

**ANALISIS DESAIN *MULTIPLEXER* DENGAN
MENGUNAKAN *ANALOG SWITCH IC DG470* DAN RELE
MEKANIK PADA SISTEM AKUISISI DATA *ELECTRICAL
CAPACITANCE VOLUME TOMOGRAPHY (ECVT)***

(Skripsi)

Oleh

RESTU PRAYUDI



**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2016**

ABSTRAK

ANALISIS DESAIN *MULTIPLEXER* DENGAN MENGGUNAKAN *ANALOG SWITCH* IC DG470 DAN RELE MEKANIK PADA SISTEM AKUISISI DATA *ELECTRICAL CAPACITANCE VOLUME* *TOMOGRAPHY* (ECVT)

Oleh

RESTU PRAYUDI

Multiplexer merupakan salah satu bagian penting dalam perancangan sebuah sistem akuisisi data *Electrical Capacitance Volume Tomography* (ECVT). Bagian ini bertanggung jawab dalam meneruskan sinyal baik yang berasal dari *signal generator* maupun sensor ECVT. Desain *multiplexer* yang dibuat menggunakan dua jenis komponen, pertama menggunakan *analog switch* IC DG470 dan kedua menggunakan rele mekanik. Penelitian ini dilakukan bertujuan untuk mengetahui berbagai fenomena yang terjadi akibat perbedaan desain *multiplexer*.

Terdapat empat tahapan dalam metode penelitian. Pertama simulasi menggunakan aplikasi Proteus. Kedua melakukan perancangan terhadap alat. Ketiga pengujian alat dan pengambilan data, pengujian dilakukan dalam tiga kondisi pada sensor ECVT yaitu kosong, air dan limbah. Keempat analisis perbandingan antara desain *multiplexer* dengan menggunakan *analog switch* dan rele mekanik.

Hasil yang diperoleh dari penelitian ini *multiplexer* yang dibuat telah berhasil meneruskan sinyal yang didapat dari sensor ECVT. *Multiplexer* dengan *analog switch* memiliki rata-rata kecepatan *settling time* 1,24 μ s sedangkan *multiplexer* dengan rele mekanik memiliki rata-rata kecepatan *settling time* 353,05 μ s. *Multiplexer* dengan menggunakan *analog switch* memberikan efek turunnya tegangan sinyal dari sensor ECVT sedangkan *multiplexer* dengan menggunakan rele mekanik memberikan efek naiknya tegangan sinyal sehingga tidak stabil.

Kata kunci: *multiplexer*, *analog switch*, rele mekanik, sensor, ECVT.

ABSTRACT

DESIGN ANALYSIS MULTIPLEXER USING ANALOG SWITCH IC DG 470 AND MECHANIC RELAY IN DATA ACQUISITION SYSTEM ELECTRICAL CAPASITANCE VOLUME TOMOGRAPHY (ECVT)

By

RESTU PRAYUDI

Multiplexer is an important part in designing a data acquisition system of Electrical Capacitance Tomography Volume (ECVT). It's responsible for forwarding signal from signal generator and ECVT sensors. Multiplexer designs are made with two types of components, first using the analog switch IC DG470 and second using mechanic relay. This research intend in order to find out the various phenomena that occur due to differences in the design of the multiplexer.

There are four stages in this research methods. First, simulation using proteus. Second, make design of instrument. Third, testing instrument and take the data, testing was conducted in three conditions on the sensor of ECVT is empty, water and waste. The Fourth, comparative analysis between design using analog switch and mechanic relay.

The results of this research is multiplexer can continue the signal from ECVT sensors. Design multiplexer using analog switch has average speed of settling time is 1,24 μs . Design multiplexer using mechanic relay has average speed of settling time is 353.05 μs . Design multiplexer using analog switch gives the effect voltage drop of signal whereas design multiplexer using mechanic relay will rise the voltage of signal so that the signal will unstable.

Keywords: multiplexer, analog switches, mechanic relay, sensors, ECVT.

**ANALISIS DESAIN *MULTIPLEXER* DENGAN MENGGUNAKAN
ANALOG SWITCH IC DG470 DAN RELE MEKANIK PADA SISTEM
AKUISISI DATA *ELECTRICAL CAPACITANCE VOLUME*
*TOMOGRAPHY (ECVT)***

Oleh

Restu Pragudi

Skripsi

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
SARJANA TEKNIK

Pada

**Jurusan Teknik Elektro
Fakultas Teknik Universitas Lampung**



**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2016**

Judul Laporan

**: ANALISIS DESAIN MULTIPLEXER DENGAN
MENGUNAKAN ANALOG SWITCH IC DG470
DAN RELE MEKANIK PADA SISTEM
AKUISISI DATA ELECTRICAL CAPACITANCE
VOLUME TOMOGRAPHY (ECVT)**

Nama Mahasiswa

: Restu Pragudi

Nomor Pokok Mahasiswa

: 1115031073

Program Studi

: Teknik Elektro

Fakultas

: Teknik



MENYETUJUI,

1. Komisi Pembimbing

Dr. Ir. Sri Ratna Sulistiyanti, M.T.

NIP. 19651021 199512 2 001

M. Komarudin, S.T., M.T.

NIP. 19681207 199703 1 006

2. Ketua Jurusan

Dr. Ing. Ardian Ulvan, S.T., M.Sc.

NIP : 19731128 199903 1 005

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua

: M. Komarudin, M.T.



Sekretaris

: Dr. Ir. Sri Ratna Sulistiyanti, M.T.



Penguji

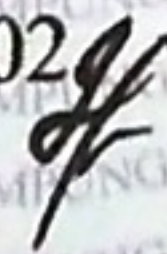
Bukan Pembimbing : Syaiful Alam, S.T., M.T.



2. Dekan Fakultas Teknik

Prof. Dr. Suharno, M.Sc

NIP. 19620717 198703 1 002



Tanggal Lulus Ujian Skripsi: 14 Maret 2016



SURAT PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah dilakukan orang lain. Sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini sebagaimana disebutkan dalam daftar pustaka. Selain itu saya menyatakan pula bahwa skripsi ini dibuat oleh saya sendiri.

Apabila pernyataan saya ini tidak benar maka saya bersedia dikenai sanksi sesuai dengan hukum yang berlaku.

Bandar Lampung, 20 April 2016



Restu Prayudi
NPM. 1115031073

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Bandar Lampung hari Selasa, 16 Februari 1993 atau bertepatan dengan 24 Sya'ban 1413 H. Penulis adalah putra keempat dari pasangan Bapak Walyudi dan Ibu Rosinah.

Pendidikan penulis pertama kali dimulai dari TK Aisyiah Kedaton Bandar Lampung pada tahun 1998-1999. Pendidikan kedua dilanjutkan di SDN 3 Sawah Lama yang diselesaikan pada tahun 2005. Pendidikan ketiga dilanjutkan di SMPN 10 Bandar Lampung yang diselesaikan pada tahun 2008. Pendidikan keempat dilanjutkan di SMAN 5 Bandar Lampung. Pada tahap pendidikan ini penulis mulai aktif di berbagai organisasi diantaranya ROHIS dan KIR SMAN 5 Bandar Lampung. Penulis juga aktif di organisasi eksternal sekolah yaitu FORKAPMI Bandar Lampung. Pendidikan selanjutnya ditempuh di jurusan Teknik Elektro Universitas Lampung.

Penulis terdaftar sebagai mahasiswa jurusan Teknik Elektro Universitas Lampung melalui jalur SNMPTN (Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri). Selama masa pendidikan di kampus penulis aktif di berbagai organisasi. Penulis aktif selama 3 tahun di Himpunan Mahasiswa Teknik Elektro (HIMATRO), tahun pertama sebagai anggota, tahun kedua sebagai staf APK dan tahun ketiga sebagai

staf INFOKOM. Penulis juga aktif 3 tahun di Forum Silaturahmi dan Studi Islam Fakultas Teknik (FOSSI-FT). Di tahun keempat penulis aktif di Badan Eksekutif Mahasiswa Fakultas Teknik (BEM-FT) sebagai Kepala Dinas Eksternal. Selain organisasi internal kampus, penulis juga aktif di organisasi eksternal kampus Forum Kerjasama Alumni Rohis (FKAR) Bandar Lampung sebagai staf departemen pembinaan pelajar.

Pada bidang keilmuan penulis pernah dua kali menjadi asisten praktikum algoritma dan pemrograman di laboratorium komputer. Penulis juga aktif sebagai asisten di laboratorium teknik kendali, menjadi asisten praktikum dasar sistem kendali dan sistem kendali lanjut. Penulis juga pernah menjadi Asisten Mata Kuliah Perancangan Sistem Elektronika. Penulis pernah melakukan kerja praktik (magang) selama satu bulan di PT. Pertamina (Persero) *Refinery Unit III Plaju*, Palembang Sumatra Selatan.

Moto Hidup

*"faidza azamta fatawakkal alallah, innallaha guhibbul
mutawakkilin.."*

*kemudian apabila kamu telah membulatkan tekad, Maka bertawakkallah kepada Allah.
Sesungguhnya Allah menyukai orang-orang yang bertawakkal kepada-Nya"*

(Q.S Ali Imran Ayat 159)

*La yukallifullahu nafsan illa wus'aha Laha ma kasabat wa
alagha maktasabat*

Allah tidak membebani seseorang melainkan sesuai dengan kesanggupannya. Dia mendapat pahala (dari kebajikan) yang dikerjakannya dan dia mendapat siksa (dari kejahatan) yang diperbuatnya

(Q.S Al Baqarah Ayat 286)

*"Hidup Hari Ini Untuk Mengukir Sejarah di Hari Esok"
(Restu Pragudi)*

**Kupersembahkan
Karya Sederhana ini kepada**

*Bapak dan Ibu tercinta Walyudi dan Rosinah yang selalu berdoa
dan memberi dukungan tanpa henti untuk kesuksesan anak-
anaknya.*

*Dan juga untuk saudara-saudariku Mas Yoyon, Mas Kiki,
Mbak Resti, Mbak Ria, Mas Tama dan dua keponakan
tercinta Andina dan Hanif. Terima kasih atas semua doa
dukungan dan nasehatnya.*

SANWACANA

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Puji dan syukur selalu terucap dalam setiap nafas penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT, karena rahmat, karunia, dan hidayah-Nya. Serta tidak lupa berkat pemberi cahaya dan teladan hidup terbaik, salawat serta salam penulis sampaikan untuk Baginda Rasul Muhammad SAW.

Skripsi berjudul “Analisis Desain *Multiplexer* dengan Menggunakan *Analog Switch* IC DG470 dan Rele Mekanik pada Sistem Akuisisi Data *Electrical Capacitance Volume Tomography* (ECVT)” telah berhasil diselesaikan. Dan merupakan salah satu syarat untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik pada jurusan Teknik Elektro di Universitas Lampung.

Dalam kesempatan ini penulis dengan bangga untuk mengucapkan terima kasih dan memberikan penghargaan kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Suharno, M.Sc sebagai Dekan Fakultas Teknik
2. Bapak Dr.Ing. Ardian Ulvan, S.T., M.Sc. sebagai Ketua Jurusan Teknik Elektro.
3. Bapak Dr. Herman Halomoan S, S.T., M.T. sebagai Sekertaris Jurusan Teknik Elektro.
4. Bapak M. Komarudin, S.T., M.T. sebagai Dosen Pembimbing Utama.

5. Ibu Dr. Ir. Sri Ratna S, M.T sebagai Dosen Pembimbing Pendamping.
6. Bapak Syaiful Alam, S.T., M.T. sebagai Dosen Penguji.
7. Seluruh Dosen dan Karyawan Jurusan Teknik Elektro Universitas Lampung.
8. Bapak, Ibu, Mas Yoyon, Mas Kiki, Mbak Resti, Mbak Ria, Mas Tama, Andina dan Hanif sebagai orang terdekat yang sangat penulis sayangi. Yang selalu ada untuk penulis dan mengisi hati penulis.
9. Para pejuang TA yang selalu kebersamai siang dan malam, Arrosyiq, Ryan, Havif, Dirya, dan juga sesepuh yang super kak Sofyan, kak Eko.
10. Seluruh teman seperjuangan Teknik Elektro Universitas Lampung angkatan 2011, yang sangat luar biasa dan selalu berjuang demi kesuksesan bersama.
11. Keluarga besar Laboratorium Teknik Kendali yang selalu mendukung penulis.
12. Keluarga besar Forum Silaturahmi dan Studi Islam Fakultas Teknik (FOSSI FT) yang selalu berjuang bersama dalam taqwa, ukhuwah dan ketaatan.
13. Keluarga besar Forum Kerjasama Alumni Rohis (FKAR) yang selalu bersama berjuang dan saling menjaga dalam ketaatan kepada Allah SWT.
14. Keluarga besar Himpunan Mahasiswa Teknik Elektro (HIMATRO) dan BEM FT, yang banyak memberikan warna-warni kehidupan baru di dunia kampus.
15. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu, yang telah banyak mendukung dan membantu penulis dalam penyelesaian laporan ini.

Semoga Allah SWT membalas seluruh kebaikan kalian semua, dan memberi keberkahan atas terselesainya laporan ini. Amin.

Penulis menyadari masih banyak kekurangan dan ketidaksempurnaan dalam penulisan laporan tugas akhir ini. Masukan, kritik dan saran sangat penulis

harapkan untuk menyempurnakan karya sederhana ini agar kelak dapat lebih memberikan manfaat untuk diri pribadi dan orang banyak.

Bandar Lampung, 14 Maret 2016

Penulis

Restu Prayudi
NPM. 1115031073

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR ISI	i
DAFTAR TABEL	iii
DAFTAR GAMBAR	iv
I. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Tujuan	4
1.3. Manfaat.....	4
1.4. Batasan Masalah	4
1.5. Hipotesis	5
1.6. Sistematika Penulisan	5
II. TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1. <i>Electrical Capacitance Volume Tomography</i> (ECVT)	7
2.2. Sensor Kapasitansi	8
2.3. Sistem Akuisi Data.....	10
A. <i>Multiplexer</i>	12
B. Pengondisi Sinyal.....	14
C. Komputer	17

III. METODOLOGI PENELITIAN	18
3.1. Waktu dan Tempat Penelitian	18
3.2. Alat dan Bahan.....	18
3.3. Langkah Kerja Penelitian	19
1. Simulasi.....	20
2. Perancangan Alat.....	25
3. Pengujian dan Pengambilan Data	28
4. Analisis Perbandingan antara Kedua Desain <i>Multiplexer</i>	29
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	30
4.1. Hasil Simulasi	30
4.2. Perancangan Alat	33
4.3. Pengujian dan Pengambilan Data	36
A. Pengujian <i>Settling Time</i>	36
B. Pengujian Kinerja Saat Dilewati Sinyal AC pada <i>Analog switch</i>	42
C. Pengujian Kinerja Sistem Menggunakan Sensor ECVT.....	44
1. Pengujian dengan Menggunakan Rele Mekanik	44
2. Pengujian dengan Menggunakan <i>Analog Switch</i>	48
3. Perbandingan antara <i>Analog Switch</i> dan Rele Mekanik	52
V. KESIMPULAN DAN SARAN	55
DAFTAR PUSTAKA.....	57
LAMPIRAN.....	58

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1.1 Penelitian Sebelumnya yang Berkaitan dengan Desain <i>Multiplexer</i>	3
3.1 Data <i>Settling Time</i>	28
3.2 Data Hasil Pengukuran Sinyal.....	29
4.1 Data <i>Settling time Analog switch</i> Saat Diluar Rangkaian	37
4.2 Data <i>Settling Time Analog switch</i> dalam Rangkaian	38
4.3 Data <i>Settling time Rele</i> Diluar Rangkaian.....	40
4.4 Data <i>Settling time Rele</i> Didalam Rangkaian	41
4.5 Data Pengujian <i>Analog switch</i>	43
4.6 Data Hasil Nilai Pengujian Kondisi Kosong (Rele)	44
4.7 Data Hasil Pengujian Kondisi Air (Rele).....	45
4.8 Data Hasil Pengujian Kondisi Limbah Minyak Kelapa Sawit (Rele).....	47
4.9 Data Hasil Nilai Pengujian Kondisi Kosong (<i>Analog switch</i>).....	48
4.10 Data Hasil Pengujian Kondisi Air (<i>Analog switch</i>)	49
4.11 Data Hasil Pengujian Kondisi Limbah Minyak Kelapa Sawit (<i>Analog switch</i>) .	50

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
2.1. Tiga Bagian Utama ECVT	8
2.2. Prinsip Kerja Kapasitor.....	9
2.3. Diagram Blok Sistem Akuisisi Data ECVT.....	11
2.4. Proses Multipleksing.....	11
2.5. Diagram Kaki Rele	12
2.6. <i>Analog Switch</i>	13
2.7. Rangkaian <i>Charge/Discharge</i>	15
2.8. Rangkaian Berbasis AC (<i>AC-Based</i>).....	16
2.9. Rangkaian Pengukur Kapasitansi Berbasis <i>Phase-Sensitive Demodulation</i> (PSD)	16
3.1. Diagram Alir Penelitian	20
3.2. Tampilan Awal <i>Software</i> Proteus	21
3.3. Kotak Dialog <i>New Project</i>	21
3.4. Kotak Dialog 2 <i>New Project</i>	22
3.5. Kotak Dialog 3 <i>New Project</i>	23
3.6. Tampilan <i>Software</i> Proteus	23
3.7. Tampilan Pemilihan Komponen.....	24
3.8. Skematik Simulasi Rangkaian <i>Analog Switch</i> DG470.....	24
3.9. Skematik Simulasi Rangkaian Rele.....	25

3.10. Diagram Blok Sistem Akuisisi Data.....	25
3.11. <i>Analog Switch</i> DG470	26
3.12. Rangkaian Skematik <i>Analog Switch</i> DG470.....	26
3.13. Rele Mekanik 5 V DC	27
3.14. Rangkaian Skematik Rele Mekanik.....	27
3.15. Kategori Pengambilan Data	29
4.1. Rangkaian Skematik <i>Analog Switch</i> pada <i>channel 5</i>	30
4.2. Rangkaian skematik pada pengujian <i>analog switch</i>	31
4.3. Rangkaian Skematik Rele Mekanik pada <i>channel 2</i>	31
4.4. Simulasi <i>analog switch</i> saat <i>channel 2</i> sebagai Tx (<i>Transmitter</i>) dan <i>channel 3</i> sebagai Rx (<i>Receiver</i>)	32
4.5. Simulasi Rele Mekanik saat <i>channel 1</i> sebagai Tx dan <i>channel 3</i> sebagai Rx..	32
4.6. Sensor ECVT.....	33
4.7. Gambar Alat. (a) <i>Power supply</i> dan DDS. (b) Rangkaian PSD.....	34
4.8. <i>Multiplexer</i> dengan menggunakan <i>Analog switch</i> DG470	35
4.9. <i>Multiplexer</i> dengan menggunakan Rele Mekanik.....	35
4.10. Grafik Nilai <i>Settling Time Analog switch</i>	38
4.11. Grafik Nilai <i>Settling time Analog switch</i> dalam Rangkaian	39
4.12. Nilai <i>Settling Time</i> Rele di Luar Rangkaian	41
4.13. Grafik Nilai <i>Settling Time</i> Rele di Luar Rangkaian	42
4.14. Grafik Pengujian <i>Analog switch</i>	43
4.15. Grafik Pengujian Perbandingan Tegangan <i>Output</i> Kondisi Kosong.....	52
4.16. Grafik Pengujian Perbandingan Tegangan <i>Output</i> Kondisi Air.....	53
4.17. Grafik Pengujian Perbandingan Tegangan <i>Output</i> Kondisi Air.....	54

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Tomography berasal dari bahasa Yunani, terdapat dua kata yang mendasari yaitu “*Tomos*” yang berarti “bagian”, “irisan” atau “potongan” dan “*Graphia*” yang berarti “gambar” atau “penggambaran”. Sehingga *Tomography* dapat didefinisikan sebagai suatu penggambaran terhadap objek dalam bentuk potongan atau irisan-irisan. Teknologi *tomography* sudah dikembangkan sejak tahun 1895 oleh seorang ahli fisika Jerman Wilhem Conrad Rontgen, hingga saat ini teknologi terus menerus berkembang dengan teknik pemindaian yang berbeda-beda. Beberapa teknologi *tomography* yang saat ini banyak kita gunakan antara lain Rontgen, MRI, CT-Scan, PET, *Ultrasonografi* (USG) dan salah satu teknologi yang terbaru adalah ECVT.

Electrical Capacitance Volume Tomography (ECVT) adalah suatu teknik pencitraan yang didasarkan pada perubahan nilai kapasitansi. Sistem ECVT ini memiliki keunggulan yaitu dapat memberikan pencitraan secara volumetrik (*real time-3D*), sehingga sistem ini sangat cocok untuk digunakan pada dunia industri hingga medis yang memiliki dinamika sistem yang beragam. ECVT telah dikembangkan oleh Dr. Warsito P. Taruno, M.Eng sejak tahun 2003, hingga saat ini riset pengembangan teknologi ini terus menerus dilakukan untuk mendapatkan

sistem yang lebih baik lagi. Dalam teknologi ECVT terdapat tiga bagian utama penyusunnya yaitu : sensor kapasitansi, sistem akuisisi data dan sistem komputer untuk rekonstruksi citra.

Sistem akuisisi data ECVT terbagi menjadi tiga sub-sistem yaitu pengodisi sinyal, *multiplexer* dan *digital signal processing (DSP) and control*. Pengodisi sinyal berfungsi dalam melakukan pengukuran nilai kapasitansi, mengkonversinya dalam bentuk tegangan. Selain itu pengodisi sinyal juga melakukan penguatan sinyal dan *filtering*. *Multiplexer* memiliki fungsi dalam melakukan pemilihan sinyal dari beberapa channel yang digunakan pada sensor ECVT. *Multiplexer* melakukan pengaturan terhadap pergantian satu channel yang memiliki fungsi sebagai *excitation* dan satu channel sebagai *detection*. Sedangkan *DSP and Control* memiliki fungsi dalam mengkonversi sinyal dalam bentuk digital, pengontrol *multiplexer*, pengontrol PGA, dan antarmuka antara sistem akuisisi data dengan komputer.

Dalam perancangan sistem akuisisi data ECVT kita harus memberikan perhatian khusus terhadap desain setiap komponen yang digunakan. Sebab sinyal yang dihasilkan dari sensor ECVT memiliki nilai yang sangat kecil sehingga jika terdapat nilai tambahan dalam suatu desain komponen dapat menyebabkan perbedaan nilai kapasitansi yang dihasilkan. Salah satu desain yang dilakukan adalah pada sistem *multiplexer* ECVT. Dalam merancang *multiplexer* ini dibutuhkan desain yang optimal sehingga sinyal tersebut tidak terganggu. Terdapat beberapa hal yang harus

diperhatikan dalam membuat desain ini antara lain nilai kapasitansi dan resistansi tambahan serta kecepatan *switching* dari *multiplexer* itu sendiri. Tambahan kapasitansi dan resistansi akan berpengaruh terhadap nilai pengukuran kapasitansinya sedangkan kecepatan *switching* akan berpengaruh terhadap dinamika objek yang dapat dilihat. Atas dasar itulah penulis melakukan penelitian terhadap desain *multiplexer* dengan menggunakan *analog switch* IC DG470 dan Rele Mekanik untuk mendapatkan hasil sistem yang optimal, lebih efisien dan biaya yang murah pada implementasi DAS ECVT dengan menggunakan satu pengondisi sinyal.

Tabel 1 menunjukkan beberapa penelitian yang terkait dengan penelitian yang akan dilakukan. W Q Yang pada tahun 1999 memaparkan tentang sistem akuisi data pada ECT. Ayuning Thias pada tahun 2011 melakukan perancangan sistem akuisisi data yang digunakan untuk *Electrical Capacitance Volume Tomography*, dengan desain *multiplexer* menggunakan rele mekanik. Lalu pada tahun 2014 Arbai Yusuf merancang sistem *Single Signal Conditioning* untuk *DAS ECVT* yang pada penelitian ini sistem *multiplexer* menggunakan *IC analog switch*.

Tabel 1.1. Penelitian sebelumnya yang berkaitan dengan desain *multiplexer*

No	Nama	Judul Penelitian	Asal penelitian	Tahun
1.	W Q Yang	<i>New AC-Based Capacitance Tomography System</i>	UMIST	1999
2.	Ayuning Thias Eka Yuda	Rancang Bangun Sistem Akuisisi Data untuk Keperluan <i>Electrical Capacitance Volume Tomography (ECVT)</i>	Universitas Lampung	2011
3.	Arbai Yusuf	<i>Single Signal Conditioning Multi Electrode for ECVT Data Acquisition System</i>	CTECH Labs	2014

1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah :

1. Merancang sistem *multiplexer* yang diterapkan pada DAS ECVT
2. Menganalisa kinerja sistem *multiplexer* dengan menggunakan *analog switch* IC DG470
3. Menganalisa kinerja sistem *multiplexer* dengan menggunakan rele mekanik
4. Mendapatkan perbandingan hasil analisis *analog switch* dan rele mekanik

1.3 Manfaat

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah akan didapatkan sebuah desain *multiplexer* yang memiliki kemampuan untuk meneruskan sinyal yang didapat dari sensor ECVT dan menjadi dasar pemilihan desain *multiplexer* pada penelitian selanjutnya.

1.4 Batasan Masalah

Penelitian ini memiliki beberapa batasan sebagai berikut:

1. Karakteristik *Multiplexer* hanya berfokus pada: Rise Time *switching*, linieritas, kecepatan *switching*, dan distorsi sinyal saat melewati *switch*
2. Tidak membahas sistem pengondisi sinyal ECVT
3. Jumlah maksimal sensor yang dapat dimultiplexing adalah 8 channel

1.5 Hipotesis

Perangkat *multiplexer* yang dibangun dapat digunakan sistem akuisisi data ECVT dan sinyal yang diteruskan tidak terpengaruh oleh gangguan yang disebabkan *analog switch* maupun rele.

1.6 Sistematika Penulisan

Untuk memudahkan penulisan dan pemahaman mengenai materi tugas akhir ini, maka tulisan ini dibagi menjadi lima bab, yaitu :

BAB 1 Pendahuluan

Memuat latar belakang, tujuan, manfaat, batasan masalah, hipotesis dan sistematika penulisan

BAB II Tinjauan Pustaka

Membahas tentang pengenalan Electrical Capacitance Volume Tomography (ECVT), *analog switch*, rele mekanik dan sistem akuisisi data ECVT.

BAB III Metode Penelitian

Menjelaskan tahapan penelitian, seperti waktu dan tempat, alat dan bahan, simulasi alat, perancangan alat dan pengujian alat.

BAB IV Hasil dan Pembahasan

Menjelaskan prosedur pengujian, hasil pengujian dan analisis

BAB V Simpulan dan Saran

Memuat simpulan yang diperoleh dari pembuatan dan pengujian alat, dan saran-saran untuk pengembangan lebih lanjut.

DAFTAR PUSTAKA**LAMPIRAN**

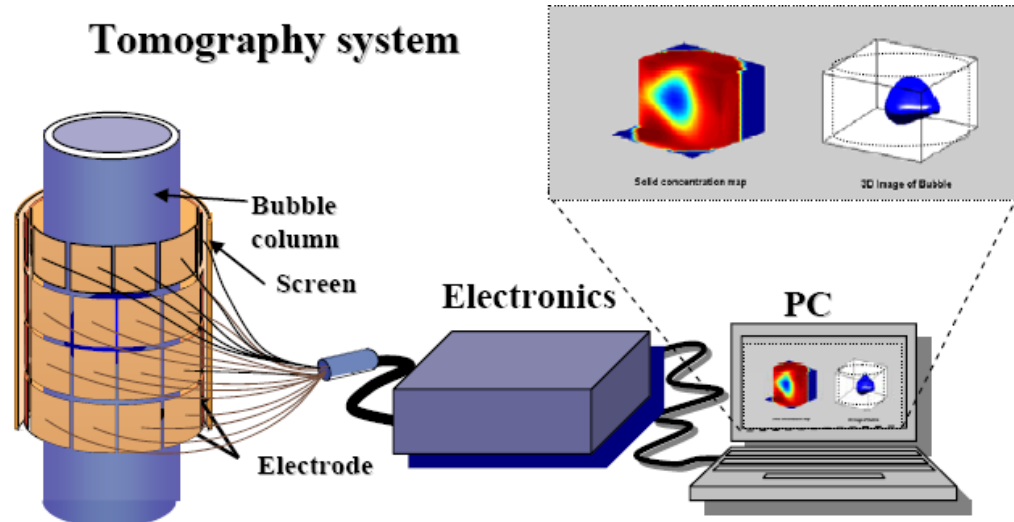
II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. *Electrical Capacitance Volume Tomography (ECVT)*

Electrical Capacitance Volume Tomography (ECVT) adalah salah satu teknik *tomography* yang didasarkan pada pengukuran nilai kapasitansi. Teknik ini memiliki kelebihan yaitu dapat melakukan pemindaian secara tiga dimensi dan secara kontinyu. Sistem ini telah dibangun oleh Dr. Warsito sejak tahun 2003 yang menggantikan sistem *tomography* sebelumnya yaitu *Electrical Capacitance Tomography (ECT)*. (Arbai Yusuf, 2003). Teknologi ini sangat berguna dalam berbagai bidang, dalam bidang industri teknologi ini dapat digunakan antara lain untuk melihat keadaan cairan, gas dan padatan. Pemindaian yang dilakukan pun dapat melihat perbedaan konsentrasi ketiga zat tersebut. Teknologi ini juga digunakan dalam dunia kesehatan dengan efek radiasi yang sangat rendah. Pemindaian yang dilakukan dapat diaplikasikan untuk *scanning* kanker payudara, janin dan berbagai bagian tubuh lain.

ECVT terdiri dari 3 bagian utama yaitu sensor, sistem akuisisi data dan komputer. Sensor memiliki fungsi untuk mengukur besaran kapasitansi dari suatu objek. Sistem akuisisi data memiliki fungsi untuk mengukur nilai sinyal elektrik dari sensor dan mengirimkan informasi tersebut ke komputer. Dan komputer memiliki

fungsi dalam pengolahan citra digital dari informasi yang didapatkan dari sistem akuisisi data.



Gambar 2.1. Tiga bagian utama ECVT

2.2. Sensor Kapasitansi

Dielektrik diumpamakan sebagai susunan dua kutub mikroskopik dalam suatu ruang hampa yang terdiri atas muatan positif dan muatan negatif yang pusatnya tidak berhimpit. Muatan tersebut bukanlah muatan bebas seperti konduktor, dan juga tidak memberi pengaruh pada proses konduksi. Muatan tersebut terikat pada tempatnya oleh gaya atomik dan gaya antar molekul. Karena hal tersebut muatan hanya dapat bergeser sedikit saja jika ada medan eksternal. Inilah yang membedakan dielektrik dan konduktor.

Kapasitansi adalah perbandingan antara besar muatan yang terdapat dalam suatu konduktor terhadap beda potensial antar konduktor. Secara matematis dirumuskan sebagai berikut :

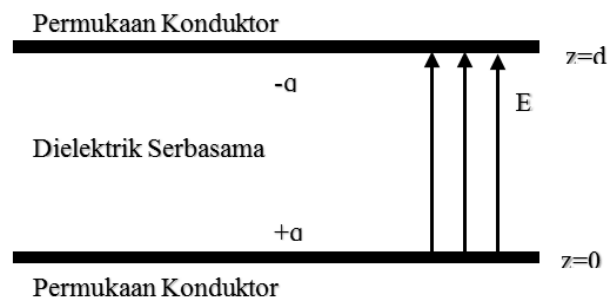
$$C = \frac{q}{V} \quad (1)$$

Keterangan :

C : Kapasitansi dalam Farad

q : Muatan Listrik (Coloumb)

V : Tegangan Listrik (Volt)



Gambar 2.2. Prinsip kerja kapasitor.

Gambar 2.2 merupakan pengembangan sistem kapasitansi menggunakan dua konduktor yang sederhana yang identik berbentuk bidang datar sejajar berjarak d . Muatan yang sama pada permukaan konduktor menimbulkan medan yang sama pula. Jika bidang tersebut memiliki luas S yang dimensi linearnya jauh lebih besar dari jarak d . Maka akan didapatkan nilai kapasitansi sebagai berikut:

$$C = \frac{\epsilon A}{d} \quad (2)$$

Keterangan:

C : Kapasitansi dalam Farad (F)

A : Luas penampang dalam meter persegi (m^2)

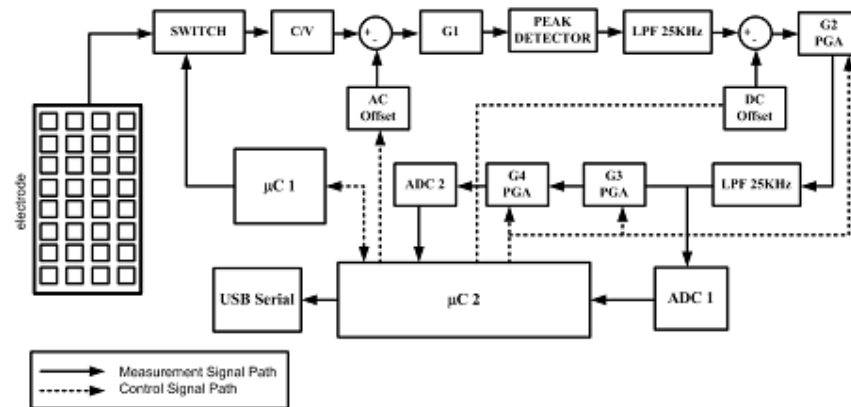
ϵ : Permittivitas statis relatif (konstanta dielektrik) dikalikan permittivitas vakum. Permittivitas vakum ($\epsilon_0 \approx 8,854 \times 10^{-12} Fm^{-1}$)

d : jarak antar pelat dalam meter (m)

Prinsip tersebut memperlihatkan jika sensor ECVT dengan luas penampang pelat tetap, jarak antar pelat tetap, maka yang akan mempengaruhi besarnya kapasitansi pada sensor hanyalah permittivitas. Karena perbedaan nilai dielektrik dari padat, cair dan gas maka ECVT mampu melakukan *tomography*. (William, 1989).

2.3. Sistem Akuisisi Data

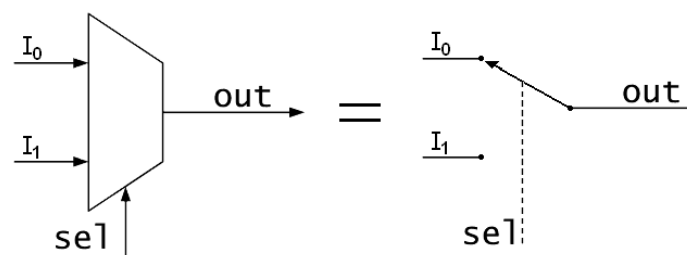
Secara umum yang dimaksud sistem akuisisi data adalah sistem yang melakukan pengolahan terhadap nilai yang didapat dari fenomena fisika disekitar kita hingga didapatkan hasil sinyal berupa sinyal arus maupun tegangan yang nantinya dapat diolah untuk tahap selanjutnya. (Emilio, 2013). Sistem akuisisi data ECVT memiliki fungsi yang sama yaitu dalam pengolahan nilai kapasitansi yang dihasilkan dari sensor kapasitansi. Pengolahan ini berupa konversi kapasitansi ke tegangan, pengondisian sinyal dan pengiriman data ke komputer. Pada sistem akuisisi data ECVT terbagi menjadi tiga bagian yaitu *multiplexer*, pengondisi sinyal dan *Digital Signal Processing (DSP) & Control*. Berikut diagram blok dari sistem akuisi data ECVT :



Gambar 2.3. Diagram blok sistem akuisisi data ECVT

A. Multiplexer

Multiplexer atau yang biasa disingkat dengan **MUX** merupakan suatu alat atau komponen elektronika yang dapat digunakan untuk memilih *input* (masukan) yang akan diteruskan ke bagian *output* (keluaran). Pemilihan *input* mana yang dipilih akan ditentukan oleh signal yang ada di bagian kontrol (kendali). Proses multipleksing berlangsung hampir sama seperti proses pensaklaran namun dengan jumlah saklar yang lebih dari satu dan dengan proses pensaklaran yang berlangsung berdasarkan kendali dari signal lain.

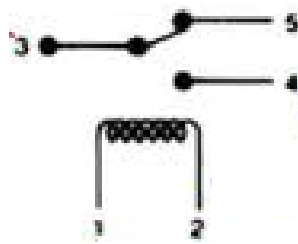


Gambar 2.4. Proses multipleksing

Gambar 2.4 tersebut merupakan contoh proses multipleksing dari sebuah sistem yang memiliki dua buah masukan dengan adanya proses multipleksing maka salah satu dari masukan tersebut akan diteruskan.

1. Rele

Rele merupakan suatu peranti yang memanfaatkan energi elektromagnetik untuk dapat mengoperasikan seperangkat kontak saklar mekanik. Susunannya yang paling sederhana terdiri dari kumparan kawat penghantar yang dililit pada inti besi. Bila kumparan ini diberi tegangan maka akan terbentuk medan magnet pada lilitan sehingga dapat menggerakkan tuas.

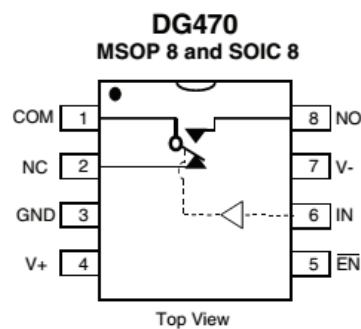


Gambar 2.5. Diagram kaki rele

Gambar 2.5. tersebut merupakan diagram kaki rele dimana kaki satu dan dua adalah kaki yang terhubung pada koil sehingga saat kaki-kaki ini diberi tegangan maka akan menghasilkan medan elektromagnetik yang menyebabkan tuas yang terhubung pada kaki *common* tertarik. Hal ini menyebabkan tuas menjadi terhubung pada kaki 4 atau pin *Normally Open (NO)*. Jika tegangan terputus maka tuas akan kembali pada kondisi semula yaitu terhubung ke pin 5 atau pin *Normally Close (NC)*. (Thias Ayuning, 2011)

2. Analog switch

Analog switch atau disebut juga saklar bilateral, merupakan komponen elektronik memiliki fungsi mirip dengan rele. Elemen *switching* biasanya berupa MOSFET sepasang, satu tipe *N-channel* dan yang lain tipe *P-channel*. Perangkat ini dapat menghantarkan sinyal analog atau digital di kedua arah saat *on* dan menghambatnya saat keadaan *off*.



Gambar 2.6. *Analog switch*

Analog switch dikendalikan oleh sinyal yang dapat dihasilkan oleh mikrokontroler ataupun perangkat lain. Keadaan *switch on* maupun *off* ditentukan oleh tingkat tegangan yang masuk ke dalam IC *analog switch*. Pada setiap IC *analog switch* memiliki karakteristik masing-masing pada besar tegangan berapa *analog switch* tersebut dapat *switch on* maupun *switch off*. *Analog switch* didesain untuk dapat menghantarkan sinyal yang melewatinya dalam keadaan yang tetap antara sebelum dan sesudah melewati *analog switch* tersebut. Terdapat beberapa parameter penting yang harus diperhatikan dari sebuah *analog switch*, yaitu sebagai berikut :

- a. *On-resistance*: Tahanan ketika diaktifkan. Ini umumnya berkisar dari 5 ohm untuk beberapa ratus ohm.

- b. *Off-resistance*: Tahanan ketika dimatikan. Ini umumnya sejumlah megaohms atau gigaohms.
- c. Jangkauan sinyal: Rentang tegangan minimum dan maksimum yang diperbolehkan untuk sinyal yang akan melewati *switch*. Jika ini terlampaui, *switch* dapat rusak akibat arus yang berlebihan. Jenis yang lebih tua dari *switch* bahkan dapat *latch up*, yang berarti bahwa mereka terus menghantarkan arus yang berlebih bahkan setelah sinyal yang salah dihapus.
- d. *Charge Injection*: Efek ini disebabkan oleh adanya muatan listrik yang memberikan efek ke sinyal saat *switch* dalam keadaan *on*. Hal ini mengakibatkan adanya lonjakan kecil atau gangguan pada sinyal yang dihantarkan.

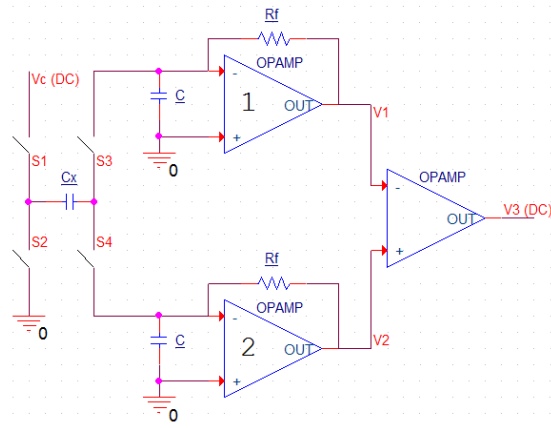
B. Pengondisi Sinyal

Pengondisi sinyal pada ECVT memiliki fungsi dalam melakukan berbagai proses terhadap sinyal yang dihasilkan dari sensor kapasitansi hingga dihasilkan *output* sinyal yang selanjutnya dapat diproses di komputer yang memiliki fungsi pengolahan citra. Teknologi pengondisi sinyal ECVT selalu mengalami pengembangan sejak pertama kali dikembangkan hingga saat ini.

Salah satu fungsi yang dilakukan adalah dalam melakukan konversi dari nilai kapasitansi yang dihasilkan dari sensor ECVT menjadi nilai tegangan atau yang sering dikenal dengan sebutan *CV-Converter*. Terdapat beberapa rangkaian *CV-Converter* yang dikembangkan dari awal dibuat teknologi ini, hingga sekarang

rangkaian ini terus menerus dikembangkan untuk mendapatkan rangkaian yang paling optimal. Berikut beberapa rangkaian tersebut :

i. Rangkaian *charge/discharge*

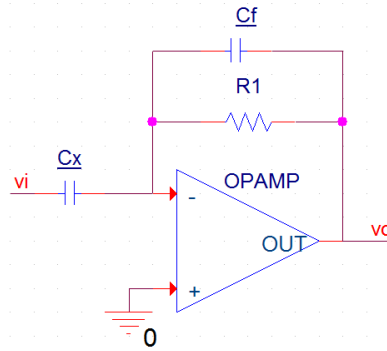


Gambar 2.7. Rangkaian *Charge/discharge*.

Rangkaian pengukur kapasitansi berbasis *charge/discharge* menggunakan prinsip *amplifier* diferensial. Rangkaian tersebut kerja secara sempurna dengan dua fase. Yaitu fase *charge* dan fase *discharge*. Pada fase *charge*, sakelar 1 dan 4 tertutup sedangkan sakelar 2 dan sakelar 3 terbuka. Arus yang masuk dari sumber tegangan (V_c) melalui kapasitansi yang akan di ukur (C_x) ke op-amp 1 dengan resistor umpan balik (R_f).

ii. Rangkaian AC atau *AC-Based*

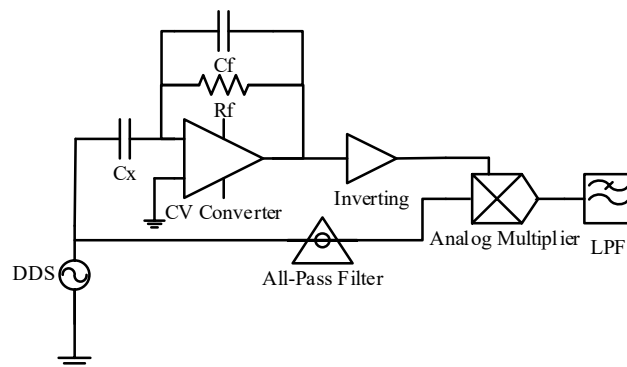
Rangkaian ini menggunakan satu op-amp dengan dua umpan balik yaitu umpan balik resistor (R_f) dan kapasitor (C_f). Seperti yang diperlihatkan Gambar 2.5.



Gambar 2.8. Rangkaian Berbasis AC (*AC-Based*).

Sumber tegangan sinus (v_i) digunakan sebagai sumber eksitasi yang diterapkan pada pengukuran kapasitansi C_x . Hal ini akan menyebabkan arus AC masuk. Op-amp dengan umpan balik kapasitansi dan resistansi (C_f , R_f) akan mengubah masukan AC ini menjadi tegangan AC (sebagai catatan umpan balik resistansi diperlukan untuk menjaga keluaran dari op-amp tidak mengalami saturasi).

iii. Rangkaian *Phase sensitive demodulation (PSD)*.



Gambar 2.9. Rangkaian pengukur kapasitansi berbasis *phase-sensitive demodulation (PSD)*

Rangkaian pengukur kapasitansi berbasis PSD ini selain menggunakan sumber eksitasi gelombang sinus (DDS) akan ada empat tahapan pengondisi sinyal dan satu tahapan perbaikan *phase* dengan *All-pass filter*. Tahapan pertama adalah CV-*Converter*. Tahapan kedua dilanjutkan *inverting amplifier*. Op-amp yang digunakan adalah AD817. Tahapan ketiga sebuah analog *multiplier* digunakan untuk dilakukan *phase-sensitive demodulation* (PSD). Analog *multiplier* menggunakan AD633. Terakhir sebuah *low-pass filter* (LPF) dirangkai menggunakan op-amp yang sama AD817. Dan Tahap tambahan *All-pass filter* untuk perbaikan *Phase sensitive demodulation* (PSD).

C. Komputer

Dalam ECVT komputer memiliki fungsi sebagai alat pengolahan data. Dalam komputer ini dilakukan pengolahan citra dari data yang dikirimkan oleh DAS. Kualitas komputer mempengaruhi terhadap kemampuannya dalam melakukan pengolahan terhadap citra tersebut.

III. METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat

Penelitian dan perancangan tugas akhir dilaksanakan mulai Juli 2015 sampai Februari 2016, bertempat di Laboratorium Teknik Kendali, Laboratorium Terpadu Teknik Elektro, Jurusan Teknik Elektro Universitas Lampung.

3.2 Alat dan Bahan

1. Alat

Alat yang dibutuhkan untuk melakukan simulasi dan percobaan :

- a. Satu buah komputer terinstal Proteus dan Arduino.
- b. Satu buah Osiloskop.
- c. Dua buah *project* board.
- d. Multimeter.
- e. Solder, Penyedot dan timah.
- f. Alat kerja mekanik (tang potong pinset dan lain-lain)

2. Bahan

Bahan yang dibutuhkan untuk melakukan percobaan :

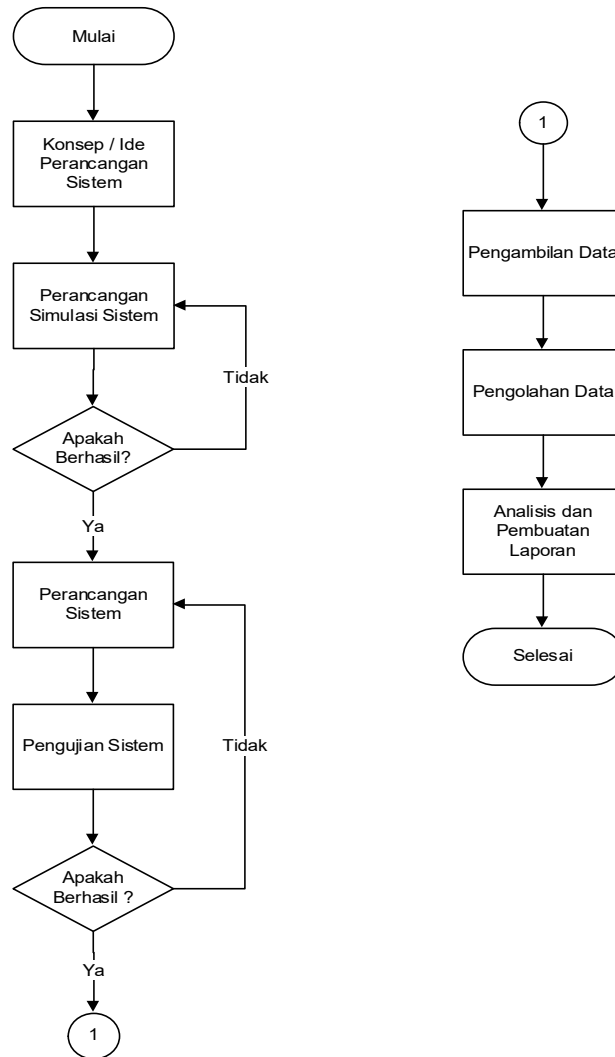
- a. Arduino Mega 2560.

- b. 32 buah *analog switch* IC DG470.
- c. 16 buah relai mekanik.
- d. Tiga buah IC ULN 2003.
- e. 8 buah lampu LED RGB.
- f. 8 buah resistor 330 Ω .
- g. PCB.
- h. Kabel *Coaxial*.
- i. Delapan pasang *Connector Coaxial*.
- j. Kabel Penghubung secukupnya.

3.3 Langkah Kerja Penelitian

Langkah kerja penelitian akan dilakukan dalam empat tahapan utama:

1. Simulasi.
2. Perancangan Alat.
3. Pengujian Alat dan Pengambilan Data.
4. Analisis perbandingan antara kedua desain *Multiplexer*.

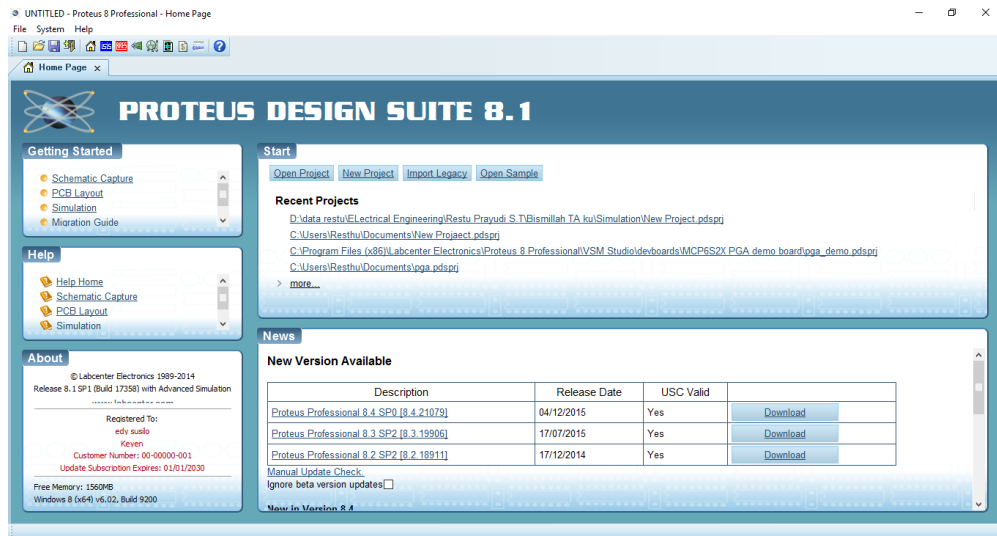


Gambar 3.1. Diagram Alir Penelitian

1. Simulasi

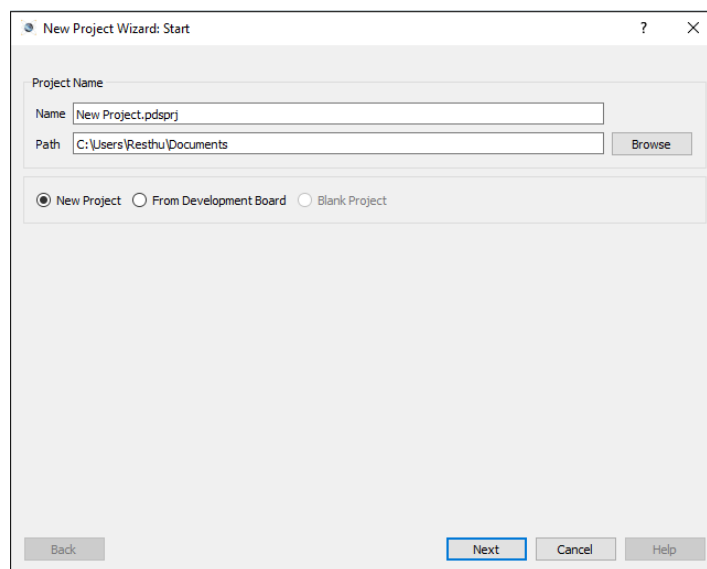
Pada simulasi digunakan *software* proteus dalam perancangan *multiplexer*. *Software* ini dipilih karena menyediakan *tools* yang memudahkan pengguna saat melakukan pengujian program arduino. Langkah yang dilakukan pada simulasi sebagai berikut :

a. Membuka *Software* Proteus hingga muncul tampilan awal seperti berikut.



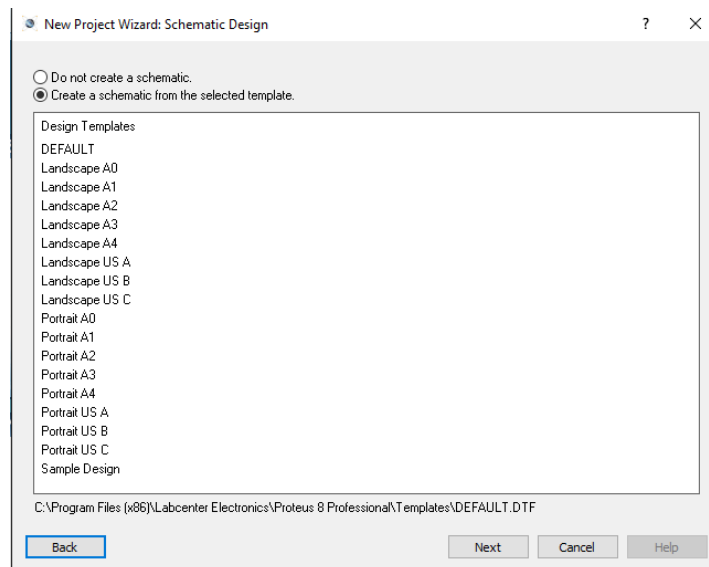
Gambar 3.2 Tampilan awal *software* proteus

b. Selanjutnya klik *new project* pada bagian *toolbar* hingga muncul kotak dialog sebagai berikut.



Gambar 3.3 Kotak Dialog *New Project*

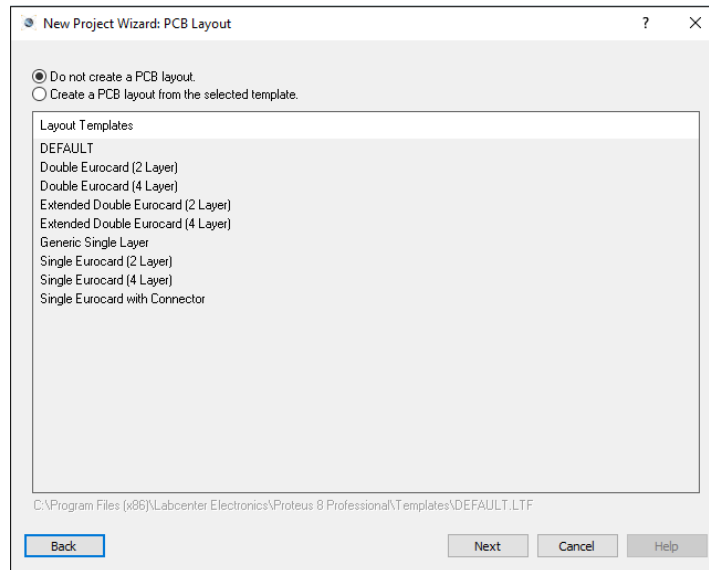
c. Selanjutnya memasukkan nama *project* dan memilih folder yang akan dijadikan lokasi penyimpanan *file project* yang akan dibuat. Setelah semua dipastikan benar klik *next* hingga muncul kotak dialog berikut.



Gambar 3.4 Kotak Dialog 2 *New Project*

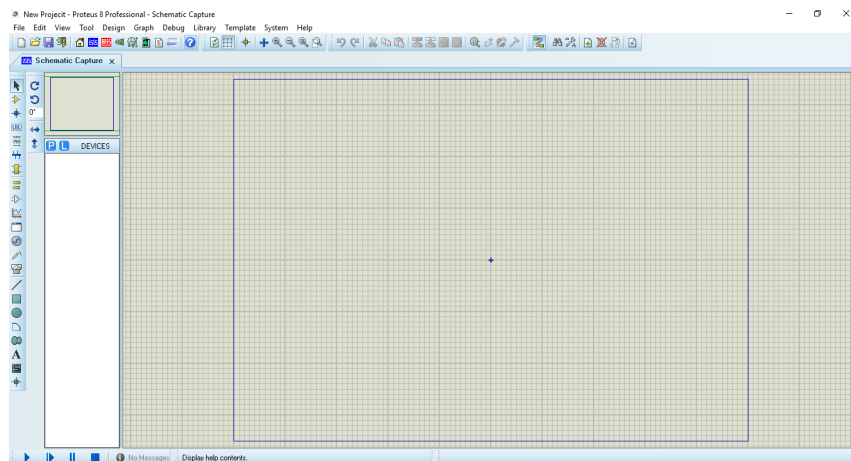
Pada bagian atas kotak dialog tersebut centang pada bagian *create a schematic from the selected template*, dan pada kotak dibawah pilih *DEFAULT*, lalu klik *next*.

d. Selanjutnya akan muncul kotak dialog seperti Gambar 3.5. Pada bagian ini pilih *do not create a PCB layout*, karena pada penggunaan *software* ini hanya sampai pada tahap simulasi program dan tidak sampai pembuatan *Lay Out PCB*.

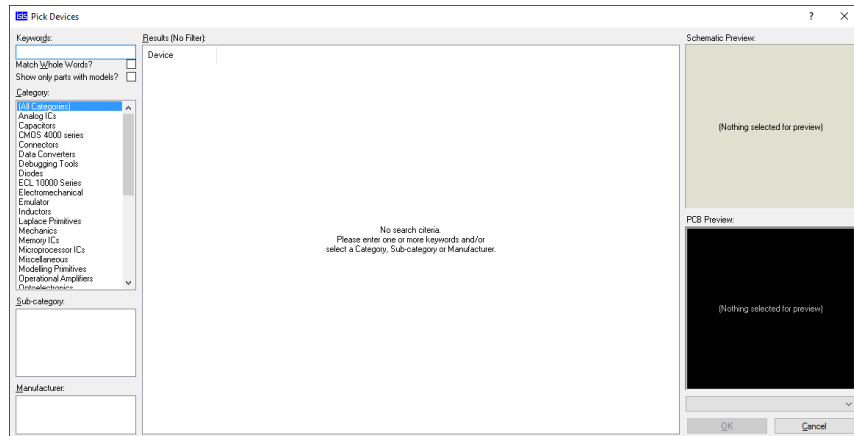


Gambar 3.5 Kotak Dialog 3 *New Project*

e. Selanjutnya klik *next* hingga muncul tampilan sebagai berikut. Setelah muncul maka dilakukan pemilihan *device* yang akan digunakan. Dengan cara klik huruf P pada bagian sisi kiri *software* hingga muncul tampilan seperti pada Gambar 3.7.

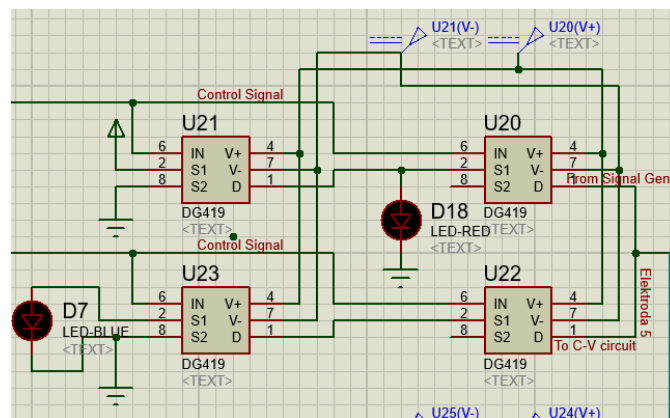


Gambar 3.6. Tampilan *Software* Proteus

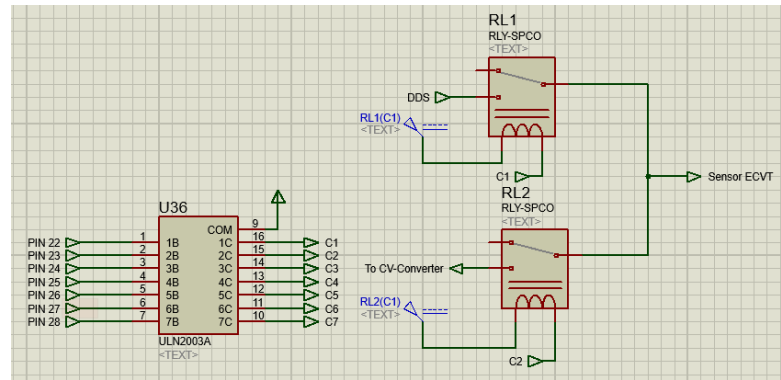


Gambar 3.7 Tampilan pemilihan komponen

f. Selanjutnya memilih setiap library komponen yang akan digunakan untuk melakukan simulasi. Lalu menyusun setiap komponen tersebut sesuai dengan ide perancangan yang sudah ditetapkan sebelumnya. Namun pada simulasi ini tidak digunakan *analog switch* DG 470 tersebut disebabkan pada *software* ini tidak tersedia, switch tersebut digantikan dengan tipe *analog switch* DG419 yang memiliki spesifikasi hampir sama dengan *analog switch* DG470. Untuk desain *multiplexer* dengan menggunakan *analog switch* DG419 dan Rele memiliki skematik sebagai berikut.



Gambar 3.8 Skematik Simulasi Rangkaian *analog switch* DG470

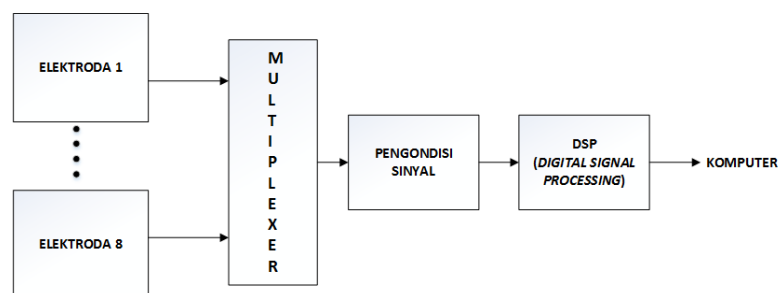


Gambar 3.9 Skematik Simulasi Rangkaian Rele

g. Selanjutnya dilakukan pengujian terhadap program yang telah dibuat sebelumnya. Pengujian pada tahap ini hanya melihat apakah secara fungsionalitas program yang telah dibuat berjalan secara lancar atau tidak.

2. Perancangan Alat

Perancangan alat terbagi menjadi dua yaitu perancangan desain *multiplexer* dengan menggunakan *analog switch* DG470 dan perancangan desain *multiplexer* dengan menggunakan rele mekanik. Secara keseluruhan perancangan alat yang akan dibuat memiliki diagram blok ditunjukkan oleh Gambar 3.9, namun pada penelitian ini hanya berfokus pada perancangan *multiplexer*.



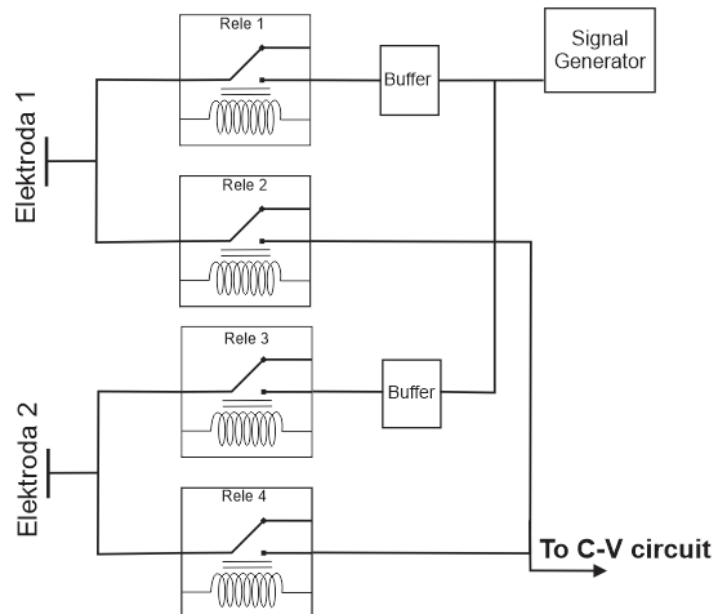
Gambar 3.10. Diagram Blok Sistem Akuisisi Data

b. Perancangan menggunakan Rele Mekanik



Gambar 3.13 Rele Mekanik 5 Vdc

Pada perancangan desain dengan menggunakan rele mekanik setiap satu *channel* membutuhkan 2 rele yang memiliki fungsi untuk memutus dan menyambungkan koneksi yang terhubung dari *Direct Digital Synthesis* atau DDS ke sensor dan koneksi yang terhubung dari sensor ke CV-Converter. Desain tersebut memiliki desain sebagai berikut.



Gambar 3.14 Rangkaian Skematik Rele Mekanik

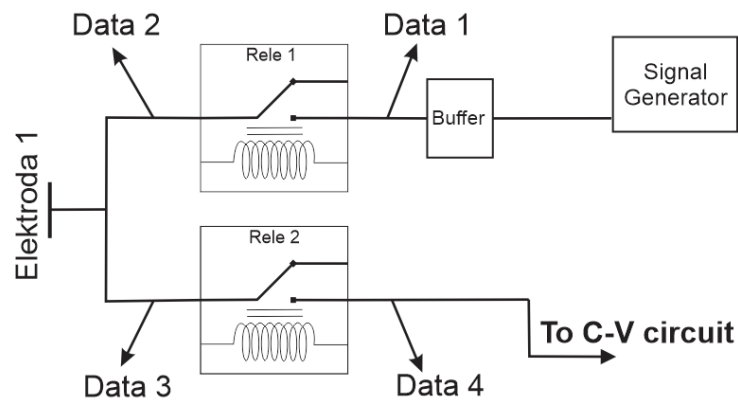
3. Pengujian Alat dan Pengambilan Data

Setelah alat berhasil dibuat, tahap selanjutnya yang dilakukan adalah melakukan uji coba terhadap alat. Pada pengujian dilakukan dengan cara menyambungkan alat dengan sumber tegangan lalu dilakukan kontrol dari mikrokontroler arduino mega. Saat semua telah dipastikan berjalan dengan baik maka dilakukan pengambilan data. Pengambilan data pertama merupakan data lamanya waktu *settling time* baik pada desain menggunakan *analog switch* DG470 dan Rele Mekanik.

Tabel 3.1. Data *Settling Time*

No	Rele/Analog Switch	Percobaan	<i>Settling time</i> (us)
1	Rx ..	1	
		2	
		...	
		10	
2	Tx ..	1	
		2	
		...	
		10	

Data yang diambil selanjutnya berupa perbedaan sinyal saat sebelum dan sesudah melewati *analog switch* maupun rele mekanik. Terdapat 4 pembagian data yaitu data 1, data 2, data 3 dan data 4 seperti ditunjukkan pada Gambar 3.14. Data 1 merupakan pembacaan besaran sinyal dari DDS yang akan masuk ke rangkaian *multiplexer*. Data 2 merupakan pembacaan besaran sinyal dari DDS setelah melewati rangkaian *multiplexer*. Data 3 merupakan pembacaan besaran sinyal dari sensor *ECVT* yang akan masuk ke rangkaian *multiplexer*. Data 4 merupakan pembacaan besaran sinyal setelah melewati rangkaian *multiplexer*. Selain itu dilakukan juga pengukuran terhadap hasil *output* tegangan yang setelah melewati pengondisi sinyal.



Gambar 3.15 Kategori Pengambilan Data

Tabel 3.2. Data hasil pengukuran sinyal

No	Pasangan Elektroda	Kategori	DATA 1	DATA 2	Selisih Data 1 & 2 (V)	DATA 3	DATA 4	Selisih Data 3 & 4 (mV)	OUTPUT
			V _{PP} (V)	V _{PP} (V)		V _{PP} (mV)	V _{PP} (mV)		V _{AVG} (V)
1	1-2	Sampling							
2	1-3	Sebrang							
..							
..							
28	7-8	Sampling							

4. Analisis Perbandingan antara Kedua Desain *Multiplexer*

Setelah mendapatkan semua data maka langkah selanjutnya melakukan analisis terhadap berbagai fenomena perbedaan yang terjadi antara desain *multiplexer* menggunakan *analog switch* DG470 dan rele mekanik.

V. SIMPULAN DAN SARAN

A. Simpulan

Berdasarkan hasil perancangan dan analisa hasil penelitian, dapat ditarik simpulan sebagai berikut:

1. Multiplexer yang dirancang dengan menggunakan analog switch dan rele mekanik telah berhasil dibuat dan memiliki kemampuan untuk diterapkan pada DAS ECVT 8 channel
2. Multiplexer dengan menggunakan analog switch memiliki keunggulan dalam kecepatan settling time, namun terdapat kekurangan yaitu sinyal yang melewati multiplexer tersebut menurun tegangannya.
3. Multiplexer dengan menggunakan rele mekanik memiliki kekurangan dalam kecepatan settling time, namun memiliki keunggulan sinyal yang melewatinya cenderung lebih stabil.
4. Multiplexer dengan desain menggunakan rele mekanik hanya bisa digunakan untuk DAS ECVT yang digunakan untuk pencitraan benda yang memiliki perubahan yang lambat. Sedangkan untuk pencitraan benda yang memiliki dinamika yang cepat harus menggunakan analog switch.

B. Saran

Untuk penelitian lebih lanjut mengenai desain multiplexer pada DAS ECVT penulis menyarankan:

1. Untuk meminimalisir noise yang terjadi dapat dilakukan dengan menggunakan kabel koaksial pada setiap koneksi yang dilewati sinyal.
2. Untuk meminimalisir noise dapat dilakukan dengan memperpendek koneksi pada setiap komponen di dalam DAS ECVT, salah satu cara dengan memasang setiap komponen sampai konektor dalam satu papan PCB

DAFTAR PUSTAKA

- H. H William, 1989. Elektomagnetika Teknologi Edisi Kelima. Jakarta. Erlangga.
- Yang, W Q. York, T A, *New AC-Based Capacitance Tomography System*. IEE Proc.-Sci. Meas. Technol. Vol. 146. No. I. January 1999.
- Yuda, Ayuning T.E., 2011. Rancang Bangun Sistem Akuisisi Data untuk Keperluan *Electrical Capacitance Volume Tomography (ECVT)*. Bandar Lampung. Universitas Lampung.
- Yusuf, Arbai., Muttakin, Imamul. Widada, Wahyu. Taruno, Warsito P. *Single Signal Conditioning Multi Electrode for ECVT Data Acquisition System*. 2014.