

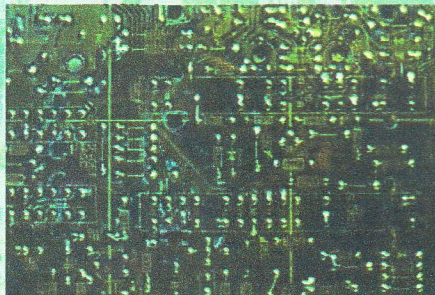
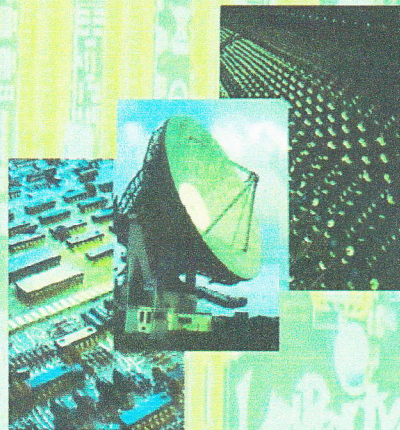
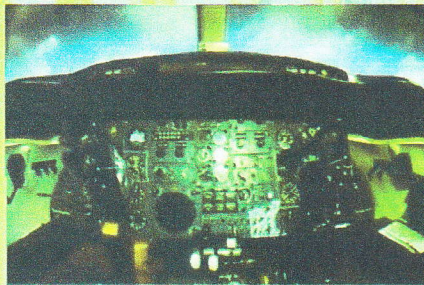
Sinusoida

Jurnal Penelitian dan Kajian Ilmu Teknik

Sinusoida

Jurnal Penelitian dan Kajian Ilmu Teknik Elektro

Vol. XVII No 2, Oktober 2015



Daftar Isi

Hal

- Implementasi Free Space Optical Pada Sistem BTS Terdistribusi sebagai Penghubung BBU Dan RRU
Ibrahim dan Heru Abrianto 1
- Perencanaan Instalasi Listrik Pengembangan Beban Pada Gedung Bertingkat
Sugianto dan Muhamad Saprudin 13
- Optimasi Penggunaan Kanal Untuk Mengurangi SDCC Congestion Pada Jaringan GSM
Yon M Tampubolon dan Mufti Gafar27
- Rancang Bangun Modul Pengukur Tegangan Proteksi Pada Sistem Proteksi Katodik
Edy Supriyadi dan Fajar Rahman 37
- Monitoring CCTV Jarak Jauh Melalui Jaringan VPN IP Berbasis MPLS
Fandy A.W dan Moh. Hamdani 49
- Pengatur Kecepatan dan Arah-Gerak Pasangan-Eskalator Berbasis PLC
Subekti dan Surya Alimsyah 58
- Perencanaan Sistem Distribusi Tenaga Listrik pada Countainer Crane Pelabuhan
Moh. Amir dan Rino Rianto T 70
- Rancang Bangun Sistem Pendeteksi dan Peringatan Terhadap Pelanggaran Karyawan Merokok dalam Toilet Perusahaan
Rudi dan H. Rachman Soleman 82

Sinusoida

Jurnal Penelitian Dan Pengkajian Elektro

SUSUNAN REDAKSI

- Penanggung Jawab : Dekan FTI-ISTN
(Dr. Ir. Agus Sofwan, M.Eng)
- Pemimpin Redaksi : Kepala Program Studi Teknik
Elektro (Ir. Irmayani, MT)
- Dewan Redaksi : Dr. Ir. Syamsul El Yumin, M.Sc
Dr. Ir. Abdul Multi, MT
Ir. Mufti Gafar, M M.Eng Sc
Ir. Adib Chumaidy, MT
Ir. Arfian Ahmad, M Sc
Ir. Surya Alimsyah, MT
Ir. Edy Supriyadi, MT
Ir. Nasrun Lubis M. Sc
Ir. Moh. Amir, M.Sc
Ir. Enang Permana
- Mitra Bestari : Dr. Ir. Agus Priyono
Prof. Dr. Ir. Hamzah Hilal, MSc
Prof. Dr. Ir. Masbach, M.Eng
Dr. Ir. Taswanda, MSc
- Redaksi Pelaksana : Ir. Sugianto, MT.
Ir. Rachman Soleman MT.
Ir. Iwan Hernawan MT
Ir. Djoko Surijatmono
Ir. Puji Utomo
Ir. Heru Abrianto MT
- Penerbit : Fakultas Teknologi Industri ISTN

PENGANTAR REDAKSI

Puji syukur kita panjatkan kepada Allah SWT Bahwasanya Journal Ilmiah Teknik Elektro Sinusoida FTI-ISTN Edisi kali ini yaitu Volume XVII, No.2, Oktober 2015, dapat diterbitkan dengan berisikan 6 tulisan yang dari para dosen Program Studi Teknik Elektro FTI-ISTN.

Adapun tulisan yang diterbitkan pada edisi ini adalah Implementasi Free Space Optical Pada Sistem BTS Terdistribusi sebagai Penghubung BBU Dan RRU, Perencanaan Instalasi Listrik Pengembangan Beban Pada Gedung Bertingkat, Optimasi Penggunaan Kanal Untuk Mengurangi SDCCCH Congestion Pada Jaringan GSM, Rancang Bangun Modul Pengukur Tegangan Proteksi Pada Sistem Proteksi Katodik, Monitoring CCTV Jarak Jauh Melalui Jaringan VPN IP Berbasis MPLS, dan Pengatur Kecepatan, Arah-Gerak Pasangan-Eskalator Berbasis PLC, Perencanaan Sistem Distribusi Tenaga Listrik pada Countainer Crane Pelabuhan, dan Rancang Bangun Sistem Pendeteksi dan Peringatan Terhadap Pelanggaran Karyawan Merokok dalam Toilet Perusahaan.

Dengan diterbitkannya Jurnal Sinusoida ini, redaksi mengharapkan agar para dosen program studi Teknik Elektro dapat lebih bergairah lagi untuk menulis karyanya demi kemajuan perkembangan teknik elektro dimasa datang.

Akhirnya kepada semua pihak yang telah turut membantu hingga diterbitkannya jurnal sinusoida edisi ini, kami mengucapkan banyak terima kasih.

Alamat Redaksi

Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri
Institut Sains dan Teknologi Nasional
Jl. M Kahfi II Bhumi Srengseng Indah, Jagakarsa
Jakarta 12640 Telp 021-7270091, 7872071
Fax 021-7874964 e-mail sinusoida_istn@hotmail.com

Redaksi menerima sumbangan makalah berupa artikel hasil penelitian atau karya ilmiah yang belum pernah dan tidak akan dipublikasikan di media lain. Naskah sudah harus diterima redaksi 4 (empat) minggu sebelum diterbitkan. Terbit dua kali setahun pada bulan April dan Oktober.



Sinusoida

Jurnal Penelitian Dan Pengkajian Elektro

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI		
1.	Implementasi Free Space Optical Pada Sistem BTS Terdistribusi sebagai Penghubung BBU Dan RRU Ibrahim dan Heru Abrianto	Halaman 1 – 12
2.	Perencanaan Instalasi Listrik Pengembangan Beban Pada Gedung Bertingkat Sugianto dan Muhamad Saprudin	13 – 26
3.	Optimasi Penggunaan Kanal Untuk Mengurangi SDCCH Congestion Pada Jaringan GSM Yon M Tampubolon dan Mufti Gafar	27 – 36
4.	Rancang Bangun Modul Pengukur Tegangan Proteksi Pada Sistem Proteksi Katodik Edy Supriyadi dan Fajar Rahman	37 – 48
5.	Monitoring CCTV Jarak Jauh Melalui Jaringan VPN IP Berbasis MPLS Fandy A.W dan Moh. Hamdani	49 – 57
6.	Pengatur Kecepatan dan Arah-Gerak Pasangan- Eskalator Berbasis PLC Subekti dan Surya Alimsyah	58 – 69
7.	Perencanaan Sistem Distribusi Tenaga Listrik pada Countainer Crane Pelabuhan Moh. Amir dan Rino Rianto T	70 – 81
8.	Rancang Bangun Sistem Pendeteksi dan Peringatan Terhadap Pelanggaran Karyawan Merokok dalam <i>Toilet</i> Perusahaan Rudi dan H. Rachman Soleman	82 – 92

RANCANG BANGUN MODUL PENGUKUR TEGANGAN PROTEKSI PADA SISTEM PROTEKSI KATODIK

Edy Supriyadi dan Fajar Rahman
Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri,
Institut Sains Dan Teknologi Nasional Jakarta

ABSTRAKSI:

Korosi adalah degradasi atau penurunan kualitas suatu logam akibat berinteraksi dengan lingkungan. Salah satu cara untuk mencegahnya dengan sistem proteksi katodik. Dalam kegiatan inspeksi dan monitoring sistem proteksi katodik di jaringan pipa dengan cara manual dengan melakukan kunjungan ke setiap test box untuk melakukan pengukuran tegangan proteksi menggunakan multimeter, kemudian data hasil pengukuran dicatat dalam laporan. Selain itu kegiatan analisa data dilakukan mengandalkan kemampuan personil yang ditugaskan. Dalam Tugas Akhir ini dibuat modul pengukur tegangan proteksi sebagai pengganti dari pengukuran dan pencatatan manual, sekaligus untuk melakukan analisa secara langsung setelah dilakukan pengukuran. Tujuannya adalah untuk meningkatkan efektifitas pengambilan dan penyimpanan data, serta analisa sistem proteksi katodik itu sendiri. Hasil dari pembuatan modul pengukur tegangan proteksi menunjukkan bahwa modul pengukur ini bisa digunakan sebagai pengganti dari pengukuran dan pencatatan manual dengan multimeter. Perbedaan pembacaan antara multimeter dengan modul pengukur minimum 0.001% maksimum 3.26%.

Kata kunci: *Korosi, Sistem Proteksi Katodik, Modul Pengukur Tegangan Proteksi.*

ABSTRACT:

Corrosion is the degradation of the quality of the metal as a result of interaction with the environment. One way to prevent with cathodic protection system. Inspection activities and monitoring of cathodic protection systems on pipelines is manually by visiting each test box for measuring the voltage protection using the multimeter, then the measured data is recorded in the report. Data analysis activities carried out relying on the ability of the personnel assigned. In this final project created a module for measured voltage protection as replacement of measurement and manual recording, as well as to perform the analysis directly after measurement. The aim is to improve the effectiveness of retrieval data storage, and analysis of the cathodic protection system itself. Results of voltage protection measuring module manufacturing indicates that the measuring module can be used as replacement of the manual measurement and recording with multimeter. The difference between the reading of the multimeter with measuring module minimum is 0.001% and maximum 3.26%.

Keywords: *Corrosion, Cathodic Protection System, Measuring Voltage Protection Module*

1. PENDAHULUAN

Sebagai perusahaan dengan bisnis utama di bidang distribusi dan transmisi gas alam melalui pipa, jaringan pipa merupakan aset yang paling penting dan kritis yang dimiliki oleh PT. Perusahaan Gas Negara (Persero). Tbk (PGN). Keberlangsungan bisnis perusahaan sangat bergantung terhadap kehandalan jaringan pipa untuk dapat menyalurkan gas ke pelanggan.

Risiko bahaya yang dimiliki oleh jaringan pipa baja yang dapat menyebabkan rusaknya pipa adalah korosi yang terjadi karena adanya pengaruh lingkungan. Korosi ini menyebabkan kehandalan pipa berkurang. Melihat begitu pentingnya pipa baja dan adanya risiko bahaya yang dimiliki maka pipa perlu diberikan perlindungan sistem proteksi katodik agar risiko bahaya tersebut dapat dikendalikan.

Dalam melakukan kegiatan inspeksi dan monitoring sistem proteksi katodik eksisting, PGN

masih menggunakan metode manual dengan melakukan kunjungan secara periodik ke tiap-tiap titik kontrol baik pada test box, junction box maupun rectifier station di jaringan dengan menggunakan multimeter untuk melakukan pengukuran. Dari hasil kunjungan hanya ada 1 (satu) data hasil pengukuran yang dicatat dalam laporan harian. Selain itu, kegiatan analisa data masih dilakukan secara konvensional dengan mengandalkan kemampuan pengolahan dan analisa dari personil yang ditugaskan.

Pemeliharaan sistem proteksi katodik pipa menjadi suatu hal yang penting untuk menjaga kehandalan jaringan pipa. Dalam Tugas Akhir ini akan dibuat modul pengukur sebagai pengganti dari pengukuran dan pencatatan manual dengan multimeter sekaligus untuk melakukan analisa secara langsung setelah dilakukan pengukuran. Tujuannya adalah untuk meningkatkan efektifitas pengambilan dan penyimpanan data, serta analisa sistem proteksi katodik itu sendiri.

2. Landasan Teori

2.1 Mikrokontroler

Mikrokontroler merupakan suatu IC yang di dalamnya berisi CPU, ROM, RAM, dan I/O. Mikrokontroler banyak terdapat pada peralatan elektronik yang serba otomatis, mesin fax, dan peralatan elektronik lainnya. Mikrokontroler dapat disebut pula sebagai komputer yang berukuran kecil yang berdaya rendah sehingga sebuah baterai dapat memberikan daya.

2.2 Arduino

Arduino didefinisikan sebagai sebuah platform elektronik yang open source, berbasis pada software dan hardware yang fleksibel dan mudah digunakan, yang ditujukan untuk seniman, desainer, hobbies dan setiap orang yang tertarik dalam membuat objek atau lingkungan yang interaktif.

Arduino sebagai sebuah platform komputasi fisik (Physical Computing) yang open source pada board input output sederhana, yang dimaksud dengan platform komputasi fisik disini adalah sebuah sistem fisik yang interaktif dengan penggunaan software dan hardware yang dapat mendeteksi dan merespon situasi dan kondisi.

2.3 Arduino Uno

Arduino Uno adalah sebuah board mikrokontroler yang berbasis ATmega328. Arduino

memiliki 14 pin digital input / output yang mana 6 pin dapat digunakan sebagai output PWM, 6 analog input, crystal osilator 16 MHz, koneksi USB, jack power, kepala ICSP, dan tombol reset. Ringkasan spesifikasi dari Arduino Uno dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Spesifikasi Arduino Uno

Mikrokontroler	ATmega328
Tegangan Operasi	5V
Input Voltage (Recommended)	+5V
Input Voltage (Limit)	+5.5V
Digital I/O Pin	14 pin (6 keluaran PWM)
Input Analog	6 pin
Max DC per pin I/O	40 mA
Max DC untuk pin 5V	50 mA
Flash Memory	1 KB (ATmega328) 0.5 KB digunakan firmware
SRAM	2 KB (ATmega16)
EEPROM	1 KB (ATmega328)
Clock Speed	16 MHz

Arduino menyediakan 20 pin I/O, yang terdiri dari 6 pin input analog dan 14 pin digital input/output. Untuk 6 pin analog sendiri bisa juga difungsikan sebagai output digital jika diperlukan output digital tambahan selain 14 pin yang sudah tersedia. Untuk mengubah pin analog menjadi digital cukup mengubah konfigurasi pin pada program. Dalam board kita bisa lihat pin digital diberi keterangan 0-13, jadi untuk menggunakan pin analog menjadi output digital, pin analog yang pada keterangan board 0-5 kita ubah menjadi pin 14-19. dengan kata lain pin analog 0-5 berfungsi juga sebagai pin output digital 14-16.

Software arduino yang digunakan adalah driver dan IDE, walaupun masih ada beberapa software lain yang sangat berguna selama pengembangan arduino. IDE atau Integrated Development Environment suatu program khusus untuk suatu komputer agar dapat membuat suatu rancangan atau sketsa program untuk papan arduino. IDE arduino merupakan software yang ditulis dengan menggunakan java.

2.4 Analog to Digital Converter

ADC atau kepanjangan dari Analog to Digital Converter merupakan alat yang digunakan untuk mengubah data analog menjadi data digital. Pada arduino uno sudah terdapat modul ADC, sehingga dapat langsung digunakan.

2.5 Sistem Proteksi Katodik

Sistem proteksi katodik adalah suatu teknik yang digunakan untuk mengendalikan korosi pada pipa dengan menjadikan pipa tersebut sebagai katoda

atau memiliki potensial di area imun. Korosi pada pipa terjadi jika ion positif dari pipa mengalir ke lingkungan / tanah sehingga potensialnya naik makin positif. Proteksi katodik dilakukan dengan menurunkan potensial pada pipa ke potensial kriteria proteksi katodik (-850 mV vs Cu/CuSO₄, reff. NACE SP0169).

Ada dua metode proteksi katodik yaitu Sacrificial Anode Cathodic Protection (SACP) dan Impressed Current Cathodic Protection (ICCP). SACP adalah metode sistem proteksi katodik yang menggunakan sebuah anoda yang dikorbankan untuk melindungi katoda (logam yang diproteksi) dengan cara memberikan muatan dari anoda ke katoda. Dengan memberikan muatan kepada katoda maka akan mencegah muatan dari katoda lepas ke lingkungan yang dimana dapat berinteraksi dengan oksigen dan ion-ion lain di lingkungan yang menyebabkan korosi.

Secara umum perbandingan antara SACP dengan ICCP dapat dilihat pada tabel 2.2 dibawah ini.

Tabel 2.2 Perbandingan antara SACP dengan ICCP

SACP	ICCP
Lingkup proteksi terbatas	Dapat memproteksi struktur yang lebih luas
Menggunakan consumable anoda	Menggunakan nonconsumable anoda
Tanpa menggunakan instalasi listrik	Mencorbankan instalasi listrik

2.6 Pemrograman Arduino dengan Bahasa C

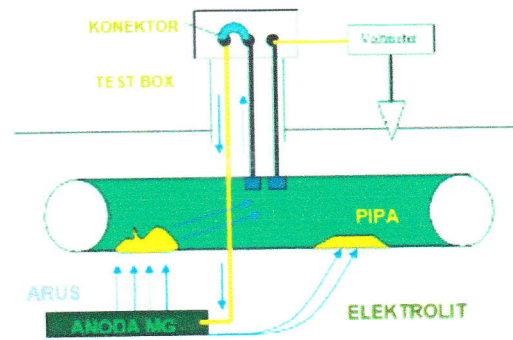
Bahasa C atau C++ adalah suatu bahasa pemrograman. Bahasa C termasuk sebagai bahasa pemrograman tingkat menengah, maksudnya bahasa C bisa dipelajari dengan lebih mudah karena mudah dimengerti tetapi mempunyai kemampuan yang tinggi. Bahasa C bisa digunakan untuk merekayasa program untuk segala kebutuhan, baik untuk aplikasi bisnis, matematis atau bahkan *game*.

3. PERANCANGAN ALAT

Bab ini membahas tentang perancangan sampai dengan pembuatan modul pengukur tegangan proteksi katodik. Pada perancangan sistem ini meliputi perancangan perangkat lunak (*software*), dan perangkat keras (*hardware*). Meliputi perancangan pada arduino dengan modul LCD keypad shield, relay, LED indikator, voltage regulator dan modul external memory card (SD Card) sedangkan perancangan *software* arduino

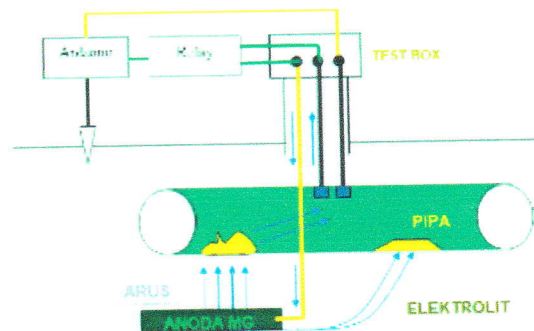
menggunakan bahasa C dengan *compiler* Arduino.CC.

Kondisi eksisting pengukuran pada sistem proteksi katodik di lapangan seperti gambar dibawah ini :



Gambar 3.1 Kondisi Eksisting Pengukuran

Saat dipasang modul pengukuran sistem dilapangan menjadi seperti gambar 3.2.

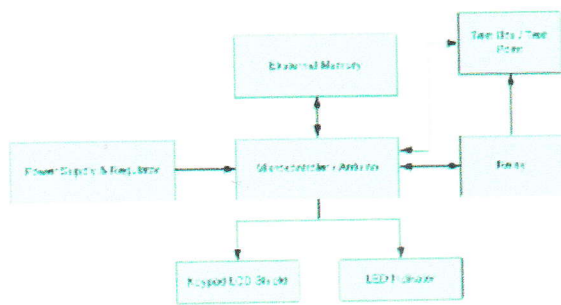


Gambar 3.2 Pengukuran dengan modul

Modul pengukur tegangan proteksi nantinya akan digunakan pada *test box* SACP. Konektor antara pipa dengan anoda diganti dengan koneksi pada *relay*, saat pengukuran tegangan proteksi baik *reference halfcell* dan kabel yang terhubung dengan pipa akan disambungkan ke pin *analog* arduino.

3.1 Perancangan Diagram Blok dan Flowchart

Pada bab ini perancangan disusun untuk memberikan gambaran yang jelas mengenai perencanaan rangkaian setiap blok, serta komponen yang dibutuhkan untuk mendapatkan unjuk kerja alat yang diinginkan.



Gambar 3.3 Blok Sistem Keseluruhan

3.2 Prinsip Kerja Sistem

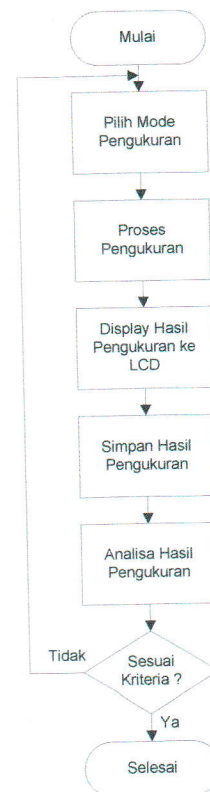
Pengukuran tegangan dilakukan dengan metoda standar yaitu menggunakan *halfcell* Cu-CuSO₄ (yang merupakan referensi) yang ditempelkan ke tanah dan dihubungkan ke kutub negatif sedangkan kutub positif dihubungkan ke pipa. Sinyal tegangan yang diperoleh sistem kemudian dihantarkan ke mikrokontroler melalui pin *analog input* dan pin GND pada arduino. Mikrokontroler berfungsi untuk melakukan pemrosesan data sinyal tegangan tersebut yang merupakan sinyal *analog*. Dalam prosesnya, sinyal *analog* ini terlebih dahulu diubah menjadi sinyal *digital*.

Pengukuran tegangan proteksi bisa dilakukan dengan cara pemilihan mode pengukuran, yaitu mode pengukuran awal dan mode pengukuran lanjutan. Arduino akan melakukan pengambilan data tegangan proteksi sesuai dengan mode pengukuran yang dipilih dan kemudian disimpan dalam SD Card. Jika data tegangan proteksi sudah cukup sesuai dengan yang diinginkan selanjutnya dilakukan proses analisa hasil pengukuran.

Hasil perhitungan nilai pengukuran awal kemudian dianalisa dengan cara dibandingkan dengan batas tegangan minimal -850 mV dan batas tegangan maksimal -2000 mV. Apabila hasil pengukuran awal berada pada rentang aman / terproteksi, maka lampu hijau yang terdapat pada modul sebagai indikator aman akan menyala. Apabila hasil pengukuran awal berada di bawah batas

minimal ataupun berada di atas batas maksimalnya, maka indikator lampu merah pada modul juga akan menyala dan secara otomatis akan melakukan pengukuran lanjutan.

Jika ingin dilakukan pengukuran lanjutan secara manual, dengan cara melakukan pemilihan menu pengukuran lanjutan pada mikrokontroler. Relay berfungsi sebagai saklar otomatis (*interrupt*) dalam hal ini sebagai pengganti konektor pada *test box* untuk memutuskan tegangan proteksi pipa melalui kabel yang terhubung dengan anoda, sehingga didapatkan tegangan ON proteksi dan OFF proteksi pada pipa.



Gambar 3.4 Flowchart Proses Kerja Sistem

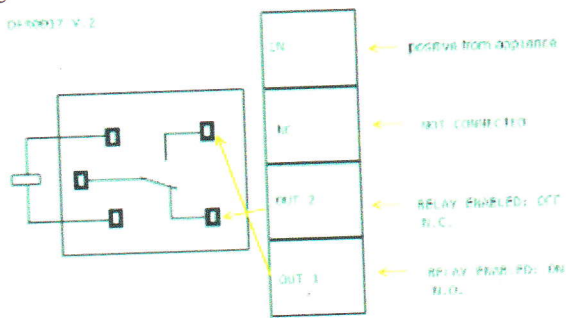
3.3 Pembuatan Alat

3.3.1 Power Supply dan Voltage Regulator

Power supply menggunakan baterai 9 V, sehingga membutuhkan rangkaian *voltage regulator* untuk memastikan sumber tegangan yang berfungsi untuk mengaktifkan sistem ini mengeluarkan *output* konstan, yaitu 5 V.

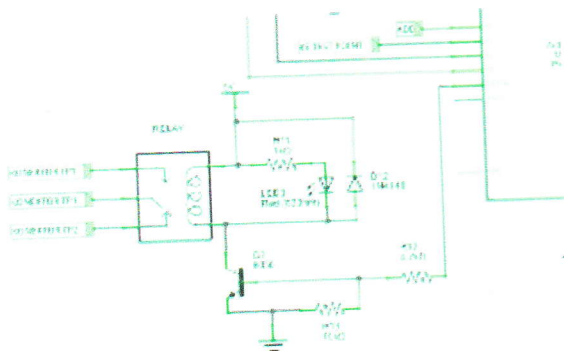
3.3.2 Rangkaian Modul Relay

Rangkaian *relay* yang digunakan menggunakan modul *relay* yang sudah *compatible* dengan arduino yaitu *relay module v3.1* dari DF Robot. *Relay* yang digunakan yaitu model JQC-3FF. Rangkaian modul *relay* disusun dari transistor, yang berperan sebagai saklar elektronik. Rangkaian transistor ini digunakan untuk menggerakkan *relay* apabila mendapat masukan dari keluaran arduino. Sehingga dengan masukan logika *high* (5 V) maka *relay* akan berada dalam kondisi ON (*normally close*) sedangkan bila mendapat masukan logika *low* (0 V) maka *relay* berada dalam kondisi OFF (*normaly open*). Konfigurasi *relay* yang digunakan seperti pada gambar 3.5.



Gambar 3.5 Konfigurasi *relay*

Berikut rangkaian modul *relay* yang digunakan sebagai saklar ON dan OFF.

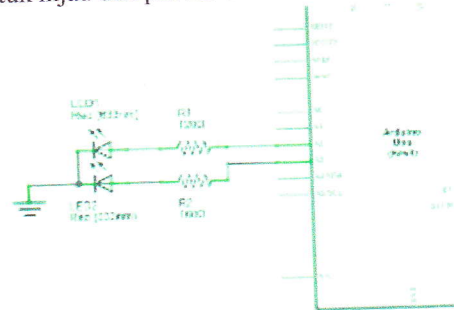


Gambar 3.6 Rangkaian modul *relay*

Pada gambar diatas, *relay* mendapat *input* dari keluaran pin A4 arduino. Masukan dari arduino akan mengaktifkan transistor untuk menggerakkan koil pada *relay*. *Output relay* berfungsi sebagai *interrupt* (penyambung dan pemutus) sebagai pengganti konektor yang menghubungkan pipa dengan anoda pada lokasi *test box*.

3.3.3 Rangkaian LED Indikator

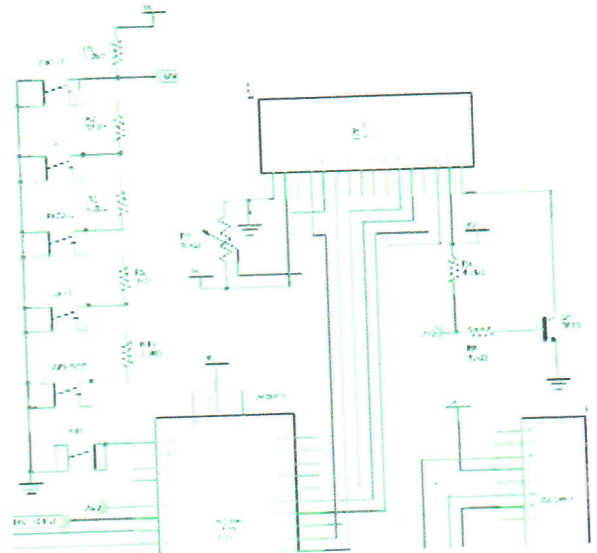
Arus maksimal yang diperbolehkan melalui LED adalah 20 mA. LED memiliki karakteristik berbeda-beda menurut warna yang dihasilkan. Tegangan kerja yang jatuh pada sebuah LED berbeda-beda, menurut warna yang dihasilkan. Masing-masing LED akan disambungkan dengan pin A2 untuk hijau dan pin A3 untuk merah.



Gambar 3.7 Rangkaian LED indikator

3.3.4 Rangkaian Modul LCD Keypad Shield

LCD *keypad shield* yang digunakan merupakan modul LCD *keypad shield* yang sudah dilengkapi dengan *keypad* (*push button*) sehingga koneksi antara pin LCD *keypad shield* dengan board arduino sudah tepat posisinya. Untuk rangkaian modul LCD *keypad shield* seperti pada gambar 3.8.



Gambar 3.8 Rangkaian modul LCD

Adapun konfigurasi pin LCD *keypad shield* yang akan disambungkan dengan arduino sesuai tabel 3.1.

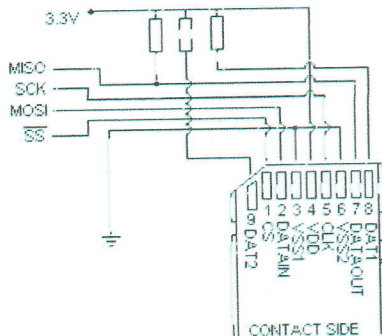
Tabel 3.1 Konfigurasi pin LCD *keypad shield* dengan pin Arduino

Pin LCD <i>keypad shield</i>	Pin Arduino
RS	D8

E	D9
DB4	D4
DB5	D5
DB6	D6
DB7	D7
Pin push button	A0

3.3.5 Rangkaian Eksternal Memory Card

Sebuah modul *external memory card* tidak dapat dihubungkan langsung ke arduino dengan menghubungkan kaki kakinya begitu saja. Hal yang harus diketahui dahulu adalah konfigurasi pin *out* dari SD Card sebelum menyambungkannya. Urutan pin *out* dari SD Card seperti gambar 3.11.



Gambar 3.11 Konfigurasi pin SD Card

Pada pembuatan modul pengukur ini, modul SD card menggunakan yang tersedia di pasaran. Modul SD card terdapat 6 pin dari MMC / SD Card yang dihubungkan dengan modul arduino yaitu (CS), (Data In /MOSI), (GND), (VCC), (CLK) dan pin 7 (Data Out / MISO) dihubungkan langsung ke pin 11,12,13 arduino, sedangkan untuk pin CS pada pin 10.

3.3.6 Rangkaian Mikrokontroler

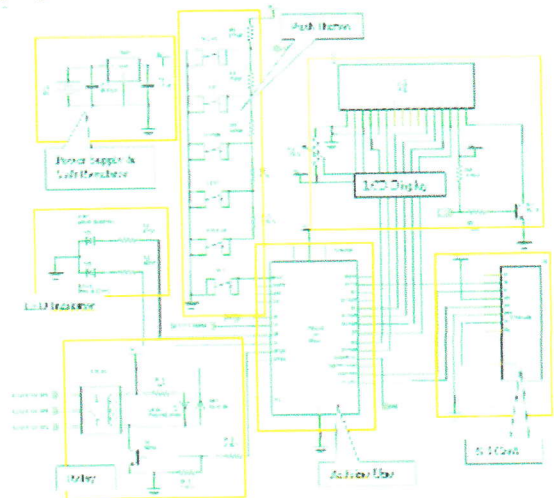
Mikrokontroler yang digunakan pada Tugas Akhir kali ini yaitu *board* arduino uno yang berfungsi untuk pengambilan data tegangan proteksi dan kemudian diproses untuk dilakukan analisa sesuai dengan kriteria tegangan proteksi yang diinginkan.

Data tegangan proteksi yang akan diukur disambungkan dengan pin *analog* A1. Untuk sistem keseluruhan, arduino akan disambungkan dengan modul LCD *keypad shield* melalui pin D4 sampai D9 sebagai tampilan untuk pemilihan mode pengukuran dan pin A0 sebagai pembacaan *push button* yang ditekan, kemudian disambungkan dengan LED indikator warna hijau dan merah melalui pin A2 dan A3.

Pin *input* modul *relay* akan disambungkan dengan pin A4 sebagai masukan yang membuat

kondisi *relay* ON atau OFF. Sedangkan pin *output* modul *relay* yang digunakan yaitu pin IN / COM yang disambungkan dengan satu konektor di *test box* dan pin NC (*Normaly Close*) juga disambungkan dengan satu konektor di *test box*.

Adapun sistem keseluruhan modul pengukuran tegangan seperti gambar 3.14.



Gambar 3.14 Rangkaian Sistem Keseluruhan

3.3.7 Perancangan Program (Perangkat Lunak)

Perangkat lunak atau program merupakan urutan perintah yang dilaksanakan oleh arduino agar alat dapat berjalan sesuai dengan keinginan. Program dibuat dalam software arduino.cc menggunakan bahasa C.

Program berisi perintah atau instruksi untuk pengambilan data tegangan proteksi yang merupakan data analog melalui pin A1. Untuk inisiasi awal dalam tampilan pada LCD keypad shield pemilihan menu mode pengukuran yaitu mode pengukuran awal dan pengukuran lanjutan. Mode pemilihan pengukuran dengan menekan tombol push button yang sudah tersedia pada modul LCD keypad shield yang terhubung dengan arduino melalui input analog pin A0, jika tidak ada push button yang ditekan maka mikrokontroler akan terus melakukan scanning sampai ada yang ditekan / perintah.

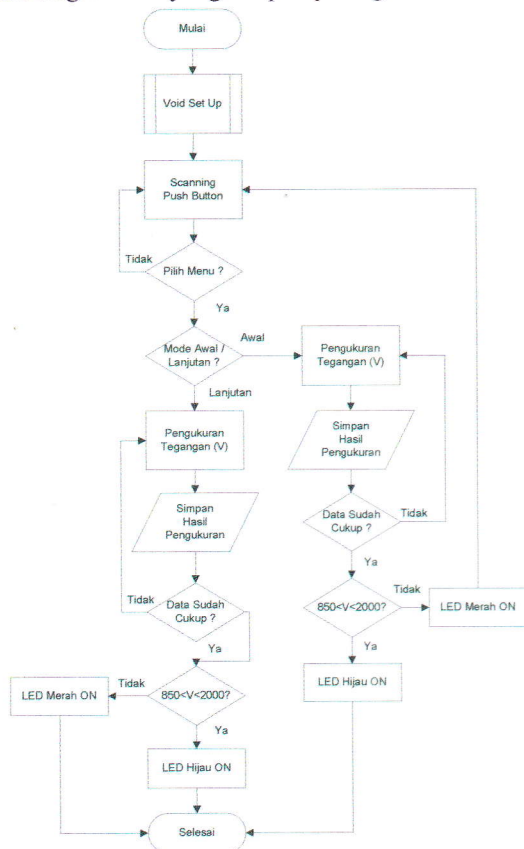
Setelah mode pengukuran dipilih, maka program akan menjalankan perintah untuk pengambilan data tegangan proteksi melalui pin A1, kemudian data hasil pengukuran disimpan ke dalam SD card sampai data yang dibutuhkan sesuai dengan pilihan mode pengukuran.

Analisa akan dilakukan setelah data yang diambil sudah sesuai dengan mode pengukuran yang dipilih, kemudian langsung dilakukan analisa sesuai dengan kriteria tegangan proteksi yang ditentukan.

Jika hasil analisa pengukuran masuk dalam kriteria yang dikehendaki, maka LED hijau akan menyala namun jika hasil pengukuran diluar kriteria maka LED merah akan menyala. Kemudian menu pengukuran akan kembali ke awal scanning push button.

Kalau diperlukan pengukuran lanjutan maka dilakukan pemilihan menu pengukuran lanjutan untuk pengambilan data selama 30 menit dan setelah data yang diukur sudah didapatkan maka akan dilakukan kembali analisa untuk mengetahui hasil pengukuran.

Secara garis besar program yang dibuat mengacu pada diagram alir yang tampak pada gambar 3.15.



Gambar 3.15 Diagram Alir Program

4. PENGUJIAN ALAT

Pengujian sistem dilakukan untuk mengetahui kinerja modul pengukuran yang dibuat. Adapun pengujian yang dilakukan yaitu pengujian pada sisi hardware pada beberapa blok rangkaian yang telah

digabungkan menjadi satu sistem dan pengujian akhir dengan melakukan pengujian alat secara keseluruhan. Pengujian dan pengukuran ini sangat mempengaruhi kehandalan dari perangkat yang telah dibuat. Pengujian ini dilakukan berdasarkan bagian-bagian yang telah dirancang pada bab sebelumnya. Untuk pengujian pembacaan tegangan sebagai pembanding menggunakan Multimeter Fluke tipe 117.

4.1 Pengukuran Catu Daya Sistem

Pengukuran ini dilakukan untuk mengetahui tegangan pada baterai 9V, tegangan keluaran *voltage regulator* dari LM 7805 sebagai sumber daya dari sistem. Dari hasil pengukuran seperti pada tabel 4.1, diketahui bahwa baterai 9 V yang dipakai bisa digunakan sampai dengan 2 jam 28 menit (\pm 8901 detik) sampai posisi mendekati 7.14 V. Seperti diketahui, *input* dari LM 7805 minimum 7 V untuk menghasilkan *output* di 5 V.

Tabel 4.1 Tabel hasil pengukuran baterai 9V

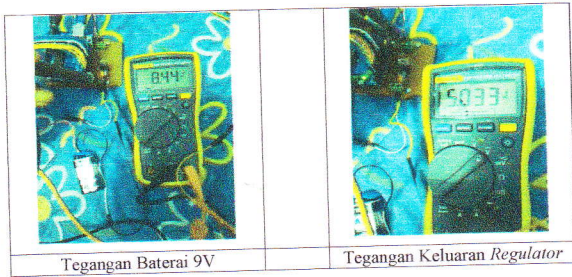
Waktu (detik)	Tegangan Baterai (Volt)
1	8.44
30	8.44
69	8.43
8901	7.14

Pengukuran pada *input* sistem di arduino dilakukan pada keluaran *regulator* LM 7805 dimana tegangan dari baterai di *regulator* menjadi tegangan 5 volt. Adapun hasil pengukuran keluaran *regulator* seperti pada tabel 4.2.

Tabel 4.2 Tabel hasil pengukuran keluaran *regulator*

Waktu (detik)	Tegangan Regulator (Volt)
1	5.033
2	5.033
3	5.033
10	5.033
20	5.033
30	5.033
40	5.033
50	5.033
60	5.033

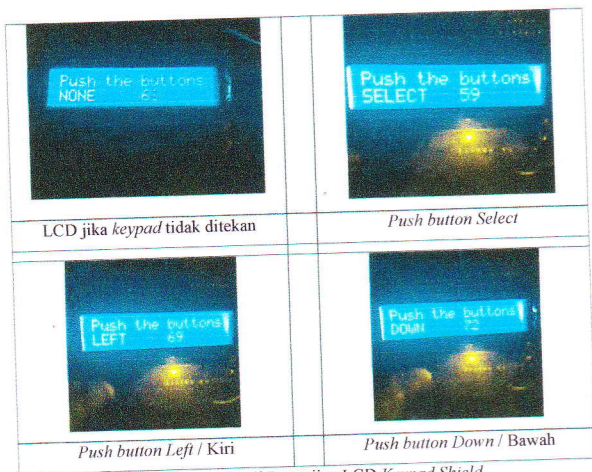
Dari hasil pengukuran keluaran *regulator* didapatkan tegangan regulator stabil di 5.033 V.



Gambar 4.1 Proses Pengukuran Baterai

4.2 Pengujian LCD Keypad Shield

Pengujian ini dilakukan untuk memastikan berfungsinya LCD keypad shield pada sistem. Push button (keypad) digunakan untuk memilih mode pengukuran dan akan ditampilkan pada LCD. Sketch program untuk pengujian LCD keypad shield dapat dilihat pada Lampiran 1. Adapun hasil pengujian sebagai berikut:

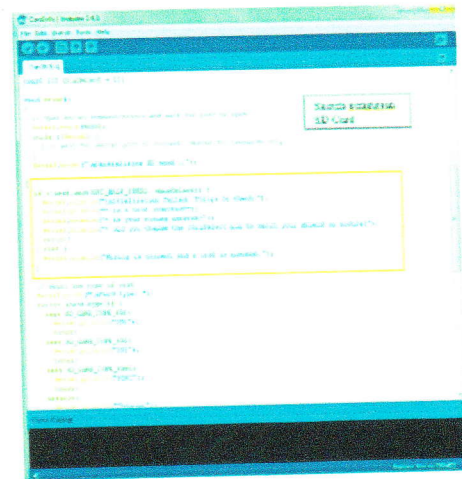


Gambar 4.4 Hasil Pengujian LCD Keypad Shield

Dari hasil pengujian LCD keypad shield didapatkan LCD dan keypad (push button) berfungsi dengan baik.

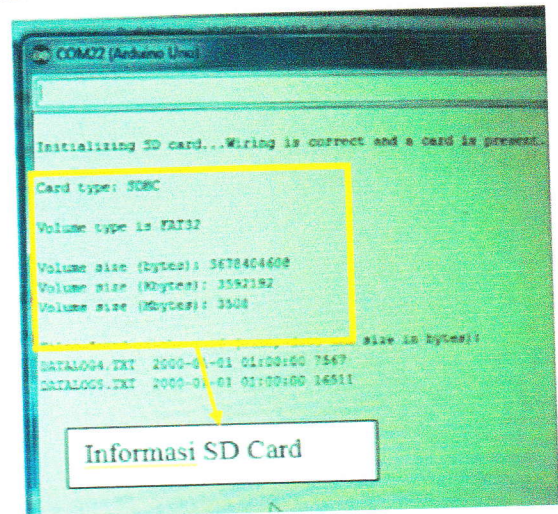
4.3 Pengujian Modul SD Card

Untuk menguji apakah modul SD Card sudah tepat dalam penempatan pin maka dilakukan pengujian arduino SD card test library yang sudah ada di software arduino 1.6.5 lalu dibuka serial monitor melalui COM 22. Melalui komunikasi serial akan menunjukkan hasil pengujian modul SD card sudah terkoneksi dengan benar, berikut ini merupakan Library SD card test pada software arduino 1.6.5.



Gambar 4.5 Library SD Card Test

Pada gambar 4.5 merupakan program yang sudah ada dalam library yang berfungsi menguji komunikasi modul dan SD Card, untuk mengetahui informasi dari SD Card yang digunakan.



Gambar 4.7 Hasil Pengujian Modul SD Card

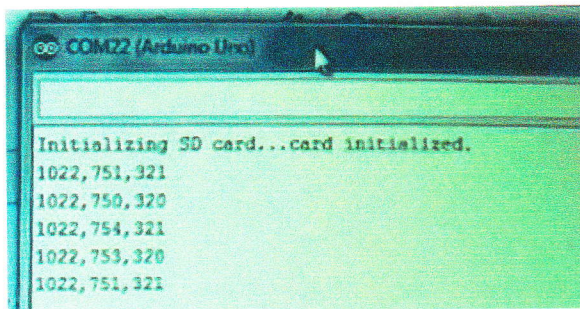
Berdasarkan gambar 4.7 dapat dikatakan bahwa Modul SD Card ini dapat membaca informasi tentang tipe dan ukuran SD Card yang digunakan, sehingga dapat disimpulkan modul ini bekerja dengan baik.

4.4 Pengujian Penyimpanan Hasil Pengukuran Tegangan

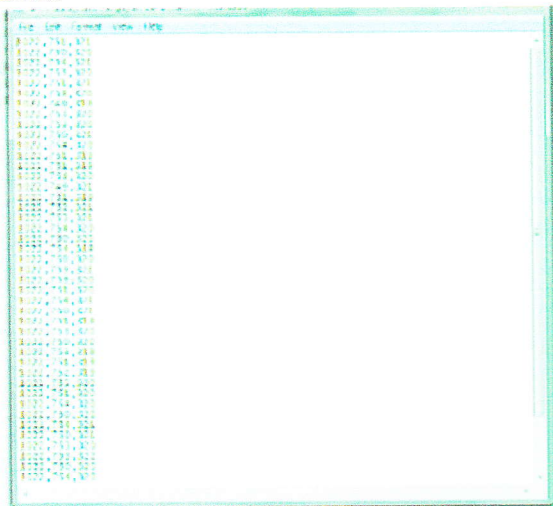
Pengujian ini dilakukan dengan komunikasi serial antara arduino dengan notebook. Serial monitor berfungsi untuk menampilkan data yang terdapat pada arduino yang menu / fiturnya sudah ada dalam software arduino. Pengujian ini melakukan

penyimpanan data yang dibaca melalui pin *analog* arduino dan dilakukan pengecekan melalui serial monitor untuk memastikan data yang dibaca akan sama dengan data yang disimpan dalam *SD Card*.

Pada gambar 4.9 merupakan hasil penyimpanan data pembacaan pengukuran tegangan pada pin arduino sedangkan gambar 4.10 merupakan hasil komunikasi serial pembacaan pengukuran tegangan pada pin arduino. Dari gambar 4.9 dan 4.10 bisa dilihat antara penyimpanan data hasil pengukuran yang di *SD Card* menghasilkan data yang sama dengan pembacaan serial monitor, hal ini berarti penyimpanan data berjalan dengan baik.



Gambar 4.9 Pembacaan Data dalam Komunikasi Serial

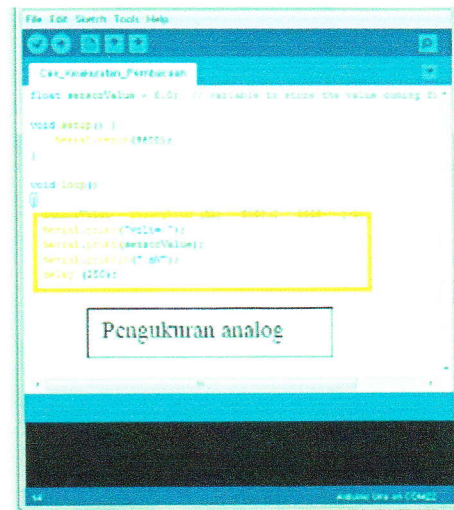


Gambar 4.10 Hasil Penyimpanan Data di *SD Card*

4.5 Pengujian Akurasi Pembacaan Tegangan Arduino dengan Multimeter

Pengujian akurasi pembacaan tegangan antara arduino menggunakan pin *analog* arduino dengan multimeter. Dilakukan pengukuran pada 2 material, yaitu paku dan besi seperti pada gambar 4.11. Program pengukuran potensial pada kedua material tersebut dengan *Halfcell* (Cu-CuSO₄) sebagai

referensi. Adapun program yang di-*upload* ke dalam arduino adalah seperti gambar 4.13.



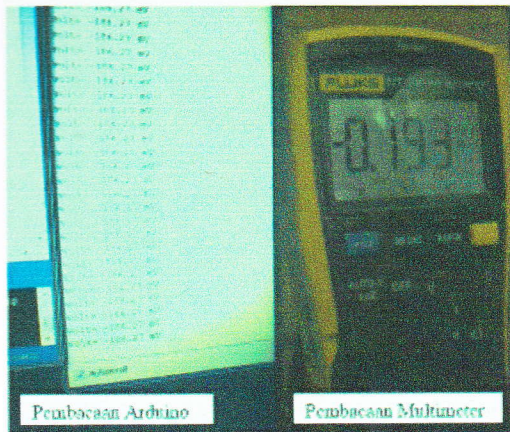
Gambar 4.13 Program Pengukuran Tegangan Material

Dari pembacaan kedua material tersebut melalui komunikasi serial antara arduino dengan *notebook* pada COM 22 didapatkan hasil pengukuran seperti pada tabel 4.3.

Tabel 4.3 Hasil Pengukuran Arduino dan Multimeter – Material Paku

Data ke-	Pembacaan Serial (mV)	Pembacaan Multimeter (mV)	Deviasi (%)
1	-186.27	-193	-3.4
2	-186.27	-193	-3.4
3	-186.27	-193	-3.4
4	-186.27	-193	-3.4
5	-186.27	-193	-3.4
6	-186.27	-193	-3.4
7	-186.27	-193	-3.4
8	-186.27	-193	-3.4
9	-186.27	-193	-3.4
10	-186.27	-193	-3.4
11	-186.27	-193	-3.4
12	-186.27	-193	-3.4
13	-186.27	-193	-3.4
14	-186.27	-193	-3.4
15	-186.27	-193	-3.4

Pengukuran ini diambil 15 buah data, hasilnya masih ada selisih 6.73 mV (-3.4%) antara pengukuran arduino dengan pengukuran dengan multimeter. Pada gambar 4.13 menunjukkan dokumentasi saat pengujian, dimana gambar sebelah kiri merupakan hasil pembacaan serial arduino dan gambar sebelah kanan hasil pembacaan multimeter.



Gambar 4.13 Pembacaan Arduino & Multimeter Material Paku

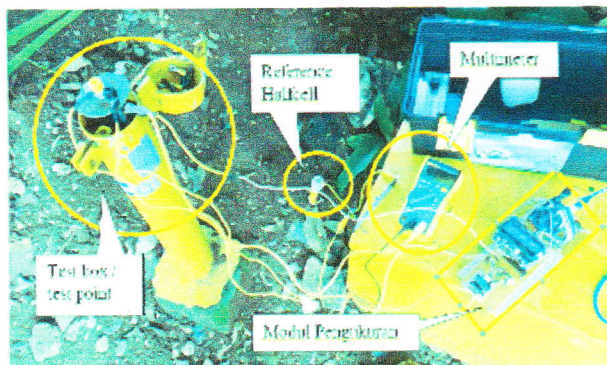
4.6 Pengujian Sistem Secara Keseluruhan

Setelah dilakukan pengujian masing-masing modul dan pengujian akurasi pembacaan tegangan, maka selanjutnya dilakukan pengujian sistem secara keseluruhan, dimana semua modul atau bagian dijadikan satu kesatuan dan kemudian dilakukan pengujian lapangan.

Pengukuran mode awal dilakukan selama 5 menit dimana pengukuran tegangan ON dan OFF proteksi katodik dalam 1 siklus yaitu 5 detik. Dengan tegangan ON 4 detik dan OFF 1 detik, sehingga dari 5 menit pengukuran didapatkan 60 data tegangan proteksi.

Pada pengukuran mode lanjutan dilakukan selama 30 menit, sama seperti pengukuran awal, pengukuran tegangan ON dan OFF proteksi katodik selama 5 detik, sehingga dari 30 menit pengukuran didapatkan 360 data tegangan proteksi katodik.

Lokasi pengujian dilakukan pada *test box* Perumahan TNI AU dengan nomor 1.JKT.02.TB.1180 dengan detail lokasi seperti gambar 4.15 dan dokumentasi kondisi saat pengukuran lapangan seperti pada gambar 4.16.



Gambar 4.16 Gambar Alat Saat Uji Coba Lapangan

Pertama kali dilakukan pengukuran awal, dan hasil pengujian pengukuran awal seperti pada tabel 4.5.

Tabel 4.5 Hasil Pengujian Lapangan Pengukuran Awal

Data Ke-	Tegangan ON (mV)		Tegangan OFF (mV)	
	SD Card	Multimeter	SD Card	Multimeter
1	-706,12	-729	-868,71	-873
2	-822,25	-828	-826,9	-832
3	-822,25	-828	-887,29	-894
4	-864,86	-857	-896,58	-890
5	-891,94	-875	-808,32	-801
6	-822,25	-828	-826,9	-832
7	-822,25	-828	-826,9	-832
8	-785,09	-772	-766,51	-755
9	-822,25	-828	-887,29	-894
10	-775,8	-768	-812,96	-805
11	-706,12	-729	-868,71	-873
12	-822,25	-828	-887,29	-894
13	-932,99	-933	-858,94	-863
14	-822,25	-828	-826,9	-832
15	-859,42	-864	-771,15	-774
16	-785,09	-772	-766,51	-755
17	-859,42	-864	-771,15	-774
18	-822,25	-828	-887,29	-894
19	-891,94	-906	-733,99	-747
20	-859,42	-864	-771,15	-774
21	-891,94	-906	-733,99	-747
22	-864,86	-857	-896,58	-890
23	-859,42	-864	-771,15	-774
24	-891,94	-875	-808,32	-801
25	-822,25	-828	-887,29	-894
26	-859,42	-864	-771,15	-774
27	-864,86	-857	-896,58	-890
28	-859,42	-864	-771,15	-774
29	-864,86	-857	-896,58	-890
30	-822,25	-828	-826,9	-832
31	-775,8	-768	-812,96	-805
32	-891,94	-875	-808,32	-801
33	-859,42	-864	-771,15	-774
60	-822,25	-828	-826,9	-832
Rata - Rata	-833,45		-832,08	

Pada tabel 4.5 di atas, hasil pengukuran tegangan ON proteksi arduino bervariasi mulai dari -706.12 mV sampai dengan -932.99 mV. Rata-rata pengukuran menunjukkan nilai -833.45 mV sedangkan pembacaan multimeter juga bervariasi dengan nilai -729 mV sampai dengan -933 mV. Terdapat perbedaan pengukuran 22.88 mV (-3.14%) pada nilai minimum dan perbedaan pengukuran 0.01 mV (-0.001%) pada nilai maksimum jika dibandingkan dengan pengukuran menggunakan multimeter.

Pengukuran tegangan OFF proteksi arduino bervariasi mulai dari -771.15 mV sampai dengan -896.58 mV. Rata-rata pengukuran menunjukkan nilai -

Dari hasil pengujian dalam simulasi dan juga pengujian langsung di lapangan, dapat dibuat rangkuman seperti pada tabel 4.7.

3.26% pada nilai maksimum. Keseluruhan Hasil Pengujian Sistem

Pada tabel 4.6, hasil pengukuran tegangan ON proteksi arduino yang ditampilkan hanya 34 buah data dari 360 data yang disimpan dengan hasil pengukuran bervariasi mulai dari -706,12 mV sampai dengan -932,99 mV. Kata-rata pengukuran tegangan ON proteksi menunjukkan nilai -827,41 mV sedangkan pembacaan multimeter juga bervariasi dengan nilai -729 mV sampai dengan -933 mV. Terdapat perbedaan pengukuran 0.01 mV (-3.14%) pada nilai minimum dan perbedaan pengukuran 22.88 mV (-3.14%) pada nilai maksimum jika dibandingkan dengan pengukuran menggunakan multimeter.

Data Ke-	Tegangan ON (mV)	Multimeter	Tegangan OFF (mV)	Multimeter
9	-822,25	-828	-827,41	-829,20
10	-785,09	-772	-808,32	-801
11	-864,86	-857	-896,58	-890
12	-706,12	-729	-868,71	-873
13	-706,12	-729	-868,71	-873
14	-859,42	-864	-771,15	-774
15	-822,25	-828	-887,29	-894
16	-891,94	-906	-733,99	-747
17	-822,25	-828	-887,29	-894
18	-785,09	-772	-766,51	-755
19	-706,12	-738	-961,62	-994
20	-859,42	-864	-771,15	-774
21	-706,12	-738	-961,62	-994
22	-775,8	-768	-812,96	-805
23	-864,86	-857	-896,58	-890
24	-859,42	-864	-771,15	-774
25	-822,25	-828	-887,29	-894
26	-859,42	-864	-771,15	-774
27	-785,09	-772	-766,51	-755
28	-864,86	-857	-896,58	-890
29	-706,12	-729	-868,71	-873
30	-822,25	-828	-887,29	-894
31	-891,94	-906	-733,99	-747
32	-822,25	-828	-887,29	-894
33	-864,86	-857	-896,58	-890
360	-891,94	-906	-733,99	-747

832.08 mV sedangkan pembacaan multimeter juga bervariasi dengan nilai -774 mV sampai dengan -890 mV. Terdapat perbedaan pengukuran 2.85 mV (-0.37%) pada nilai minimum dan perbedaan pengukuran 6.58 mV (+0.74%) pada nilai maksimum jika dibandingkan dengan pengukuran menggunakan multimeter.

Untuk dokumentasi tampilan *display* LCD dan tampilan multimeter pada saat pengujian bisa dilihat pada gambar 4.18 dan gambar 4.19.



Gambar 4.18 Tampilan LCD Pengujian Lapangan Pengukuran Awal



Gambar 4.19 Pembacaan Multimeter Pengujian Lapangan Pengukuran Awal

Setelah dilakukan pengukuran awal maka dilanjutkan pengukuran lanjutan dengan material dan metode yang sama pada saat pengukuran awal. Adapun hasil pengukuran lanjutan seperti pada tabel 4.6.

Tabel 4.6 Hasil Pengujian Lapangan Pengukuran Lanjutan

Data Ke-	Tegangan ON (mV)	Multimeter	Tegangan OFF (mV)	Multimeter
1	-706,12	-729	-868,71	-873
2	-706,12	-729	-868,71	-873
3	-822,25	-828	-887,29	-894
4	-822,25	-828	-887,29	-894
5	-859,42	-864	-771,15	-774
6	-822,25	-828	-887,29	-894
7	-859,42	-864	-771,15	-774
8	-891,94	-906	-733,99	-747

Tabel 4.7 Rangkuman hasil pengujian sistem keseluruhan

ITEM		Pengujian Lapangan	
		ON	OFF
Pengukuran Awal	Pembacaan Arduino Minimum (mV)	-706.12	-771.15
	Pembacaan Arduino Maksimum (mV)	-932.99	-896.58
	Pembacaan Multimeter (mV)	-729 -933	-774 -890
	Rata-rata Pembacaan Arduino (mV)	-833.45	-832.08
	Range Pembacaan Min - Maks Arduino (mV)	226.87	125.43
	Range Pembacaan Min - Maks Multimeter (mV)	204	116
	Selisih Pengukuran Arduino dengan Multimeter (%)	-3.14% -0.001%	-0.37% +0.74%
Pengukuran Lanjutan	Pembacaan Arduino Minimum (mV)	-706.12	-733.99
	Pembacaan Arduino Maksimum (mV)	-932.99	-961.62
	Pembacaan Multimeter (mV)	-729 -933	-747 -994
	Rata-rata Pembacaan Arduino (mV)	-827.41	-829.20
	Range Pembacaan Min - Maks Arduino (mV)	225.88	227.63
	Range Pembacaan Min - Maks Multimeter (mV)	204	247
	Selisih Pengukuran Arduino dengan Multimeter (%)	-3.14% -0.001%	-1.74% -3.26%

Dari tabel 4.7 dapat disimpulkan bahwa :

1. Pada saat pengujian lapangan *range* (fluktuasi) pembacaan tegangan ON / OFF oleh arduino mencapai 227.63 mV. Hal ini dikarenakan kondisi dilapangan banyak dipengaruhi oleh lingkungan sekitar dan jangkauan permukaan jalur pipa dalam tanah.
2. Selisih pembacaan tegangan proteksi antara arduino dengan multimeter minimum 0.001% sedangkan maksimum 3.26%.
3. Dari hasil pengujian diketahui lokasi *test box* yang diambil data mengalami permasalahan proteksi katodik karena hasil pengukuran tegangan proteksi ON / OFF tidak sesuai dengan kriteria yang ditentukan.

5. SIMPULAN

Berdasarkan hasil perancangan dan pengujian sistem pada Tugas Akhir ini, dapat diambil simpulan sebagai berikut :

1. Perancangan dan pembuatan modul pengukur tegangan proteksi dapat berfungsi 100% untuk melakukan pengukuran, penyimpanan dan analisa tegangan proteksi katodik.
2. Pembuatan modul pengukuran tegangan proteksi menggunakan Arduino Uno sebagai board mikrokontroler dilengkapi dengan modul SD card, modul LCD keypad shield, LED indikator, modul relay dan voltage regulator.

3. Selisih / deviasi pengukuran tegangan proteksi antara modul pengukuran dengan multimeter minimum 0.001% dan maksimum 3.26%.
4. Penyimpanan dan analisa data hasil pengukuran lebih efektif menggunakan modul pengukur tegangan proteksi dibandingkan menggunakan metode manual karena data sudah tersimpan dalam SD card dan analisa dilakukan langsung setelah pengukuran.

DAFTAR PUSTAKA

1. Artanto, Dian. Interaksi Arduino dan LabVIEW. Elex Media Komputindo. 2012. Jakarta
2. Istiyanto, Jazi Eko. Pengantar Elektronika & Instrumentasi. ANDI. 2014. . Yogyakarta
3. Smith, Alan G. Introduction to Arduino, A piece of cake. 2011.
4. Holtsbaum, W. Brian. Cathodic Protection Survey Procedures. NACE. 2009.
5. NACE Standard RP0169. Control of External Corrosion on Underground or Submerged Metallic Piping System. NACE International. 2007. Houston
6. SparkFun Electronics. Introduction to Arduino. SparkFun Electronics. 2012.
7. Anharku. Belajar Pemograman C. IlmuKomputer.com. 2009. Jakarta
8. Hartono, Rudi. Perancangan Sistem Data Logger Temperatur Baterai Berbasis Arduino Duemilanove. Skripsi. Universitas Jember Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Elektro. 2013. Jember
9. Khannedy, Eko Kurniawan. Diktat Mata Kuliah Pemograman - Pemograman C. Unikom. 2007. Bandung
10. www.dfrobot.com/ diakses tanggal 24 Oktober 2015
11. https://www.arduino.cc/ diakses tanggal 24 Oktober 2015
12. http://forum.sparkfun.com/viewforum.php?f=32 diakses tanggal 14 November 2015
13. http://www.famosastudio.com/ diakses tanggal 14 November 2015