari mikrokontroler pada tiap-tiap mode pengujiannya. Hal ini dilakukan agar tidak adanya data yang hilang pada saat pembacaan data pada program LabVIEW yang disebabkan oleh *time loopingnya*.
3. Pada pengukuran mode auto ac, dilakukan percobaan dengan *set point* temperatur berbeda, yaitu 30 °C, 75 °C dan 175 °C. Hal ini dilakukan agar diketahui perbedaan respon impedansi, beda fase dan plot nyquist, sehingga dari seluruh data dapat memudahkan untuk penelitian lebih lanjut.

4. Dari seluruh data percobaan dapat diketahui secara fisis karakteristik sampel dikarenakan adanya perubahan nilai resistansi dan impedansi terhadap temperatur, sehingga dapat disimpulkan bahwa sampel adalah *positive temperature coefficient (PTC)*.



BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini berisi kesimpulan yang diperoleh penulis setelah melakukan eksperimen atau penelitian dalam pembuatan tugas akhir serta saran-saran untuk perbaikan atau penyempurnaan sistem sistem otomasi pengukuran impedansi bahan menggunakan alat ukur impedansi meter Fluke PM6306 ini agar diperoleh hasil yang lebih baik lagi dimasa lanjut.

5.1 Kesimpulan

Setelah menyelesaikan perancangan sistem serta melakukan pengujian terhadap sistem tersebut, maka penulis dapat menarik suatu kesimpulan bahwa:

1. Sistem otomatisasi pengukuran impedansi bahan dapat digunakan untuk mengukur impedansi bahan sebagai fungsi frekuensi dan temperatur. Dengan adanya sistem otomatisasi ini, waktu pengukuran menjadi jauh lebih cepat dibandingkan dengan cara manual, dan juga dapat menjaga kondisi fisik fluke PM6306 jauh dari kerusakan.
2. Waktu yang dibutuhkan satu kali pengambilan data dengan sistem otomatisasi sekitar 5 detik, jika dibandingkan pengambilan data secara mekanik atau manual yang membutuhkan waktu 4 menit.
3. Perubahan nilai resistansi dan impedansi sample terhadap temperatur menyatakan bahan memiliki karakteristik *Positive temperature coefficient* (PTC).

5.2 Saran

Beberapa saran yang dapat penulis berikan setelah melakukan penelitian tugas akhir ini agar hasil penelitian dapat dilakukan sebagai penelitian lanjutan dengan hasil yang lebih sempurna. Berikut beberapa saran dari penulis:

1. Desain program mikrokontroler sebaik mungkin agar mencegah terjadinya putusya hubungan antara komputer dengan impedansi meter dikarenakan impedansi meter memiliki *time out* pada kondisi *remote* jika tidak ada masukan perintah dari komputer.
2. Disain blok *time out* komunikasi serial pada LabVIEW untuk mengatasi kehilangan data masuk.

DAFTAR REFERENSI

- [1] Malvino, Albert Paul. (1981). *Prinsip-Prinsip Elektronik* (Edisi kedua). Jakarta : Erlangga.
- [2] Wardhana Lingga. (2006). *Belajar sendiri Mikrokontroller AVR*. Yogyakarta : Andi
- [3] Widodo, Budiharto. (2004). *Interfacing Komputer dan Mikrokontroller*. Jakarta : Elex Media Komputindo
- [4] ST, Suharta. (2005). *Aplikasi Mikrokontroler sebagai Pengendali Peralatan Elektronik*. Jakarta : Elex Media Komputindo.
- [5] Data Sheet AVR Microcontroller ATmega32.
- [6] www.atmel.com.

