

**TUGAS AKHIR**  
**REVITALISASI SISTEM AKUISISI DATA REAKTOR**  
**KARTINI UNTUK MENUNJANG NTC DAN IRL**

Diajukan sebagai Salah Satu Syarat  
untuk Memperoleh Gelar Sarjana Sains Terapan

**Program Studi Elektronika Instrumentasi**  
**Jurusan Teknofisika Nuklir**



Disusun Oleh  
**MUHAMMAD SEPTYAWAN AULIA**  
**021300359**

**SEKOLAH TINGGI TEKNOLOGI NUKLIR**  
**BADAN TENAGA NUKLIR NASIONAL**  
**YOGYAKARTA**

**2017**

## LEMBAR PENGESAHAN

### TUGAS AKHIR

#### REVITALISASI SISTEM AKUISISI DATA REAKTOR KARTINI UNTUK MENUNJANG NTC DAN IRL

Oleh :

MUHAMMAD SEPTYAWAN AULIA

NIM 021300359

Telah dipertahankan didepan Dewan Penguji pada Tanggal 16 Juni 2017

Dan dinyatakan memenuhi syarat

Susunan Dewan Penguji

Ketua Dewan Penguji,



Dr. Sutanto, M.Eng

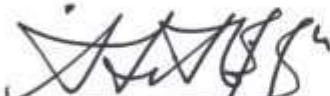
NIP 19820218 200604 1 016

Anggota I



Dr. Muhtadan, M.Eng  
NIP 19830301 200604 1 004

Anggota II



Adi Abimanyu, M.Eng  
NIP 19810930 200901 1 002

Mengetahui,  
Ketua Sekolah Tinggi Teknologi Nuklir



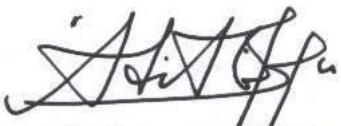
Edy Giri Rachman Putra, Ph.D  
NIP 19700327 199403 1 003

**HALAMAN PERSETUJUAN**  
**TUGAS AKHIR**  
**REVITALISASI SISTEM AKUISISI DATA REAKTOR KARTINI**  
**UNTUK MENUNJANG NTC DAN IRL**

Diajukan Oleh  
**Muhammad Septyawan Aulia**  
**NIM 021300359**

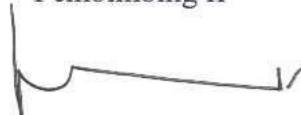
Tugas Akhir ini telah diperiksa dan disetujui oleh :

Pembimbing I



**Adi Abimanyu, M.Eng**  
NIP 19810930 200901 1 002

Pembimbing II



**Ir. Djiwo Harsono, M.Eng**  
NIP 19590202 198512 1 001

Mengetahui,  
Ketua Jurusan Teknophysika Nuklir



**Dr. Muhtadan, M.Eng**  
NIP 19830301 200604 1 004

**TUGAS AKHIR**  
**REVITALISASI SISTEM AKUISISI DATA REAKTOR KARTINI**  
**UNTUK MENUNJANG NTC DAN IRL**

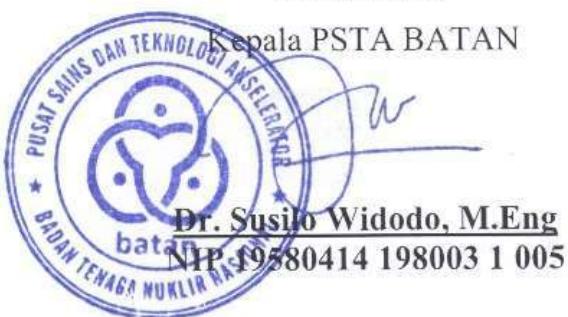
**Disusun Oleh**  
**Muhammad Septyawan Aulia**  
**NIM 021300359**

Telah disetujui dan disahkan oleh :  
PUSAT SAINS DAN TEKNOLOGI AKSELERATOR  
BADAN TENAGA NUKLIR NASIONAL

Kepala Bidang Reaktor  
  
Taxwim, ST  
NIP 19610615 19840 1 001

Pembimbing  
  
Taxwim, ST  
NIP 19610615 19840 1 001

Mengetahui,



## **HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN**

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Muhammad Septyawan Aulia

NIM : 021300359

Program Studi : Elektronika Instrumentasi

Judul Tugas Akhir :

### **REVITALISASI SISTEM AKUISISI DATA REAKTOR KARTINI**

### **UNTUK MENUNJANG NTC DAN IRL**

Dengan ini saya menyatakan bahwa Tugas Akhir ini adalah hasil karya penulis dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk telah penulis nyatakan dengan benar.

Yogyakarta, 16 Juni 2017

Penulis,

Muhammad Septyawan Aulia

021300359

## KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Puji syukur penulis ucapkan kepada Allah SWT atas segala rahmat dan kenikmatan yang tak terhitung kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan Tuga Akhir dengan judul Revitalisasi Sistem Akuisisi Data Reaktor Kartini untuk Menunjang NTC dan IRL.

Penulis menyadari bahwa tanpa bantuan, bimbingan, serta doa dari berbagai pihak, Tugas Akhir ini tidak akan dapat penulis selesaikan dengan baik. Oleh karena itu, penulis ingin mengucapkan terimakasih kepada:

1. Allah SWT yang menciptakan dan memiliki seluruh data akuisisi di alam semesta. Berkat rahmat, ridho dan perlindungan-Nya penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan lancar.
2. Ayahanda Suyitno dan Ibunda Nur Hidayah Pudji A yang senantiasa mendukung dan memanjatkan doa dan menjadi segalanya bagi penulis. Kakak Ryzky Setyaningsih, kakak ipar Muhammad Sulistyo dan adik Akhdan S A yang selalu memberi semangat dan doa.
3. Bapak Dr. Susilo Widodo, M.Eng selaku Ketua PSTA-BATAN Yogyakarta yang mengijinkan penulis melakukan penelitian di reaktor Kartini.
4. Bapak Edy Giri Rachman Putra, P.hD. Selaku Ketua STTN-BATAN Yogyakarta.
5. Bapak Taxwim, ST. selaku Kepala Bidang Reaktor yang selalu memberikan waktu dan pendampingan kepada penulis selama berada didalam reaktor Kartini.
6. Bapak Dr. Muhtadan, M.Eng. Selaku Ketua Jurusan Teknafisika Nuklir STTN-BATAN Yogyakarta sekaligus dosen penguji pertama yang banyak memberikan masukan dan kritik kepada penulis pada penelitian ini.

7. Bapak Dr. Sutanto, M.Eng, selaku Ketua Program Studi Elektronika Instrument sekaligus ketua dewan penguji yang senantia memberikan kritikan dan saran yang membangun kepada penulis.
8. Bapak Adi Abimanyu, M.Eng. serta Ir. Djivo Harsono, M.Eng selaku pembimbing pertama dan pembimbing kedua yang telah memberikan ilmu pengetahuan, waktu, semangat, motivasi, serta bimbingan terbaik kepada penulis.
9. Bapak Francois Foulon dan Bapak Borio D Tiogle dari IAEA yang senantiasa membantu dan menjembatani penulis dengan para peneliti dan pengembang IRL diseluruh dunia.
10. Bapak Pablo Cantero dan Bapak Dante Mangriotti dari reaktor RA-6, CNEA, Argentina yang telah membimbing penulis dalam mengembangkan desain dan sistem IRL untuk reaktor KArtini.
11. Pak Subchan, Mas Argo, Mas Edy, Mas Zero, Pak Marsudi dan segenap tim reaktor yang senantiasa memberikan bantuan, pendampingan serta saran selama penulis melakukan penelitian di reaktor Kartini.
12. Mas Yasrof Adityo Mahardiko, Mas Hamka, Mas Krisna serta segenap keluarga National Instruments Indonesia yang banyak memberikan bantuan kepada penulis.
13. Mas Nur Hidayat S, Mas Heryuli A, Sinta Uri El Hakim, Bunga P A, Garin S A, Diex R A dan Melati I serta yang selalu membantu dan memberi semangat kepada penulis.
14. Saudari Delfi Nalasari yang senantiasa menemani penulis dalam penelitian ini.
15. Saudara Akbar Yulandra sebagai teman kos seperjuangan dan keluarga Bapak Sukijo yang memberikan penulis tempat yang nyaman.
16. Keluarga besar Elektronika Instrumentasi 2013 yang telah berjuang bersama penulis dalam menempuh pendidikan di STTN-BATAN.
17. Segenap pihak yang mendukung penelitian ini yang tidak bisa penulis satu persatu.

Penulis menyadari masih banyak kekurangan pada penyusunan laporan tugas akhir ini, sehingga penulis sangat mengharapkan saran dan kritik dari berbagai pihak. Akhir kata, penulis berharap semoga laporan tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi semua pihak.

Yogyakarta, Juni 2017

Penulis,

Muhammad Septyawan Aulia

021300359

## **ARTI LAMBANG DAN SINGKATAN**

ADC	= <i>Analog to Digital Converter</i>
AI	= <i>Analog Input</i>
BPS	= <i>Bit per Second</i>
CIC	= <i>Compensated Ion Chamber</i>
DAS	= <i>Data Acquisition System</i>
DOS	= <i>Disk Operating System</i>
FC	= <i>Fission Chamber</i>
FPGA	= <i>Field Programmable Gate Array</i>
HE	= <i>Heat Exchanger</i>
HMI	= <i>Human Machine Interface</i>
IFE	= <i>Instrument Fuel Element</i>
IRL	= <i>Internet Reactor Laboratory</i>
KW	= Kilo Watt
LAN	= <i>Local Area Network</i>
NLW – 2	= <i>Neutron Logarithmic Wide range serie 2</i>
NP-1000	= <i>Neutron Power serie 1000</i>
NTC	= <i>Nuclear Training Center</i>
MS	= <i>Mili second</i>
ODBC	= <i>OLE Database Connection</i>
RIO	= <i>Reconfigurable Input Output</i>
SQL	= <i>Structured Query Language</i>
TC	= <i>Temperature Control</i>
TCP/IP	= <i>Transmission Control Protocol / Internet Protocol</i>
UDP	= <i>User Datagram Protocol</i>
VI	= <i>Virtual Instrument</i>
WAN	= <i>Wide Area Network</i>

## ***ABSTRACT***

**THE REVITALIZATION OF KARTINI REACTOR DATA ACQUISITION SYSTEM FOR SUPPORTING NTC AND IRL.** *The revitalization of Kartini Reactor data acquisition done for realization of reactor utilization for Nuclear Training Center (NTC) and Internet Reactor Laboratory (IRL) using cRIO-9076 with NI 9205 modul for neck computer for acquitting secondary parameter and software LabVIEW 2015 as data processor with MySQL as database engine. The purpose of this research is to revitalize the current Kartini reactor data acquisition system to support the NTC and IRL. After revitalization, te data acquisition system can acquitted reactor operation parameter such as linear power, logarithmic power, period, control rod position and trip parameter using serial communication in 115200 baudrate. The system is aslo acquitted the secondary parameter such as inlet and outlet coolant temperature from HE tube, inlet and outlet coolant temperature from HE plate, reactor water vessel temperature, secondary and primary coolant flow, reactor water level and fuel temperature by cRIO-9076 with 1000 ms time computation with an 0.37 error deviation.*

*Keyword : data acquisition, revitalization, NTC, IRL, cRIO-9076*

## INTISARI

**REVITALISASI SISTEM AKUISISI DATA REAKTOR KARTINI UNTUK MENUNJANG NTC DAN IRL.** Revitalisasi sistem akuisisi data reaktor Kartini dilakukan dalam usaha untuk realisasi *Nuclear Training Center* (NTC) dan *Internet Reactor Laboratory* (IRL) dengan mengaplikasikan perangkat keras cRIO-9076 dengan modul NI 9205 sebagai komputer leher yang mengakuisisi parameter sekunder dan perangkat lunak LabVIEW 2015 sebagai pengolah data serta MySQL sebagai database. Penelitian ini bertujuan untuk merevitalisasi sistem akuisisi data reaktor Kartini saat ini agar menunjang NTC dan IRL. Sistem akuisisi yang sudah direvitalisasi dapat mengakuisisi parameter operasi berupa daya linier, daya logaritmik, periode, posisi batang kendali, dan parameter trip menggunakan komunikasi serial dengan baudrate 115200 serta parameter sekunder reaktor berupa suhu *inlet* dan *outlet HE tube*, suhu *inlet* dan *outlet HE plat*, suhu air tangki reaktor, aliran pendingin primer, aliran pendingin sekunder pada *HE tube* dan *plat*, level ketinggian air tangki reaktor dan suhu bahan bakar melalui cRIO-9076 dengan waktu komputasi keseluruhan sebesar 1000 ms dengan deviasi sebesar 0.37.

Kata Kunci : akuisisi data, revitalisasi, NTC, IRL, cRIO-9076

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN .....	ii
HALAMAN PERSETUJUAN.....	iii
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN .....	iv
KATA PENGANTAR .....	vi
ARTI LAMBANG DAN SINGKATAN .....	ix
ABSTRACT.....	x
INTISARI.....	xi
DAFTAR ISI.....	xii
DAFTAR GAMBAR .....	xv
DAFTAR TABEL.....	xvii
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1    Latar Belakang .....	1
1.2    Keaslian Penelitian .....	4
1.3    Rumusan Masalah .....	5
1.4    Batasan Masalah.....	6
1.5    Tujuan Penelitian.....	6
1.6    Manfaat Penelitian.....	6
BAB II LANDASAN TEORI .....	8
2.1    Tinjauan Pustaka .....	8
2.2    Landasan Teori.....	9
2.2.1    Sistem Akuisisi Data .....	10
2.2.2    Nuclear Training Center (NTC) .....	11
2.2.3    Internet Reactor Laboratory (IRL) .....	12
2.2.4    Transmission Control Protocol / Internet Protocol (TCP/IP). .	13
2.2.5    Komunikasi Serial RS-232 dan RS-485 .....	15
2.2.6    Data Parameter Proses Reaktor Kartini.....	16
2.2.7    MySQL Server .....	22
2.2.8    Isolated Converter .....	22
2.2.9    CompactRIO-9076 .....	23

2.2.10 Analog Input Module NI 9205 .....	24
2.2.11 LabVIEW 2015 .....	26
2.3 Hipotesis.....	28
BAB III METODE PENELITIAN.....	29
3.1 Alat dan Bahan.....	29
3.1.1 Alat .....	29
3.1.2 Bahan.....	29
3.2 Tata Laksana Penelitian .....	30
3.2.1 Studi Pustaka .....	30
3.2.2 Identifikasi Masalah .....	31
3.2.3 Perancangan Sistem.....	31
3.2.4 Pengujian dan Analisis Sistem .....	53
3.2.5 Penulisan Laporan .....	60
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....	61
4.1 Hasil Pengembangan Komputer Leher .....	61
4.1.1 Pengembangan Hardware.....	61
4.1.2 Pengembangan Software .....	64
4.2 Hasil Pengembangan Komputer Informasi .....	65
4.2.1 Pengembangan Hardware.....	65
4.2.2 Pengembangan Software .....	66
4.3 Hasil Pengujian Sensor dan Pengkondisi Sinyal.....	69
4.4 Hasil Pengujian Akuisisi Data .....	72
4.5 Hasil Pengujian Waktu Komputasi .....	79
4.6 Hasil Pengujian Online.....	80
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	89
5.1 Kesimpulan.....	89
5.2 Saran.....	90
DAFTAR PUSTAKA .....	91
Lampiran 1 .....	93
Lampiran 2 .....	99
Lampiran 3 .....	103
Lampiran 4 .....	105

Lampiran 5 .....	117
Lampiran 6 .....	118
Lampiran 7 .....	120

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 1. 1</b>	Sistem Instrumen dan Kendali reaktor Kartini .....	2
<b>Gambar 2. 1</b>	Blok diagram Sistem Akuisisi Data.....	10
<b>Gambar 2. 2</b>	Jaringan komputer NTC (Abimanyu et al., 2016) .....	11
<b>Gambar 2. 3</b>	Jaringan sistem IRL (Tiglione and Vyshniauskas, 2016).....	12
<b>Gambar 2. 4</b>	Lapisan protokol TCP/IP .....	14
<b>Gambar 2. 5</b>	Format data parameter proses reaktor Kartini .....	16
<b>Gambar 2. 6</b>	Mekanisme penggerak batang kendali (PSTA-BATAN, 2012)...	20
<b>Gambar 2. 7</b>	IC Sunyuan 4-20MA-0 .....	23
<b>Gambar 2. 8</b>	cRIO-9076 .....	24
<b>Gambar 2. 9</b>	NI 9205 .....	25
<b>Gambar 2. 10</b>	Blok diagram rangkaian NI 9205 .....	25
<b>Gambar 2. 11</b>	Front Panel LabVIEW 2015 .....	27
<b>Gambar 2. 12</b>	Blok diagram LabVIEW 2015 .....	27
<b>Gambar 3. 1</b>	Diagram Alir Penelitian.....	30
<b>Gambar 3. 2</b>	Rancangan blok diagram sistem akuisisi data reaktor Kartini.....	32
<b>Gambar 3. 3</b>	Diagram alir tahapan perancangan sistem .....	33
<b>Gambar 3. 4</b>	Blok diagram sistem akuisisi komputer leher.....	34
<b>Gambar 3. 5</b>	Rangkaian sensor suhu SIKA DiTemp.....	36
<b>Gambar 3. 6</b>	Rangkaian sensor level air ULT-11 .....	36
<b>Gambar 3. 7</b>	Rangkaian sensor aliran DTFXL-A11-NN.....	37
<b>Gambar 3. 8</b>	Rangkaian sensor suhu bahan bakar .....	37
<b>Gambar 3. 9</b>	Blok diagram komputer leher .....	38
<b>Gambar 3. 10</b>	Rancangan panel komputer leher.....	39
<b>Gambar 3. 11</b>	Diagram alir program komputer leher .....	41
<b>Gambar 3. 12</b>	Struktur flat sequence .....	42
<b>Gambar 3. 13</b>	Share Variable analog input NI 9205 pada LabVIEW Project....	43
<b>Gambar 3. 14</b>	Penggunaan Shared Variable analog input .....	43
<b>Gambar 3. 15</b>	Timed loop structure .....	44
<b>Gambar 3. 16</b>	Expression node .....	44
<b>Gambar 3. 17</b>	Program akuisisi komputer leher .....	44
<b>Gambar 3. 18</b>	Rancangan tampilan komputer leher .....	45
<b>Gambar 3. 19</b>	Diagram state progam komputer informasi .....	47
<b>Gambar 3. 20</b>	Program pembacaan serial dengan NI VISA.....	47
<b>Gambar 3. 21</b>	String Subset Node .....	48
<b>Gambar 3. 22</b>	Program SubVI parsing data.....	48
<b>Gambar 3. 23</b>	Program SubVI konversi .....	49
<b>Gambar 3. 24</b>	Program matching data .....	50
<b>Gambar 3. 25</b>	Program memasukan data ke database LabSQL .....	50
<b>Gambar 3. 26</b>	Rancangan tampilan komputer informasi .....	51
<b>Gambar 3. 27</b>	Tampilan halaman phpMyAdmin .....	53

<b>Gambar 3. 28</b> Diagram alir pengujian sistem .....	53
<b>Gambar 3. 29</b> Blok diagram pengujian sensor .....	54
<b>Gambar 3. 30</b> Program pengujian data serial .....	56
<b>Gambar 3. 31</b> NI Distributed System Manager .....	57
<b>Gambar 3. 32</b> Program perhitungan waktu komputasi .....	59
<b>Gambar 4. 1</b> Tampak komponen bagian dalam panel .....	61
<b>Gambar 4. 2</b> Tampak samping panel .....	62
<b>Gambar 4. 3</b> Diagram wiring panel komputer leher .....	63
<b>Gambar 4. 4</b> Tampilan komputer leher .....	64
<b>Gambar 4. 5</b> Komputer informasi di Sub Rak Kontrol .....	65
<b>Gambar 4. 6</b> Konverter USB toRS-485 di komputer informasi .....	66
<b>Gambar 4. 7</b> Tampilan halaman overview .....	66
<b>Gambar 4. 8</b> Tampilan halaman graphview .....	68
<b>Gambar 4. 9</b> Tampilan halaman setting .....	68
<b>Gambar 4. 10</b> Grafik tegangan vs ketinggian pada sensor ULT-11 .....	69
<b>Gambar 4. 11</b> Grafik tegangan vs suhu pada sensor SIKA DiTemp .....	70
<b>Gambar 4. 12</b> Grafik tegangan vs suhu Autonics .....	71
<b>Gambar 4. 13</b> Grafik tegangan vs waktu sensor suhu SIKA DiTemp .....	75
<b>Gambar 4. 14</b> Grafik tegangan vs waktu sensor aliran DTFXL-A11-NN .....	76
<b>Gambar 4. 15</b> Grafik tegangan vs waktu sensor level air tangki reaktor .....	77
<b>Gambar 4. 16</b> Grafik tegangan vs waktu sensor suhu bahan bakar .....	78
<b>Gambar 4. 17</b> Grafik daya linier terhadap waktu .....	80
<b>Gambar 4. 18</b> Grafik daya logaritmik terhadap waktu .....	81
<b>Gambar 4. 19</b> Grafik posisi batang kendali terhadap waktu .....	82
<b>Gambar 4. 20</b> Grafik suhu masukan dan keluaran HE tube terhadap waktu .....	83
<b>Gambar 4. 21</b> Grafik suhu masukan dan keluaran HE plat terhadap waktu .....	84
<b>Gambar 4. 22</b> Grafik suhu air tangki reaktor terhadap waktu .....	85
<b>Gambar 4. 23</b> Grafik aliran primer dan sekunder terhadap waktu .....	86
<b>Gambar 4. 24</b> Grafik ketinggian air tangki terhadap waktu .....	87
<b>Gambar 4. 25</b> Grafik suhu bahan bakar terhadap waktu .....	88

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 2. 1</b> Tabel karakteristik IRL (Tiglione and Vyshniauskas, 2016) .....	13
<b>Tabel 2. 2</b> Tabel perbedaan komunikasi RS-232 dengan RS-485.....	16
<b>Tabel 3. 1</b> Tabel perbandingan revitalisasi sistem akuisisi data.....	32
<b>Tabel 3. 2</b> Tabel detail sensor.....	35
<b>Tabel 3. 3</b> Format tabel database .....	52
<b>Tabel 4. 1</b> Tabel soket dan analog input.....	64

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

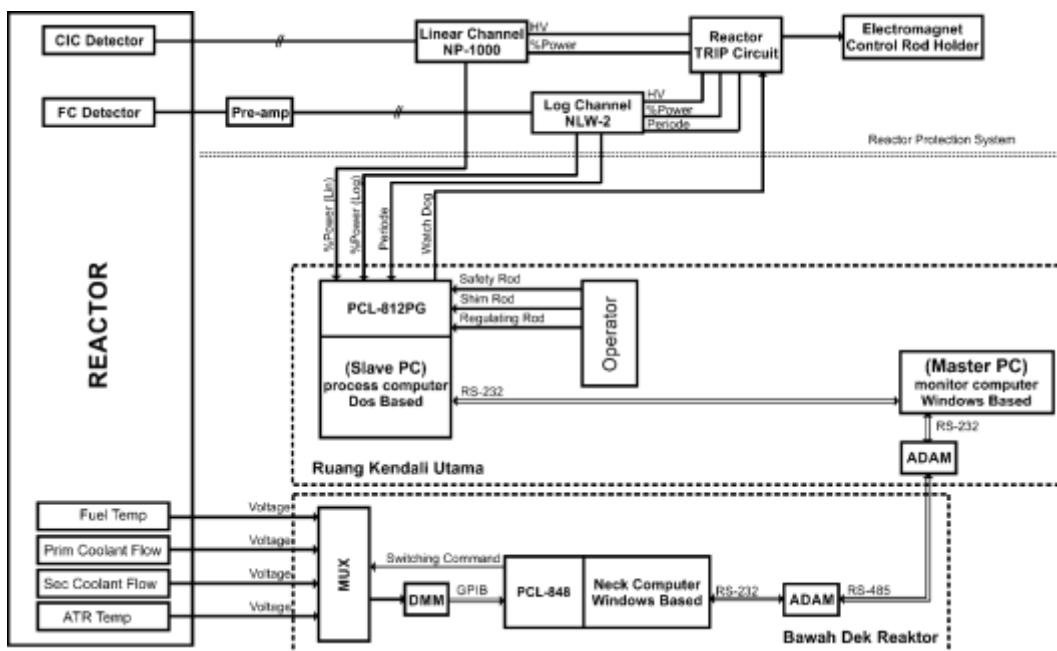
Reaktor Kartini adalah reaktor penelitian yang dirancang oleh BATAN dengan daya 250 KW yang beroperasi pada daya 100 KW untuk tujuan penelitian, pelatihan dan pendidikan. Reaktor Kartini merupakan reaktor bertipe Triga Mark II dengan kolam terbuka, berpendingin air ringan. Pembangunan reaktor Kartini dimulai akhir tahun 1974, dan mencapai kondisi kritis untuk pertama kalinya pada 25 Januari 1979, diresmikan pada 1 Maret 1979 serta masih dioperasikan hingga dengan sekarang (Suhaemi et al., 2003).

Untuk memfasilitasi kebutuhan pendidikan dan pelatihan yang semakin modern, Reaktor Kartini akan dikembangkan sebagai *Nuclear Training Center* (NTC) dan *Internet Reactor Laboratory* (IRL). NTC adalah lembaga pelatihan pada bidang nuklir menggunakan reaktor, bertujuan sebagai institusi pendidikan dan pelatihan personil pada bidang radiasi dan teknologi reaktor (Stanescu, 2016).

*Internet Reactor Laboratory* adalah aplikasi reaktor nuklir untuk tujuan pendidikan dan pelatihan dengan mengkoneksikan data parameter operasi reaktor dengan internet sehingga dapat digunakan secara global (Tiglione and Vyshniauskas, 2016). Program dan protokol yang dapat diterapkan di reaktor Kartini antara lain pelatihan kalibrasi daya, kalibrasi batang kendali, dan pelatihan operasi reaktor.

Akuisisi data NTC reaktor Kartini adalah proses pengolahan data primer dan sekunder operasi reaktor Kartini secara *real-time* dan *lossless* yang disimpan pada

database pada Komputer NTC (Abimanyu et al., 2016). Sistem akuisisi data reaktor Kartini saat ini berdasarkan SIK Reaktor Kartini ditunjukan pada Gambar 1. 1.



**Gambar 1. 1** Sistem Instrumen dan Kendali reaktor Kartini

Komputer proses mengakuisisi data primer berupa daya linier, daya logaritmik, periode, posisi ketiga batang kendali dan parameter trip dengan antarmuka *Advantech PCL-812PG* pada ISA-BUS komputer industrial dengan sistem operasi DOS di ruang kendali utama (Prajitno, 2010). Data sekunder berupa suhu pendingin, aliran pendingin dan suhu bahan bakar, diakuisisi melalui komputer leher dengan antarmuka ISA-BUS *Advantech PCL-848* melalui *digital multimeter* dan multiplekser yang berada di bawah dek reaktor sebelah utara. Multiplekser pada komputer leher berfungsi untuk memilih masukan dari 4 sensor untuk dibaca melalui *digital multimeter*.

Kelemahan sistem saat ini, data parameter yang ada di komputer monitor untuk database NTC belum *real-time* karena komputer leher menggunakan multiplekser dengan kecepatan seleksi sinyal akuisisi yang lambat. Komputer monitor menggunakan sistem operasi berbasis Windows dan komputer leher berbasis DOS memiliki spesifikasi non-industrial yang rawan terjadi *stack* yang menimbulkan *data loss*.

Seiring perkembangan teknologi, lahir teknologi cRIO (*Compact Reconfigurable Input/Output*) dari National Instruments. cRIO digunakan sebagai data akuisisi dan kontrol pada suatu sistem dengan menambahkan modul-modul sesuai kebutuhan (Sumalatha and Kumar, 2015). Salah satu tipe cRIO adalah NI cRIO-9076 *Integrated 400Mhz Real-Time controller* dengan LX45 *FPGA*.

Revitalisasi menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia adalah proses atau cara untuk menghidupkan atau menggiatkan kembali sebuah sistem sehingga menjadi sumber terberdaya dan vital (KBBI, 2017). Melalui penjelasan diatas, Revitalisasi sistem akuisisi data reaktor Kartini yang dapat dilakukan adalah dengan mengimplementasi cRIO-9076 dengan modul NI-9205 yang memiliki spesifikasi yang lebih handal yaitu memiliki kecepatan komputasi yang lebih tinggi dengan prosesor LX45 *FPGA* dan *Real-Time Controller* sebagai pengganti komputer leher. Sehingga mampu meningkatkan efisiensi komunikasi komputer leher dengan implementasi TCP/IP. Komputer Informasi berbasis LabVIEW ditambahkan sebagai *data concentrator* untuk database NTC dan Penambahan Komputer server dengan database MySQL yang dapat diakses menggunakan jaringan internet sebagai *Internet Reactor Laboratory* (IRL).

Berdasarkan uraian diatas, perlu dilakukan penelitian mengenai revitalisasi akusisi data reaktor Kartini yang dapat meningkatkan daya guna reaktor Kartini sebagai NTC dan mendukung IRL dengan implementasi cRIO dan LabVIEW.

## 1.2 Keaslian Penelitian

Telah banyak dilakukan penelitian terkait dengan sistem akuisisi data reaktor nuklir. Salah satunya adalah penelitian yang dilakukan pada tahun 2005 yang berjudul *Data Acquisition System for TRIGA Mark I Nuclear Reactor and Proposal for Its Automatic Operation* (Mesquita and Junior, 2005). Penelitian ini menghasilkan sistem akuisisi yang dapat memonitor kondisi reaktivitas dan parameter dalam teras sehingga operator dapat mengetahui kondisi dalam teras sebagai *online monitoring* dan *logbook* data di *control room* reaktor IPR-R1 TRIGA.

Penelitian sejenis untuk *online monitoring* juga dilakukan di Guandong *Nuclear Joint Venture Company* pada 2010. Penelitian ini merancang bangun sistem akuisisi data untuk memonitor operasi 3 reaktor yang terpisah di Daya Bay. yang menghasilkan sistem akuisisi data yang mengkoneksikan 3 reaktor untuk menunjang penelitian anti-neutrino (Li et al., 2010).

Pada penelitian yang dilakukan di IPR-1 dan Daya Bay, tujuan konektivitas pada sistem akuisisi data reaktor untuk mendukung penelitian lain. Penelitian mengenai sistem akuisisi data reaktor untuk tujuan pendidikan dan pelatihan dilakukan pada 2016 dengan judul *New Data Acquisition System for Extended Education and Training at VR-1 Reactor* yang menghasilkan sistem data akuisisi

yang digunakan untuk pendidikan dan pelatihan oleh Czech Technical University (J.Rataj et al., 2016).

Penelitian sistem akuisisi data reaktor untuk pendidikan dan pelatihan juga dilakukan pada 2016 dengan judul *RA-6 Online + IRL: an Effective Collaboration between CNEA and IAEA for the Development of Research Reactor Education Remote Tool*. Penelitian bertujuan untuk mewujudkan sistem akuisisi data untuk pendidikan dalam jangkauan antar benua dengan mengkoneksikan sistem akuisisi data dengan internet yang disebut dengan *Internet Reactor Laboratory* (IRL) (Tiglione and Vyshniauskas, 2016).

Penelitian sejenis pernah dilakukan pada 2016 di reaktor Kartini dengan judul penelitian Pengembangan Sistem Data Akuisisi untuk mendukung NTC di Reaktor Kartini yang bertujuan mewujudkan sistem akuisisi data reaktor Kartini yang dapat digunakan sebagai NTC (Abimanyu et al., 2016).

Dari penelitian - penelitian yang sudah dilaksanakan, perbedaan penelitian Revitalisasi sistem akuisisi data reaktor Kartini untuk menunjang NTC dan IRL adalah implementasi cRIO-9076 sebagai subsistem komputer leher, mengembangkan komputer informasi untuk melakukan pengolahan data dan menyimpan dalam bentuk database MySQL dan PostgreSQL di komputer *server* NTC sehingga dapat diakses melalui jaringan internet sebagai media pendidikan dan pelatihan pada reaktor Kartini.

### **1.3 Rumusan Masalah**

Mengingat pentingnya sistem akuisisi data reaktor Kartini yang dapat menunjang NTC dan IRL. Maka dapat dirumuskan suatu permasalahan yaitu sistem

akuisisi data reaktor Kartini saat ini masih belum *real-time* dan belum dapat digunakan untuk mendukung NTC dan IRL karena belum tersedia komputer Informasi sebagai *data concentrator* yang mengolah data untuk database NTC dan IRL, serta belum tersedianya komputer Server yang menyimpan database parameter proses dan fisis reaktor Kartini.

Berdasarkan rumusan masalah tersebut, maka perlu dilakukan revitalisasi dengan mengimplementasi cRIO-9076 sebagai sistem akuisisi pada komputer Leher, dengan menambahkan komputer Informasi dan menambahkan komputer Server yang digunakan untuk menyimpan database untuk NTC dan IRL.

#### **1.4 Batasan Masalah**

Penelitian sistem akuisisi data reaktor Kartini untuk NTC dibatasi pada:

1. Data yang disediakan untuk NTC dan IRL hanya sebagai database dan tidak membahas mengenai konten web
2. Sistem akuisisi data komputer leher hanya menerima 10 sinyal input secara *real-time* dari sensor yang sudah terpasang pada reaktor.

#### **1.5 Tujuan Penelitian**

Tujuan dari penelitian adalah merevitalisasi sistem akuisisi data Reaktor Kartini untuk mewujudkan NTC dan IRL.

#### **1.6 Manfaat Penelitian**

Manfaat dari penelitian ini adalah:

1. Mendapatkan data kajian SIK yang dapat diajukan ke BAPETEN sebagai data kajian untuk perbaikan SIK Reaktor Kartini.

2. Menyediakan sistem akuisisi data dan komputer *server* yang dapat dijadikan sebagai acuan saat implementasi NTC dan IRL pada Reaktor Kartini.
3. Menyediakan database untuk fasilitas penelitian dan pelatihan yang lebih modern baik secara *on-site* menggunakan NTC maupun *aboard* menggunakan IRL.

## **BAB II**

### **LANDASAN TEORI**

#### **2.1 Tinjauan Pustaka**

Pada penelitian revitalisasi sistem akuisisi data reaktor Kartini untuk menunjang NTC dan IRL, dilakukan peninjauan terhadap berbagai literatur untuk mendukung penelitian. Salah satu literatur adalah penelitian yang dilakukan oleh Amir Zacarias Mesquita pada 2009 mengenai sistem akuisisi data reaktor TRIGA IPR-R1 di Nuclear Technology Development Center di Belo Horizonte, Brazil. TRIGA IPR-R1 adalah merupakan reaktor bertipe TRIGA Mark I yang menggunakan PCLD-789 sebagai modul akuisisi data dan *software* Advantech VisiDAQ sebagai HMI. Sistem akuisisi data reaktor TRIGA Mark I memiliki banyak kesamaan dengan reaktor TRIGA Mark II Kartini. Sehingga sistem akuisisi data yang dikembangkan oleh Amir Zacarias Mesquita dapat dijadikan referensi untuk penelitian ini.

Sistem akuisisi data yang dikembangkan oleh Amir Zacarias Mesquita hanya mengakuisisi data secara local didalam reaktor dan data tidak dapat diakses keluar. Sehingga dilakukan peninjauan terhadap penelitian yang dilakukan oleh Fei Li dari Guangdong Nuclear Power Joint Venture Company pada 2010. Penelitian ini membangun sistem akuisisi data yang mengkoneksikan 3 reaktor di Daya Bay untuk mendukung penelitian mengenai anti neutrino menggunakan BESIII DAQ,ATLAS TDAQ dan sistem database. Sistem konektivitas pada sistem akuisisi data di reaktor Daya Bay dapat dijadikan referensi pada penelitian ini.

Penelitian yang meneliti sistem akuisisi data reaktor yang dilengkapi konektivitas dan bertujuan untuk pendidikan dan pelatihan dilakukan oleh J.Ratac pada reaktor VR-1 pada 2016. Sistem akuisisi yang dibangun mendukung sarana pendidikan dan pelatihan yang dilakukan oleh Czech Technical University. Penggunaan *software* Experimental Studio memungkinkan data operasi reaktor dapat diakses secara *multiuser*.

Penelitian sejenis juga dilakukan oleh Borio D Tiglione dan J. Vyshniasuskas pada tahun 2016 mengenai sistem akuisisi data pada reaktor RA-6 di Bariloche, Argentina yang dimanfaatkan sebagai IRL. Reaktor RA-6 mengimplementasi cRIO sebagai modul akuisisi dan pengolah dan LabVIEW sebagai HMI untuk membangun IRL.

Penelitian yang mengenai sistem akuisisi data untuk tujuan pendidikan dan pelatihan di reaktor Kartini pernah dilakukan oleh Abimanyu pada 2016 menenai sistem akuisisi data reaktor Kartini yang mendukung NTC. Penelitian ini menggunakan *hardware* PCL-848 sebagai sistem akuisisi komputer leher dan *software* LabVIEW sebagai HMI dan pemproses data serta menggunakan MySQL sebagai database. Sehingga penelitian mengenai IRL di reaktor RA-6 dan NTC di reaktor Kartini dapat dijadikan referensi untuk membuat *grand design* dan membangun sistem akuisisi data reaktor Kartini yang menunjang NTC dan IRL.

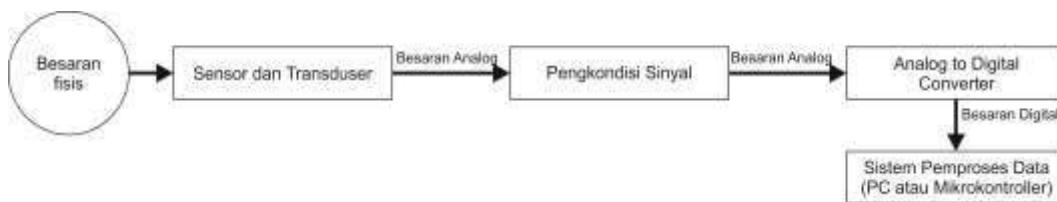
## 2.2 Landasan Teori

Untuk mendukung penelitian mengenai revitalisasi sistem akuisisi data reaktor Kartini diperlukan pengetahuan tentang sistem akuisisi data, *Nuclear Training Center, Internet Reactor Laboratory*, cRIO-9076 dan LabVIEW 2015.

### 2.2.1 Sistem Akuisisi Data

*Data Acquisition System* (DAS) atau sistem akuisisi data adalah suatu proses mengumpulkan informasi dari dunia nyata ke sistem digital. Pada umumnya data yang diakuisisi akan dikumpulkan, disimpan dan dianalisis menggunakan komputer (Austerlitz, 2003).

Secara aktual, DAS berupa antarmuka antara lingkungan analog dengan lingkungan digital. Lingkungan analog ini meliputi sensor, transduser dan pengkondisian sinyal dengan segala kelengkapannya. Sedangkan untuk menjembatani antara lingkungan analog dengan lingkungan digital, digunakan *Analog to Digital Converter* (ADC) dan selanjutnya pemrosesan digital yang dilakukan oleh komputer atau mikroprosesor. Gambar 2. 1 menunjukan blok diagram dari sistem akuisisi data.



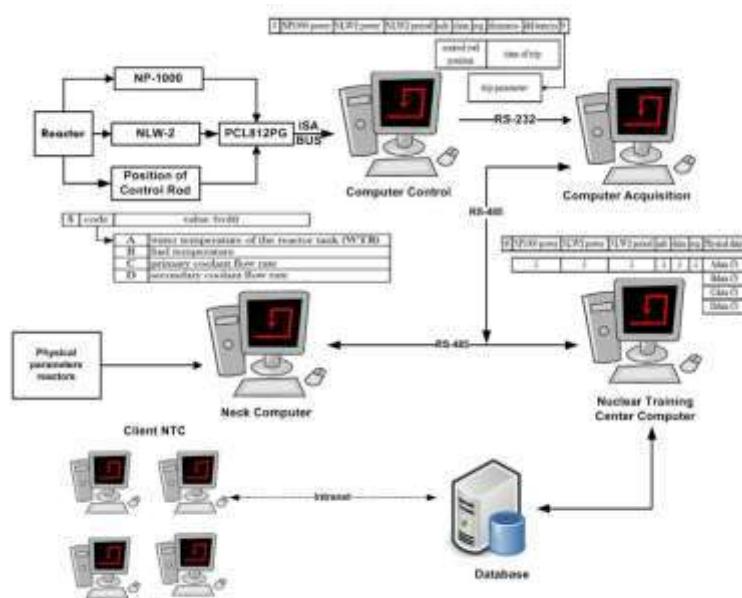
**Gambar 2. 1** Blok diagram Sistem Akuisisi Data

Sensor dan transduser berfungsi sebagai indera yang mengkonversi besaran fisis menjadi besaran analog. Sinyal analog yang dikeluarkan sensor belum tentu dapat langsung diproses oleh ADC karena masih terlalu kecil atau masih memiliki *noise*, sehingga perlu ditambahkan pengkondisian sinyal yang berfungsi mengkondisikan sinyal dari sensor sehingga dapat dibaca dengan baik oleh ADC.

Pengkondisi sinyal umumnya berisi rangkaian *amplifier* dan *filter*. ADC berfungsi mengubah besaran analog dari pengkondisi sinyal menjadi besaran digital

### 2.2.2 Nuclear Training Center (NTC)

*Nuclear Training Center* (NTC) atau Pusat Pelatihan Nuklir adalah suatu lembaga yang menawarkan program pelatihan pada bidang nuklir dan fisika terapan yang menggunakan sistem reaktor nuklir. NTC ditujukan untuk institusi pendidikan dan ilmuwan yang mengadakan penelitian dan pembelajaran dalam lingkup radiasi dan teknologi reaktor (Stanescu, 2016). Gambar 2. 2 menunjukkan jaringan komputer NTC.



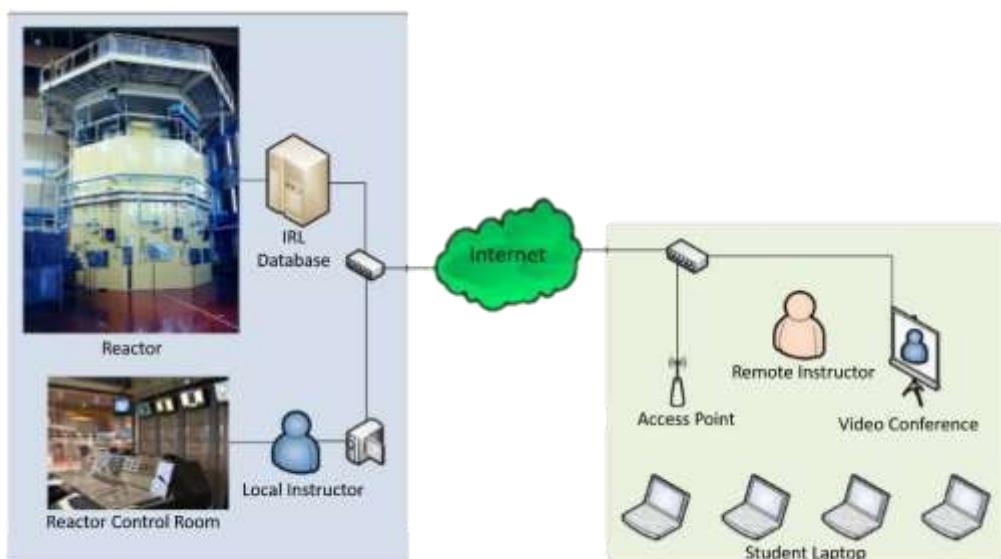
**Gambar 2. 2** Jaringan komputer NTC (Abimanyu et al., 2016)

Ada banyak pembelajaran yang ditawarkan oleh NTC antara lain kalibrasi batang kendali, kalibrasi daya reaktor, pengukuran reaktifitas negative suhu dan lain sebagainya. NTC memerlukan tenaga pengajar, protokol pembelajaran dan

sistem akuisisi data reaktor yang mendukung. Sistem akuisisi data yang mendukung NTC adalah sistem akuisisi yang dapat menyediakan data secara *real-time* dan *reliable* selama proses pembelajaran dan operasi reaktor dilaksanakan.

### 2.2.3 *Internet Reactor Laboratory (IRL)*

*Internet Reactor Laboratory (IRL)* atau yang disebut dengan Laboratorium reaktor berbasis internet adalah suatu bidang pemanfaatan reaktor nuklir untuk kepentingan pembelajaran dan penelitian dengan menggunakan internet (Tiglione and Vyshniauskas, 2016). Gambar 2. 3 menunjukkan jaringan sistem IRL.



**Gambar 2. 3** Jaringan sistem IRL (Tiglione and Vyshniauskas, 2016)

IRL menggunakan komputer sebagai reaktor virtual yang terkoneksi dengan reaktor menggunakan internet. Sistem *hardware* dan *software* mengambil dan mengirim data melalui internet ke reaktor *virtual* untuk menampilkan *control panel* reaktor secara *real-time*. IRL juga didukung dengan *video conference* dan tenaga pengajar serta protokol-protokol pembelajaran. IRL dapat terwujud jika terdapat

pertukaran informasi antara reaktor dengan kelas pembelajaran melalui jaringan internet, sehingga IRL membutuhkan sistem akuisisi data mendukung.

Sistem akuisisi data yang mendukung IRL adalah sistem akuisisi yang dapat menyediakan data secara *real-time* dan *reliable* selama proses pembelajaran dan operasi reaktor serta dapat menjaga koneksi pertukaran data selama IRL berlangsung sehingga pengguna IRL dapat merasakan sensasi operasi reaktor secara langsung tanpa harus berada didalam reaktor.

Ada beberapa reaktor di dunia yang digunakan sebagai IRL antara lain reaktor PULSTAR di Carolina, reaktor ISIS di Perancis, reaktor RA-6 di Argentina dan reaktor Kartini di Indonesia. Kriteria dan karakteristik IRL pada masing-masing reaktor ditunjukan pada Tabel 2. 1.

**Tabel 2. 1** Tabel karakteristik IRL (Tiglione and Vyshniauskas, 2016)

Kriteria	Reaktor PULTSAR	Reaktor ISIS	Reaktor RA-6	Reaktor Kartini
<i>Video Conference</i>	Ada	Ada	Ada	Ada
Sistem akuisisi data terkoneksi	Ada	Tidak ada	Ada	Ada
Sistem Komputer	Ada	Ada	Tidak ada	Ada
Database	Tidak ada	Tidak ada	Ada	Ada
<i>Web Service</i>	Tidak ada	Tidak ada	Ada	Ada

Pada pengembangan IRL di reaktor Kartini, proses pembelajaran *real-time* menggunakan komunikasi data melalui database dan *video conference* secara bersamaan, sehingga ditentukan sistem akuisisi harus dapat menyediakan data dengan *delay* kurang dari 3000 ms. Sistem IRL harus *reliable* yaitu dapat menyediakan data selama proses pembelajaran tanpa terjadi *error* maupun *data loss*.

#### **2.2.4 Transmission Control Protocol / Internet Protocol (TCP/IP)**

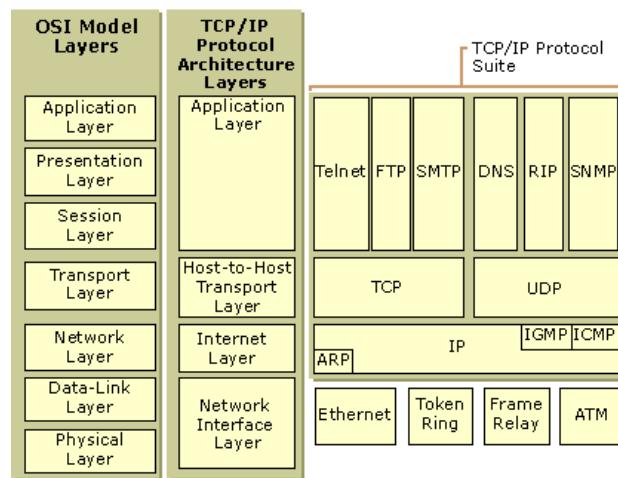
*Transmission Control Protocol/Internet Protocol* (TCP/IP) adalah suatu protokol komunikasi hirarki yang terdiri dari lapisan-lapisan (*layers*) interaktif yang

berfungsi spesifik namun memiliki ketergantungan satu sama lain (Forouzan, 2010)

Protokol ini terdiri dari protokol-protokol sehingga sering disebut dengan TCP/IP Suite.

TCP/IP dikembangkan pada akhir dekade 1970-an hingga awal 1980-an sebagai sebuah protokol standar untuk menghubungkan komputer-komputer dan jaringan untuk membentuk *Wide Area Network* (WAN). TCP/IP merupakan sebuah standar jaringan terbuka yang bersifat independen terhadap mekanisme transport jaringan fisik yang digunakan, sehingga dapat digunakan di mana saja.

Lapisan yang terdapat dalam protokol TCP/IP adalah *Datalink layer*, *Internet layer*, *Transport layer* dan *Application layer*. Pada setiap lapisan terdiri dari berbagai aplikasi yang menyokong komunikasi. Gambar 2. 4 menunjukan lapisan protokol TCP/IP dibanding dengan protokol sebelumnya yaitu OSI Layer Model.



**Gambar 2. 4** Lapisan protokol TCP/IP

Setiap lapisan pada TCP/IP memiliki fungsi tersendiri yang saling mendukung. *Application layer* berfungsi untuk menyediakan *services* terhadap

*software* yang akan berjalan seperti Telnet, FTP, SMTP dan POP3. Lapisan ini memuat lapisan *application*, *presentation* dan *session* pada lapisan OSI. *Transport layer* menyediakan *service* komunikasi yang akan digunakan pada *application layer* yaitu layanan TCP dan UDP. *Internet layer* berfungsi untuk pengalaman IP, *routing* dan penentuan jalur terbaik selama komunikasi. Lapisan terakhir adalah *network interface* yang mendefinisikan protokol dan *hardware* yang digunakan seperti LAN, WAN dan *frame relay*.

#### 2.2.5 Komunikasi Serial RS-232 dan RS-485

Komunikasi serial adalah proses komunikasi pengiriman data tiap bit dalam satu jalur dalam satu waktu. Komunikasi ini banyak digunakan untuk menjembatani komunikasi antar perangkat seperti PC dan Modem (Axelson, 2010).

Salah satu jenis komunikasi serial yang banyak yang digunakan adalah RS-232 yang merupakan standar komunikasi untuk PC, modem dan beberapa perangkat lain. Kecepatan transfer data yang mampu ditangani RS-232 adalah 20kbps atau lebih rendah dengan panjang kabel maksimal 15 meter. RS-232 merupakan *single ended* sehingga hanya ada 2 perangkat yang bisa terhubung.

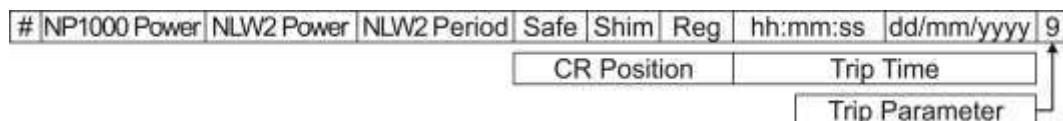
Komunikasi serial lain yang banyak digunakan adalah RS-485, yaitu komunikasi jaringan berbasis *Balanced Line half duplex*. RS-485 dapat mengirim data dengan kecepatan mencapai 10Mbps dengan panjang kabel mencapai 1200 meter. Selain itu RS-485 dapat mengkoneksikan hingga 32 perangkat dalam 1 jaringan. Perbedaan komunikasi serial RS-232 dengan RS-485 ditunjukan pada Tabel 2. 2.

**Tabel 2. 2** Tabel perbedaan komunikasi RS-232 dengan RS-485

Perbedaan	RS-232	RS-485
Jumlah <i>device</i> maksimal	2	32
Jarak Maksimal	15-30 Meter	1200 Meter
Kecepatan Maksimal	20 Kbps	10 Mbps
Mode operasi	<i>Single ended</i>	<i>Differential</i>
Level tegangan keluaran	$\pm 25$ V	-7 sampai +12 V
Level sinyal keluaran ( <i>loaded</i> )	$\pm 5$ V	$\pm 1.5$ V
Level sinyal keluaran ( <i>unloaded</i> )	$\pm 15$ V	$\pm 5$ V

## 2.2.6 Data Parameter Proses Reaktor Kartini

Data parameter proses reaktor Kartini berupa data operasi reaktor yaitu daya linier dari NP-1000, daya logaritmik dari NLW-2, Periode, Posisi batang kendali pengatur, pengaman dan kompensasi, waktu dan parameter trip reaktor. Data ini dikirim dari komputer proses melalui komunikasi RS-232 dengan *baudrate* 115200. Data diawali dengan karakter # sebagai header dan data berupa nilai tegangan pembacaan sensor (Abimanyu et al., 2016). Gambar 2. 5 menunjukan format data parameter proses yang dikirim dari komputer proses.

**Gambar 2. 5** Format data parameter proses reaktor Kartini

- **Daya Linier NP-1000**

Kanal daya linier NP-1000 menggunakan detektor jenis kamar ionisasi terkompensasi atau *Ionized Ion Chamber* (CIC) untuk mengukur fluks neutron pada tingkat daya. Detektor CIC bekerja dengan prinsip kompensasi tegangan dari kamar gas yang dilapisi oleh boron. Keluaran dari detektor berupa arus yang sebanding dengan fluks neutron sehingga pembacaan keluaran detektor CIC dilakukan dengan cara arus oleh NP-1000 dari General Atomic Corp.

NP-1000 menggunakan rangkaian *multi-range pico-ammeter* dan arus yang terbaca dikonversi menjadi tegangan sebagai output yang akan dibaca komputer proses. Output dari NP-1000 berupa tegangan 0-5 V akan dibaca oleh komputer proses melalui ADC dari PCL-812PG yang kemudian dikirim secara serial RS-232 (Prajitno, 2010).

Rumus perhitungan dari tegangan ke daya dari NP-1000 sesuai dengan Persamaan 2.1.

$$NP - 1000 = V \times k \quad (2.1)$$

Keterangan :

NP-1000	= Daya Linier NP-1000 (KW)
V	= Tegangan keluaran kanal daya NP-1000 (V)
K	= Konstanta konversi ( $24 \frac{KW}{V}$ )

- **Daya Logaritmik NLW-2**

Daya logaritmik NLW-2 menggunakan detektor kamar fisi atau *Fusion Chamber* (FC) untuk mengukur fluks neutron dari level aras sumber hingga tingkat daya dan periode reaktor. Detektor Neutron FC merupakan detektor isian gas yang dilapisi dengan bahan mudah fisi yaitu U-235. Ketika terdapat neutron mengenai detektor, maka terjadi reaksi fisi. Radiasi hasil fisi tersebut yang akan terbaca oleh kamar isian gas. Detektor FC dibaca dengan metode cacah pulsa untuk daya rendah dan tinggi pulsa untuk daya tinggi.

NLW-2 menggunakan rangkaian *log count rate* untuk mengukur 6 dekade pertama dan menggunakan rangkaian *Campbell* untuk menjangkau 4 dekade selanjutnya. Rangkaian *log count rate* memiliki respon logaritmik terhadap cacah yang dihasilkan detektor sedangkan rangkaian *Campbell* memiliki respon

logaritmik terhadap tegangan keluaran detektor. Dua jangkauan dari 2 rangkaian tersebut disambung menggunakan rangkaian *sum and log* menghasilkan jangkauan logaritmik sebanyak 10 dekade. Data daya pembacaan daya dikonversi menjadi tegangan 0-5 V akan dibaca oleh komputer proses melalui ADC dari PCL-812PG dengan dikirim dengan serial RS-232 (Prajitno, 2010).

Rumus perhitungan dari tegangan ke daya dari NLW-2 sesuai dengan Persamaan 2.2.

$$\text{NLW} - 2 = k \times e^{(2,30 \times (2 \times (V + 0,08)))} \quad (2.2)$$

Keterangan :

NLW-2	= Daya logaritmik NLW-2 (KW)
V	= Tegangan keluaran kanal daya NLW-2 (V)
k	= Konstanta konversi ( $1 \times 10^{-8} \frac{\text{KW}}{\text{V}}$ )

- **Periода NLW-2**

Periода reaktor adalah waktu yang dibutuh reaktor untuk untuk merubah daya sebesar  $e$  kalinya. Periode reaktor Kartini diukur menggunakan NLW-2. Periode dari NLW-2 diperoleh dari pendeferensialan hasil penyambungan rangkaian *log count rate* dan *Campbell* menggunakan rangkaian diferensiator sehingga diperoleh nilai dekade per menit. Periode dikonversi menjadi tegangan output berupa tegangan 0-5 V akan dibaca oleh komputer proses melalui ADC dari PCL-812PG dengan dikirim dengan serial RS-232 (Prajitno, 2010).

Rumus dari periode reaktor ditunjukan pada Persamaan 2.3.

$$P = Po \times e^{at}$$

$$a = \frac{2,3 d(\log_{10}(\frac{P}{Po}))}{dt} \quad (2.3)$$

$\alpha$  disebut *inverse period* dengan satuan decade per menit (DPM) di mana  $P$  adalah daya reaktor saat ini dan  $P_0$  adalah daya reaktor sebelumnya. Sehingga untuk memperoleh periode dalam orde detik ditunjukkan oleh Persamaan 2.4.

$$\alpha(\text{detik}) = \frac{\frac{60s}{2,3}}{\frac{1}{a}(\text{DPM})} = \frac{26.06}{\frac{1}{a}(\text{DPM})} \quad (2.4)$$

Karena keluaran dari kanal periode NLW-2 berupa tegangan, sehingga perlu dikalikan dengan faktor konversi sebesar 1,38 DPM/V sehingga periode reaktor Kartini ditunjukkan pada Persamaan 2.5.

$$a = \frac{26,06}{1,38 \times V} = \frac{k}{V} \quad (2.5)$$

Keterangan :

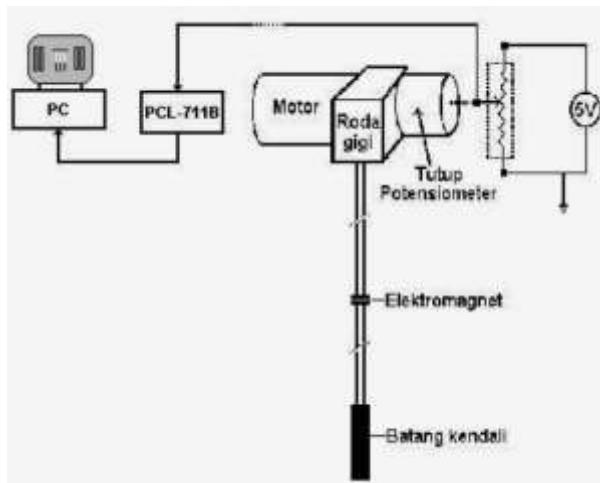
P = Periode Reaktor ( detik )

V = Tegangan keluaran kanal periode NLW-2 (V)

k = Konstanta konversi (18,84 *detik · volt*)

- **Posisi Batang Kendali**

Reaktor Kartini memiliki 3 batang kendali untuk mengendalikan populasi neutron dalam teras. Batang kendali tersebut adalah batang kendali pengaman, batang kendali kompensasi dan batang kendali pengatur. Masing-masing batang kendali digerakan oleh sebuah motor AC yang dihubungkan dengan gigi pinion untuk mengubah gerak putaran menjadi vertical. Putaran motor dihubungkan dengan Potensio 10 putaran dengan catu 5 V (PSTA-BATAN, 2012). Mekanisme penggerak batang kendali ditunjukkan pada Gambar 2. 6.



**Gambar 2. 6** Mekanisme penggerak batang kendali (PSTA-BATAN, 2012)

Dari putaran potensio diperoleh tegangan 0-5 V yang menggambarkan posisi batang kendali dari 0 – 100 % atau ekuivalen dengan 0 – 38 cm. Rumus perhitungan dari tegangan ke posisi masing-masing batang kendali sesuai dengan Persamaan 2.6.

$$BK = V \times k \quad (2.6)$$

Keterangan :

BK = Posisi batang kendali (%)

V = Tegangan keluaran potensio batang kendali (V)

k = Konstanta konversi ( $20 \frac{\%}{V}$ )

Setiap batang kendali memiliki fungsi yang berbeda karena memiliki nilai reaktifitas yang berbeda sehingga posisi setiap batang kendali menentukan daya reaktor. Batang kendali pengaman memiliki reaktifitas yang besar dan berfungsi untuk melakukan *shutdown* jika terjadi kondisi yang tidak diinginkan sehingga dalam operasi reaktor, batang kendali pengaman diatur selalu pada posisi 100 %.

Batang kendali kompensasi memiliki reaktifitas yang lebih besar dari pengatur yang berfungsi untuk mengatur daya secara kasar. Posisi batang kendali

kompensasi diatur pada kisaran 60-70 % bergantung pada kebiasaan operator reaktor. Batang kendali pengatur memiliki reaktifitas paling kecil yang berfungsi untuk mengatur daya secara halus. Posisi batang kendali pengatur diatur pada kisaran 0–60 % dan selalu lebih rendah dari batang kendali kompensasi.

- **Parameter Trip Reaktor Kartini**

Prinsip dasar dari trip reaktor adalah memberikan sinyal untuk memutus arus elektromagnet pemegang batang kendali. Batas setiap parameter telah ditentukan sebagai batas keselamatan untuk mengaktuasi pemutusan arus (Setiawan, 1998). Adapun batas-batas trip tersebut adalah:

- Trip Manual, yaitu ketika tombol Scram batang kendali ditekan.
- Trip *Watchdog*, yaitu sinyal yang diberikan komputer akuisisi keselamatan jika eksekusi program berhenti.
- Trip catu daya tegangan tinggi detektor CIC, yaitu jika terjadi kegagalan tegangan tinggi pada detektor CIC.
- Trip daya maksimum NP-1000, yaitu ketika daya pada NP-1000 mencapai 110 %.
- Trip catu daya tegangan tinggi detektor FC, yaitu jika terjadi kegagalan tegangan tinggi pada detektor FC.
- Trip periode NLW-2, yaitu ketika periode pada NLW-2 kurang dari 7 detik.
- Trip aras sumber dari NLW-2, yaitu ketika sumber neutron tidak pada tempatnya atau pulsa dari NLW-2 kurang dari 4 pulsa per detik.
- Trip aras atas NLW-2, yaitu daya dari NLW-2 mencapai 110 %.

### 2.2.7 MySQL Server

MySQL merupakan sebuah *software* server berbasis database menggunakan SQL yang memiliki karakteristik yang cukup unik dan berbeda dengan beberapa sistem manajemen database yang lain. MySQL cukup fleksibel dan banyak digunakan dalam berbagai keperluan (Schwartz et al., 2012).

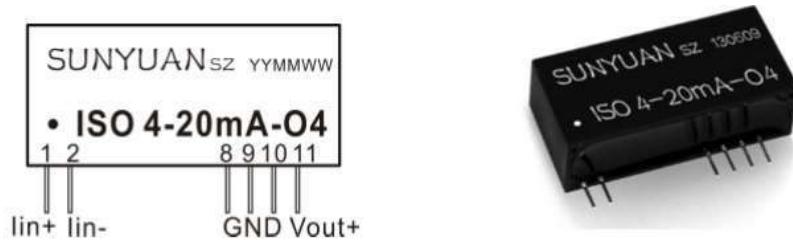
MySQL merupakan perangkat lunak gratis dibawah lisensi *General Public Licence* (GPL) yang dikembangkan oleh Oracle (Sun, Sebelumnya MySQL AB). MySQL memiliki banyak kelebihan antara lain gratis, *multiplatform*, mudah diintegrasikan dengan bahasa pemrograman lain seperti PHP, .NET, Java, Phyton, mendukung ODBC Windows, memerlukan *resource* yang rendah. Namun MySQL memiliki beberapa kekurangan antara lain kurang untuk aplikasi visual, cukup sulit dan lama untuk mendapatkan *update*.

### 2.2.8 Isolated Converter

*Isolated Converter* atau konverter terisolasi adalah sebuah rangkaian elektronik yang berfungsi mengkonversi arus menjadi tegangan atau sebaliknya dengan dilengkapi sistem perlindungan sehingga aman terhadap pembebahan dan kelebihan tegangan atau arus. Dalam suatu *Isolated Converter* terdiri dari rangkaian pengkonversi sinyal arus, rangkaian pengkonversi daya, rangkaian pengurangan dan rangkaian buffer output. *Isolated converter* biasa digunakan sebagai *signal conditioning* dari sensor yang memiliki antarmuka berbeda dengan sistem akuisisi data yang digunakan pada PLC, Mikrokontroler, PC dan sebagainya.

Salah satu *isolated converter* arus ke tegangan yang umum dijumpai dipasaran adalah IC Sunyuan 4-20MA-O4 yaitu 2 *wire isolated converter* dari arus

4-20 mA menjadi tegangan 0-5 V. IC Sunyuan 4-20MA-O4 sudah dilengkapi *buffer output* sehingga menghasilkan output yang stabil dan mampu mengisolasi hingga 3KV antara input dan output. Gambar 2. 7 menunjukan IC Sunyuan 4-20MA-O4.



**Gambar 2. 7 IC Sunyuan 4-20MA-0**

### 2.2.9 CompactRIO-9076

*Compact Reconfigurable Input Output* yang disingkat compact RIO atau cRIO merupakan teknologi komputer industri yang dikembangkan oleh perusahaan National Instruments. cRIO digunakan sebagai data akuisisi dan kontrol pada suatu sistem dengan menambahkan modul-modul sesuai kebutuhan (Sumalatha and Kumar, 2015).

cRIO diproduksi dalam berbagai tipe sesuai kebutuhan. Salah satu jenis cRIO adalah cRIO-9076 yaitu jenis cRIO yang *Low Cost Legacy* dengan 4 slot modul. cRIO-9076 dilengkapi dengan *Integrated 400Mhz Real-Time controller* dengan *LX45 FPGA*. cRIO memiliki port komunikasi 10Base T dan 10BaseTX Ethernet (Instruments, 2014). cRIO-9076 ditunjukan pada Gambar 2. 8.



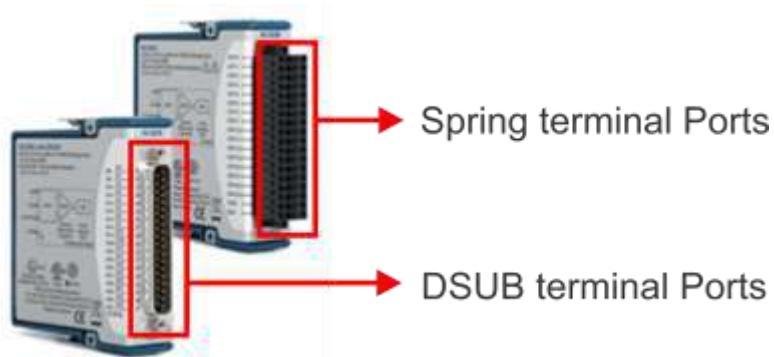
**Gambar 2. 8 cRIO-9076**

cRIO memiliki kelebihan yaitu dapat dikonfigurasi secara menyeluruh dan dapat digunakan pada kecepatan akuisisi dan pemprosesan yang sangat tinggi sekali.

#### **2.2.10 Analog Input Module NI 9205**

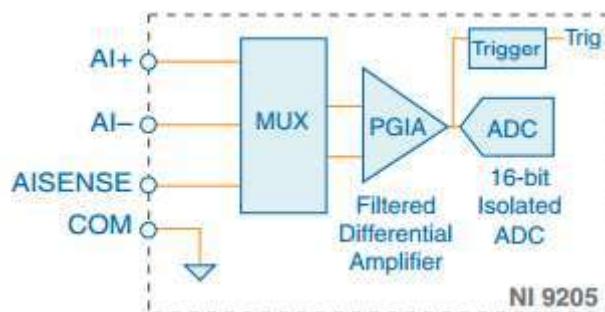
NI 9205 adalah sebuah C Series Modul berupa *analog voltage input module analog to digital converter* (ADC) yang dapat digunakan pada cRIO dan cDAQ yang dikembangkan oleh National Instruments. NI 9205 memiliki 16 input diferensial dan 32 input *single-ended* yang bisa diprogram untuk mengukur input  $\pm 200$  mV,  $\pm 1$  V,  $\pm 5$  V dan  $\pm 10$  V dengan kemampuan 16 bit ADC berkecepatan 250 kS/s. NI 9205 dilengkapi fitur proteksi *overvoltage* hingga 1000Vrms, *Channel-to-earth ground double isolation barrier*, *noise immunity* (Instrument, 2015).

Gambar 2. 9 menunjukan NI 9205.



**Gambar 2. 9** NI 9205

NI 9205 membaca tegangan yang masuk ke masing-masing *analog input port* menggunakan multiplekser berkecepatan sangat tinggi. Tegangan yang terbaca dari masing-masing *analog input* akan dikuatkan melalui *Programmable Gain Input Amplifier* (PGIA), yaitu perangkat yang memungkinkan NI 9205 untuk membaca tegangan dalam jangkauan orde yang sangat luas. Tegangan keluaran dari PGIA akan dikonversi menjadi data digital melalui *isolated ADC* secara kontinu maupun ditentukan melalui *trigger*. Tegangan yang dibaca dapat diberikan tegangan referensi melalui port AISENSE. Gambar 2. 10 menunjukkan blok diagram rangkaian didalam NI 9205.



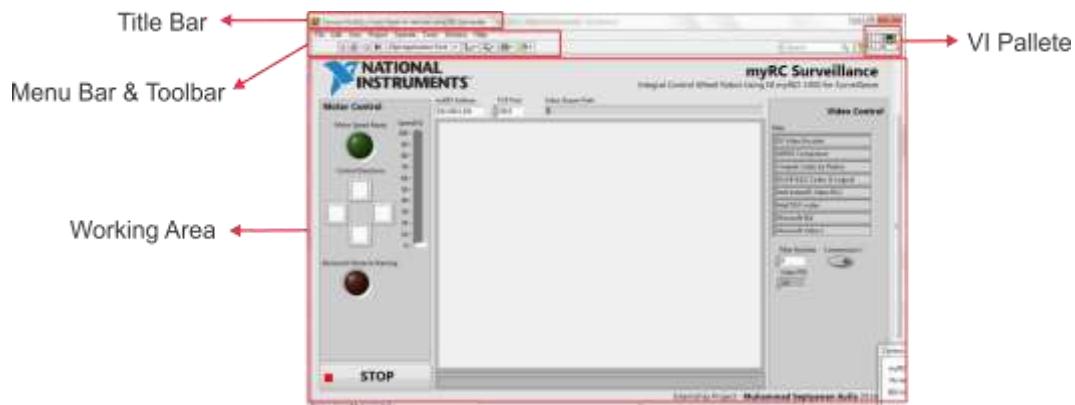
**Gambar 2. 10** Blok diagram rangkaian NI 9205

### 2.2.11 LabVIEW 2015

LabVIEW 2015 yang merupakan singkatan dari *Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench* ini ialah *software* yang dikembangkan oleh National Instrument. LabVIEW memiliki lingkungan pemrograman berbasis grafis yang ideal untuk digunakan pada pemrosesan dan visualisasi data dalam bidang akuisisi data, kendali, dan instrumentasi, serta otomasi industri (Bitter et al., 2007) .

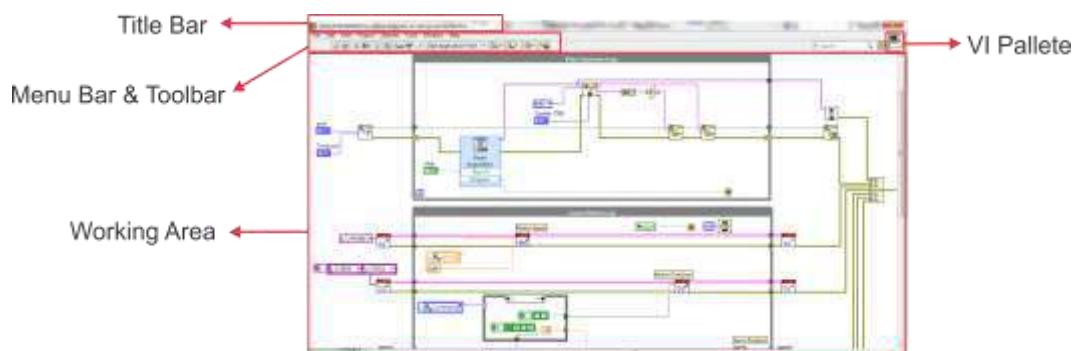
*Software* LabVIEW pertamakali dikembangkan pada tahun 1986. Perangkat lunak ini dapat dijalankan pada sistem operasi Unix, Linux, Mac OS X dan Windows. Konsep dari LabVIEW 2015 ini berbeda dengan bahasa pemrograman lainnya yaitu C++, Matlab, atau Visual Basic, bahwa LabVIEW 2015 menggunakan bahasa pemrograman berbasis grafis atau blok diagram sementara bahasa pemrograman lainnya menggunakan basis *text*. Program LabVIEW 2015 biasa dikenal dengan sebutan VI atau *Virtual Instruments*, dikarenakan penampilan dan operasinya dapat meniru sebuah instrumen.

Pada LabVIEW 2015, secara global terdiri dari 2 bagian yaitu *front panel* dan blok diagram. *Front panel* merupakan wilayah kerja *user* untuk menyusun antarmuka menggunakan bagian-bagian yang biasa digunakan dalam instrumentasi dan kontrol seperti *Graph*, *Chart*, *Button*, *Led* dan sebagainya. Gambar 2. 11 menunjukkan *front panel* dari LabVIEW 2015.



**Gambar 2. 11 Front Panel LabVIEW 2015**

Blok diagram adalah wilayah kerja *user* untuk membuat program, aliran data dan fungsi-fungsi yang akan ditampilkan pada *front panel*. Pada blok diagram terdapat *design pattern* atau pola pemrograman yang menggambarkan aliran data yang diproses. Ada beberapa *design pattern* antara lain *Sequencial* yaitu pemrograman dengan eksekusi aliran program yang berurutan, *State Machine* yaitu pemrograman menggunakan *state* yang berjalan sesuai kondisi, *Queued Message Handler* yaitu pemrograman *state machine* yang menggunakan prinsip antrian kondisi dan sebagainya. Gambar 2. 12 menunjukan blok diagram dari LabVIEW 2015.



**Gambar 2. 12 Blok diagram LabVIEW 2015**

### **2.3 Hipotesis**

Berdasarkan tinjauan pustaka dan dasar teori maka sistem akuisisi data di reaktor Kartini dapat direvitalisasi untuk menunjang *Nuclear Training Center* (NTC) dan *Internet Reactor Laboratory* (IRL).

## **BAB III**

### **METODE PENELITIAN**

#### **3.1 Alat dan Bahan**

Pada penelitian Revitalisasi Sistem Akuisisi Data Reaktor Kartini untuk Menunjang NTC dan IRL digunakan beberapa peralatan dan bahan.

##### **3.1.1 Alat**

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari:

1. Perangkat keras

Perangkat keras yang digunakan dalam penelitian ini adalah PC/*Laptop* dengan spesifikasi *Processor* Intel® Core™ i5-7200 CPU @ 3.16 Ghz dan memori 4 GB yang berfungsi untuk menjalankan perangkat lunak LabVIEW 2015 dalam pembuatan program.

2. Perangkat lunak

Perangkat lunak yang digunakan dalam penelitian ini adalah perangkat lunak LabVIEW 2015 yang berfungsi membuat *main backbone program* yaitu program utama yang akan digunakan oleh sistem akuisisi yang dilengkapi dengan *Real-Time Module* dan LabSQL. *Real-Time Module* merupakan *package* dari LabVIEW yang berfungsi untuk pemrograman *hardware real-time* serta MySQL sebagai database untuk menyimpan data dan ODBC untuk MySQL.

##### **3.1.2 Bahan**

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi modul *hardware cRIO-9076* dengan modul *Analog Input NI 9205* sebagai komputer leher yang

mengakuisisi data. Komputer dengan spesifikasi *Processor* Intel® Core™ i5-4460 CPU @ 3.2 Ghz dan memori 8 GB serta kapasitas HDD sebesar 2 TB untuk komputer informasi yang berfungsi sebagai *data concentrator* dan komputer server dengan spesifikasi *Processor* Intel® Xeon™ E5-2620 CPU @ 2.10 Ghz dan memori 16 GB serta kapasitas HDD sebesar 6 TB sebagai penyimpan database.

### 3.2 Tata Laksana Penelitian

Secara umum, tahapan – tahapan penelitian digambarkan dalam diagram alir pada Gambar 3. 1.



**Gambar 3. 1** Diagram Alir Penelitian

#### 3.2.1 Studi Pustaka

Pada studi pustaka dilakukan kajian yang berkaitan dengan sistem akuisisi data reaktor Kartini, sistem NTC dan IRL, pengiriman data menggunakan komunikasi serial dan TCP/IP sedangkan sistem desain menggunakan perangkat keras cRIO-9076 serta perangkat lunak LabVIEW 2015.

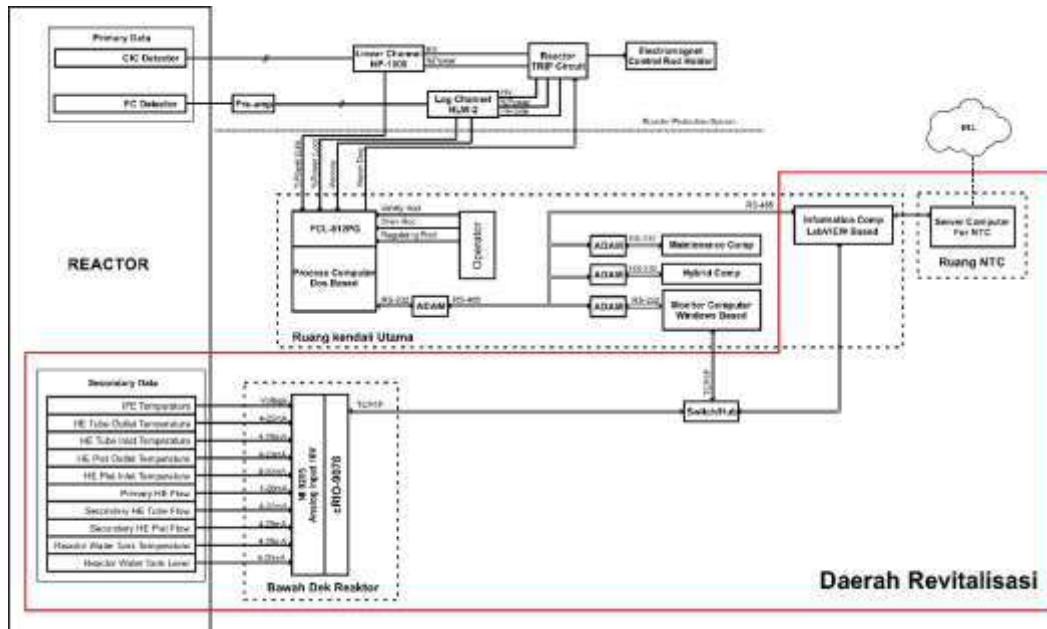
Kajian pustaka dilakukan dengan membaca referensi pada perpustakaan mengenai penelitian yang serupa, *browsing* internet terkait jurnal dan naskah publikasi baik nasional maupun internasional yang memiliki kemiripan kata kunci dari penelitian serta melakukan diskusi dengan dosen pembimbing, dosen dan melakukan korespondensi dengan *Expert* dari IAEA, CNEA dan lembaga penelitian terkait sehingga mendapatkan *grand design* dari sistem akuisisi data reaktor Kartini yang menunjang NTC dan IRL serta membangunnya.

### **3.2.2 Identifikasi Masalah**

Berdasarkan studi pustaka, dapat diidentifikasi permasalahan yaitu bagaimana merancang sistem akuisisi data yang dapat menunjang NTC dan IRL untuk merevitalisasi sistem akuisisi data reaktor Kartini.

### **3.2.3 Perancangan Sistem**

Pada penelitian ini akan dilakukan revitalisasi sistem akuisisi data pada reaktor Kartini agar dapat dimonitor secara *real-time* dan *lossless* sehingga dapat menunjang sistem NTC dan IRL. Revitalisasi dilakukan dengan mengimplementasi cRIO-9076 sebagai pengganti komputer leher saat ini, menambahkan komputer informasi berbasis LabVIEW, menambahkan komputer server dan memperbaiki komunikasi data parameter dengan mengimplementasi TCP/IP. Perancangan blok diagram sistem akuisisi data reaktor Kartini yang mendukung NTC dan IRL ditunjukkan pada Gambar 3. 2.



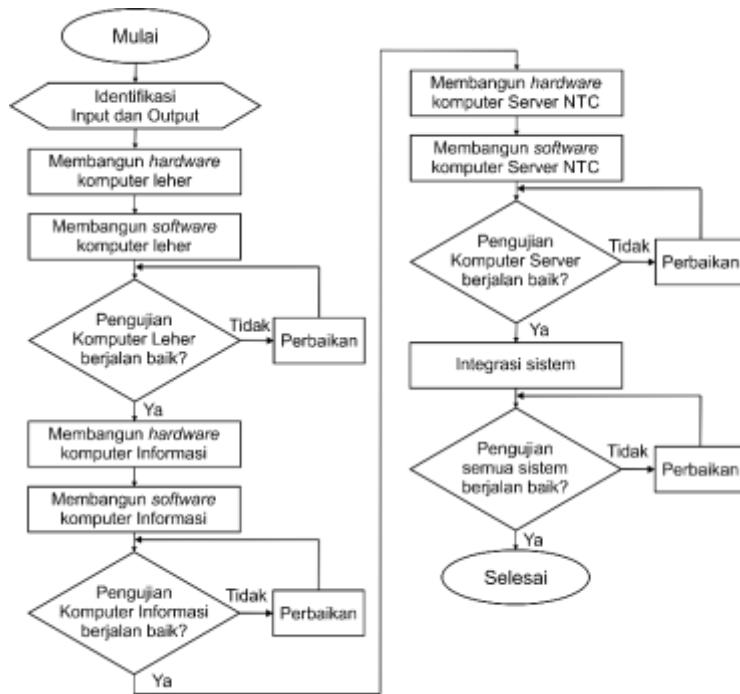
**Gambar 3. 2** Rancangan blok diagram sistem akuisisi data reaktor Kartini

Pada penelitian ini, tidak dilakukan perubahan pada sistem sebelumnya melainkan menambahkan perangkat baru seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3. 2. Revitalisasi hanya dilakukan di dalam kotak merah meliputi sistem akuisisi data pada komputer leher, penambahan sensor, sistem komunikasi data, komputer informasi dan komputer server. Sehingga meningkatkan redundansi dari sistem sebelumnya. Perbandingan sistem akuisisi data sebelum dan sesudah direvitalisasi ditunjukkan pada Tabel 3. 1.

**Tabel 3. 1** Tabel perbandingan revitalisasi sistem akuisisi data

Perbedaan	Sebelum Revitalisasi	Sesudah Revitalisasi
Komunikasi komputer proses	RS-232 <i>single ended</i>	RS-485 <i>multipoint</i>
– monitor		
Komputer monitor	Windows XP dengan program Delphi	Windows 10 dengan program LabVIEW 2015
Komputer server	Tidak ada	Ada
Komputer leher	Industrial PC berbasis DOS	cRIO-9076 berbasis <i>real-time</i> TCP/IP
Komunikasi komputer leher – monitor	RS-485	
Akuisisi komputer leher	PCL-848 dengan multiplexer	NI 9205
Sensor parameter sekunder	4 sensor	10 sensor
Mendukung konektivitas database	Belum mendukung	Sudah mendukung

Tahapan proses perancangan sistem ditunjukan pada Gambar 3. 3.



**Gambar 3. 3** Diagram alir tahapan perancangan sistem

Perancangan diawali dengan mengidentifikasi kebutuhan input dan output dari keseluruhan sistem termasuk sumber daya. Input yang diperlukan dalam penelitian ini adalah 10 sinyal analog untuk mengakuisisi parameter sekunder dari sensor yang terpasang pada komponen reaktor Kartini dan data parameter primer berupa data serial dari komputer proses.

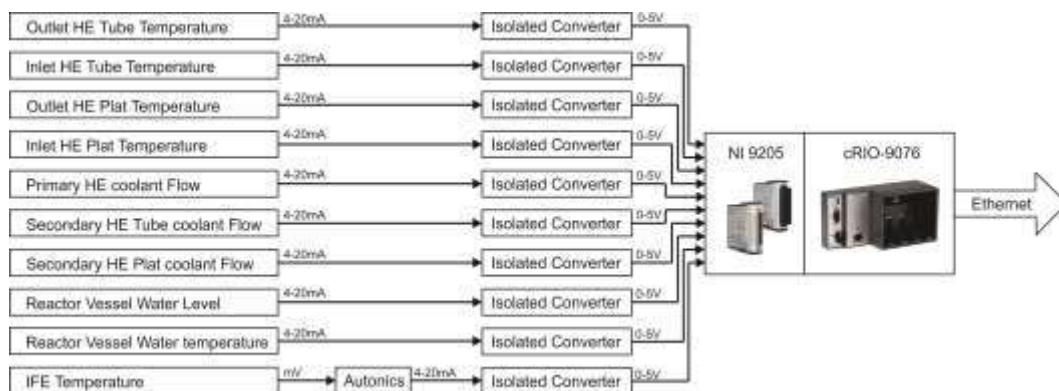
Langkah selanjutnya adalah melakukan pembangunan *hardware* dan pengembangan *software* sub sistem komputer leher dilanjutkan dengan pengujian sub sistem komputer leher. Apabila pengujian sub sistem komputer leher telah sesuai, maka dilakukan pembangunan *hardware* dan pengembangan *software* untuk sub sistem komputer informasi dan dilakukan pengujian terhadap sub sistem komputer informasi. Selanjutnya dilakukan pembangunan *hardware* dan pengembangan *software* untuk sub sistem komputer server. Setelah dilakukan

pengujian terhadap sub sistem komputer server maka dilakukan integrasi keseluruhan sistem.

Pada saat seluruh sistem sudah terintegrasi, maka dilakukan pengujian terhadap keseluruhan sistem. Apabila hasil pengujian keseluruhan sistem data akuisisi sesuai maka pengembangan sistem telah selesai.

### 3.2.3.1 Perancangan Komputer Leher

Pada penelitian ini, Komputer leher dirancang menggunakan cRIO-9076 untuk mengakuisisi data dari parameter sekunder dari 10 sensor yang terpasang pada komponen reaktor Kartini. Pada perancangan komputer leher, dilakukan 3 hal yaitu pengkondisian sensor, pembangunan *hardware* dan pengembangan *software* komputer leher. Blok diagram sistem akuisisi komputer leher ditunjukan pada Gambar 3. 4.



**Gambar 3. 4** Blok diagram sistem akuisisi komputer leher

Sistem akuisisi data komputer leher harus dapat mengakuisisi suhu air tangki dengan kisaran 28-35 °C dan suhu maksimum 40 °C, suhu bahan bakar dengan suhu maksimum 160 °C pada tengah teras. Laju aliran minimum untuk pendingin primer sebesar 139,58 L/m, laju aliran minimum untuk HE plat sebesar 520 L/m dan laju aliran minimum untuk HE *Tube* sebesar 820 L/m, ketinggian air

tangki kurang dari 20 cm dan suhu maksimum untuk *inlet* dan *outlet* HE plat dan *tube* maksimum sebesar 47 °C (PSTA-BATAN, 2012).

#### A. Pengkondisian Sensor

Pada penelitian ini, komputer leher mengakuisisi 10 sensor yang terpasang pada komponen reaktor terdiri dari 4 sensor suhu *inlet* dan *outlet* dari *heat exchanger plate* dan *tube*, 1 sensor suhu air tangki reaktor, 3 sensor aliran pendingin pada *heat exchanger*, 1 sensor ketinggian air tangki reaktor dan 1 sensor termokopel untuk suhu bahan bakar. Detail setiap sensor dapat dilihat pada Tabel 3. 2.

**Tabel 3. 2** Tabel detail sensor

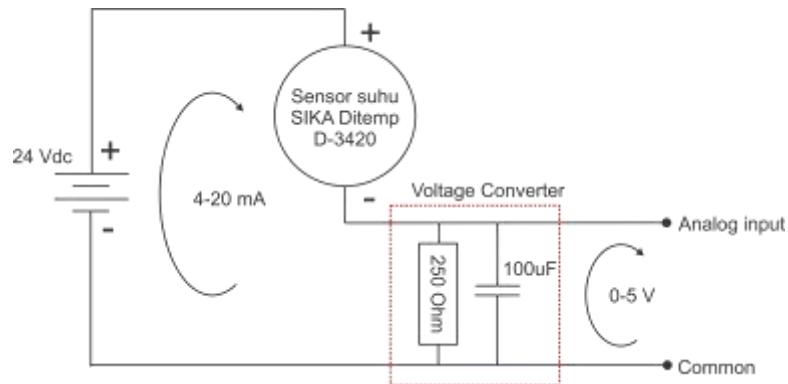
Sensor	Tipe	Antarmuka
Suhu <i>oulet HE tube</i>	SIKA DiTemp D-34260 Kaufungen	2 wire Current 4-20mA
Suhu <i>inlet HE tube</i>	SIKA DiTemp D-34260 Kaufungen	2 wire Current 4-20mA
Suhu <i>oulet HE plat</i>	SIKA DiTemp D-34260 Kaufungen	2 wire Current 4-20mA
Suhu <i>inlet HE plat</i>	SIKA DiTemp D-34260 Kaufungen	2 wire Current 4-20mA
Suhu air tangki	SIKA DiTemp D-34260 Kaufungen	2 wire Current 4-20mA
Aliran primer	Dynasonic Ultrasonic DTFXL-A11-NN	4 wire Current 4-20mA
Aliran sekunder HE <i>tube</i>	Dynasonic Ultrasonic DTFXL-A11-NN	4 wire Current 4-20mA
Aliran sekunder HE <i>plat</i>	Dynasonic Ultrasonic DTFXL-A11-NN	4 wire Current 4-20mA
Ketinggian air tangki	Mercoid Ultrasound Level Transmitter - 11	2 wire Current 4-20mA
Suhu bahan bakar	Instrument Fuel Element K Thermocouple	Voltage dalam mV

Seluruh sensor dipasang di setiap komponen yang akan diukur seperti yang ditunjukan pada Gambar Lampiran 4. Sensor suhu *inlet HE tube* dipasang pada pipa masukan air pendingin sekunder dari *HE tube*. Sensor suhu *outlet HE tube* dipasang pada pipa keluaran air pendingin sekunder dari *HE tube*. Sensor suhu *inlet HE plat* dipasang pada pipa masukan air pendingin sekunder dari *HE plat*. Sensor suhu *outlet HE plat* dipasang pada pipa keluaran air pendingin sekunder dari *HE plat*.

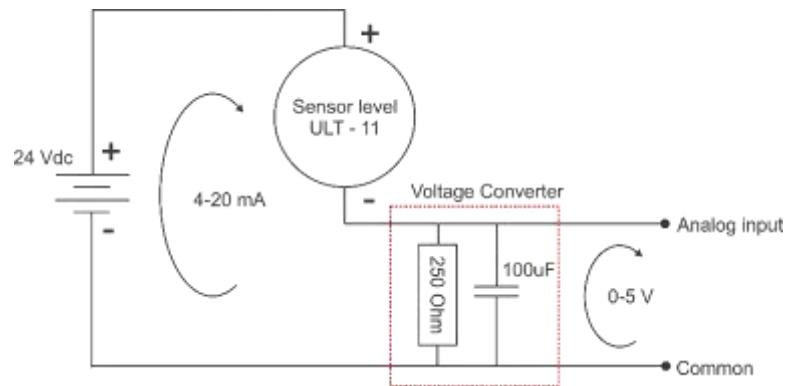
Sensor suhu air tangki reaktor dipasang pada bibir tangki reaktor Kartini. Sensor aliran primer dipasang pada pipa keluaran air pendingin dari tangki reaktor

yang tercabang masuk ke HE *tube* dan *plat*. Sensor aliran sekunder dipasang pada pipa keluaran air pendingin sekunder pada masing-masing HE. Sedangkan untuk sensor suhu bahan bakar terdapat pada *Instrument Fuel Element* buatan General Atomic yang terpasang di ring B teras reaktor Kartini.

Setelah semua sensor terpasang, dilakukan pemasangan kabel terhadap masing-masing sensor untuk mengirim data dari sensor ke komputer leher. Jumlah kabel disesuaikan dengan antarmuka pengiriman data. Untuk sensor SIKA DiTemp D-34260 Kaufungen (SIKA, 2012) dan Mercoid Ultrasound Level Transmitter (Dwyer, 2013) digunakan 2 kabel untuk daya sekaligus data arus seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3. 1 dan Gambar 3. 6.

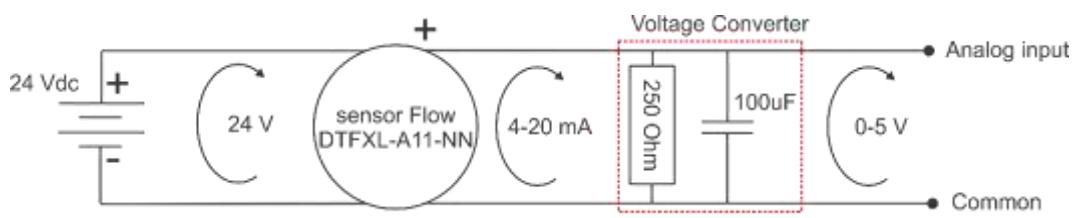


**Gambar 3. 5** Rangkaian sensor suhu SIKA DiTemp

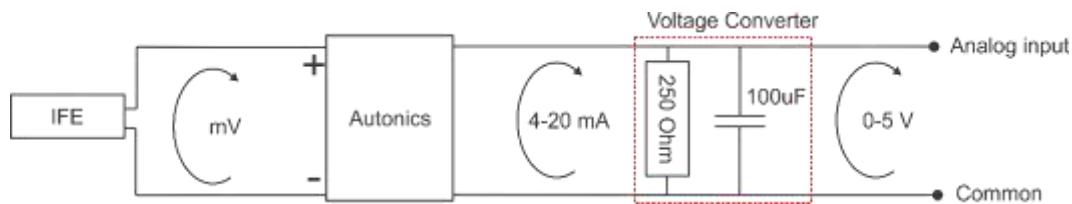


**Gambar 3. 6** Rangkaian sensor level air ULT-11

Untuk sensor Dynasonic Ultrasonic DTFXL-A11-NN digunakan 4 kabel berupa 2 untuk daya dan 2 untuk data (Badger, 2012). Sedangkan untuk IFE perlu dilakukan pengkondisian berupa penambahan perangkat *Autonics Temperature Control* untuk mengkonversi tegangan dari termokopel menjadi arus 4-20 mA (Autonics, 2012). Rangkaian sensor aliran DTFXL-A11-NN ditunjukan pada Gambar 3. 7 dan rangkaian sensor suhu bahan bakar pada Gambar 3. 8.



**Gambar 3. 7** Rangkaian sensor aliran DTFXL-A11-NN



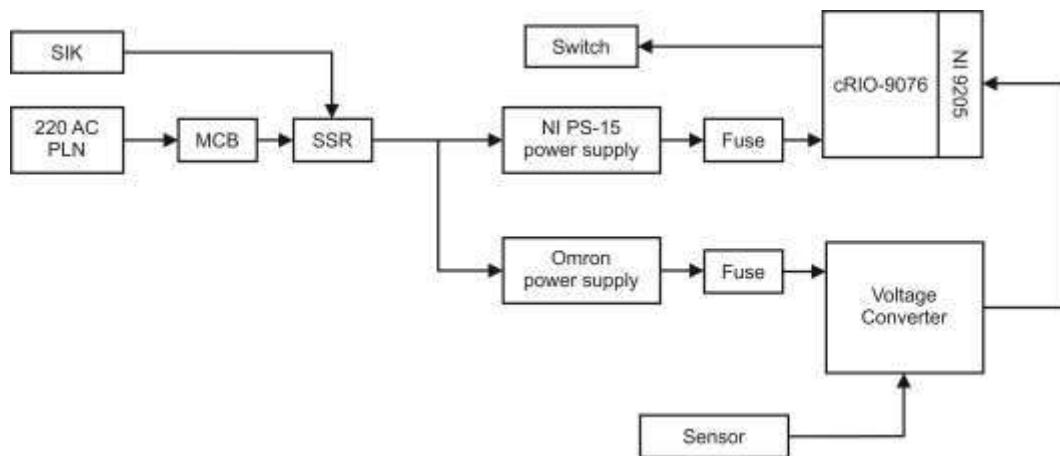
**Gambar 3. 8** Rangkaian sensor suhu bahan bakar

Antarmuka pengiriman data dengan arus 4-20 mA dipilih karena antarmuka ini dapat mengirim data dalam jarak yang cukup jauh. Letak sensor-sensor pada penelitian ini cukup jauh dari komputer leher dan tersebar dari lantai 1 reaktor hingga dek reaktor sehingga antarmuka arus 4-20 mA dipilih. Setiap kabel ditata dan diletakan disepanjang rumah kabel yang ada didalam reaktor dari posisi setiap sensor hingga sampai ke komputer leher.

## B. Pembangunan *Hardware* Komputer Leher

*Hardware* komputer leher dibangun menggunakan cRIO-9076 sebagai kontroler utama dengan *analog input modul* NI 92015 dan komponen pendukung

berupa *voltage converter*, NI PS-15 *power supply*, Omron 6A *power supply*, *Mini circuit breaker* (MCB), Sekering dan *Solid State Relay* (SSR). Pada penelitian ini, komputer leher dibangun dalam bentuk *panel control box* yang akan dipasang pada sisi utara leher reaktor Kartini. Blok diagram panel komputer leher ditunjukkan pada Gambar 3. 9.



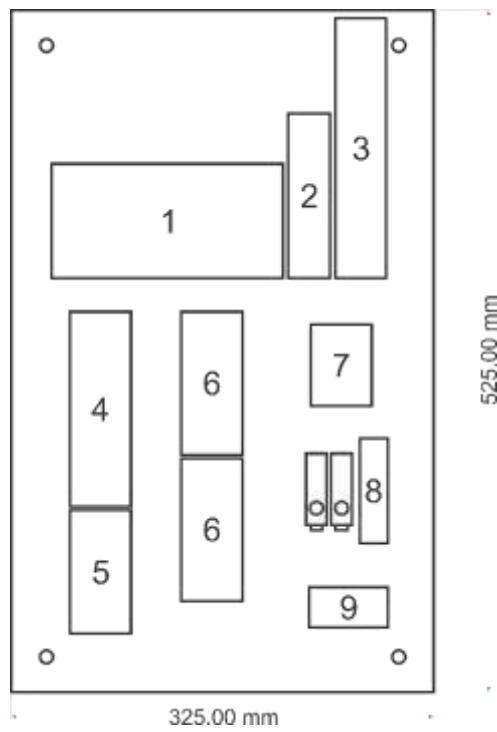
**Gambar 3. 9** Blok diagram komputer leher

*Voltage converter* berfungsi untuk mengkonversi data dari setiap sensor berupa arus 4-20 mA menjadi tegangan 0-5 V sekaligus menyediakan catu daya 24 Vdc pada setiap sensor yang membutuhkan. *Voltage converter* dibangun menggunakan rangkaian resistor  $250 \Omega$  1% dan kapasitor 100 nF. Rangkaian ini dibuat pada PCB.

NI PS-15 merupakan *power supply* untuk mencatu cRIO-9076 sedangkan Omron 6A *power supply* untuk mencatu sensor yang membutuhkan tegangan catu 24 Vdc. Tegangan catu sensor dari *power supply* Omron diumpulkan terlebih dahulu ke *voltage converter*. Untuk proteksi kelistrikan, komputer leher dilengkapi dengan MCB untuk memutus tegangan AC dan sekering 24 Vdc di setiap *power supply*. Selain itu komputer leher dilengkapi dengan SSR yang dihubungkan ke

sistem instrument dan kendali utama reaktor Kartini sehingga komputer leher hanya bisa digunakan ketika sistem instrumen dan kendali reaktor dinyalakan.

Seluruh komponen dan cRIO-9076 ditata didalam *panel box*. Untuk menghubungkan sensor dari luar *panel box*, digunakan konektor *Jack Mic 2 pin* yang dipasang di sisi kanan dari *panel box* sehingga mempermudah dalam perawatan dan pengaturan sensor.. Rancangan tata letak komponen untuk panel komputer leher ditunjukan pada Gambar 3. 10.



**Gambar 3. 10** Rancangan panel komputer leher

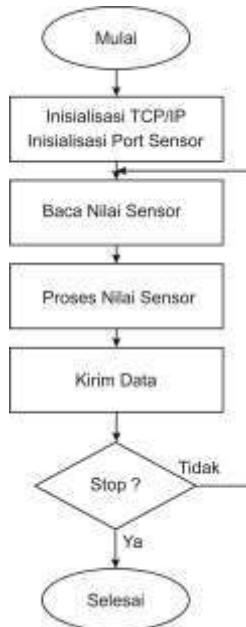
Keterangan :

1. CompactRIO-9076
2. NI PS-15 Power Supply
3. Omron 6A Power Supply
4. *Voltage Converter 4 wire* dengan catu daya
5. *Voltage Converter 2 wire* tanpa catu daya

6. *Voltage Converter 2 wire* dengan catu daya
7. *Solid State Relay* Fotek
8. MCB dan Sekering
9. Terminal Blok

### C. Pengembangan *Software Komputer Leher*

*Software* pada komputer leher dikembangkan dengan memanfaatkan perangkat lunak LabVIEW 2015 karena sistem akuisisi menggunakan perangkat cRIO-9076 maka LabVIEW 2015 yang digunakan harus dilengkapi dengan LabVIEW Real-Time dan LabVIEW FPGA sebagai jembatan yang menghubungkan pemrograman LabVIEW dengan perangkat keras cRIO-9076. *Software* pada komputer leher digunakan sebagai modul pengakuisisian dan pengolahan data dari setiap sensor yang terpasang pada cRIO-9076 melalui NI 92015. Sehingga output dari komputer leher sudah berupa informasi satuan fisis sesuai dengan hasil pembacaan sensor. *Software* juga melakukan pengkondisian pengiriman menggunakan NI Shared Variable sehingga informasi dari komputer leher dapat dikirim secara *lossless* dan *real-time*. Diagram alir program komputer leher ditunjukan pada Gambar 3. 11.

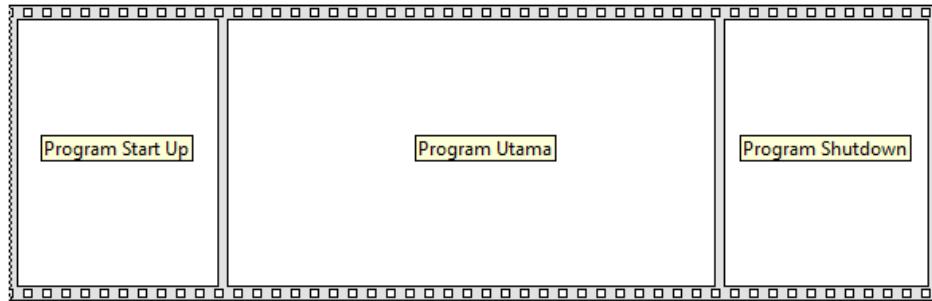


**Gambar 3. 11** Diagram alir program komputer leher

Pada diagram alir, program berjalan pada pertama kali, maka program akan menginisialisasi seluruh kebutuhan sistem yaitu protokol komunikasi TCP/IP dan port untuk semua sensor. Kemudian program akan membaca nilai tegangan yang masuk pada NI 9205 melalui port tersebut. Tegangan hasil pembacaan akan dikonversi menjadi besaran fisis dan mengirimkan informasi tersebut ke komputer informasi melalui jaring TCP/IP dalam bentuk *array of double* menggunakan NI Shared Variabel. Setelah proses selesai, program akan mengulang proses pengambilan data sampai tombol Stop ditekan.

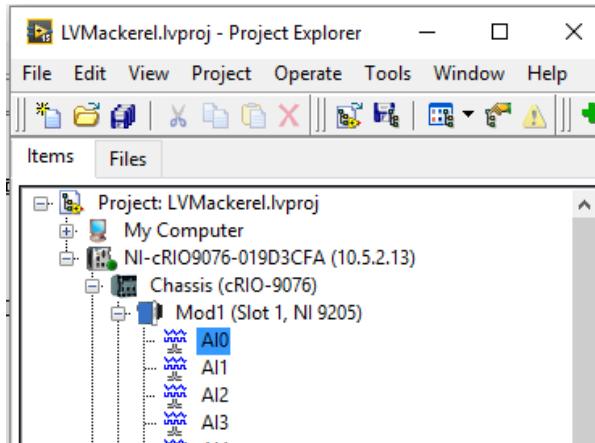
Pemrograman *software* pada komputer leher dibangun dengan desain *multi-loop stacked programming*. Desain pemrograman ini meletakan *loop* pada *flat squence structure*. *Flat squence structure* adalah subdiagram pada LabVIEW yang dieksekusi secara berurutan. Sehingga program melakukan *forcing* terhadap

rangkaian program sesuai urutan yang sudah ditentukan.. Struktur *flat sequence* pada LabVIEW 2015 ditunjukan pada gambar Gambar 3. 12.

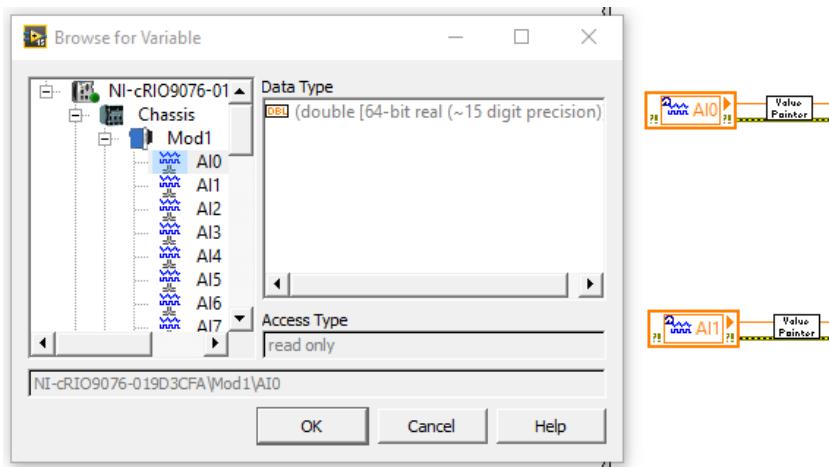


**Gambar 3. 12** Struktur *flat squence*

Program pada komputer leher memiliki 3 *squence* yaitu *start up sequence*, program utama dan *shutdown sequence*. *Start up sequence* hanya dijalankan sekali ketika program pertama kali berjalan yaitu menginisialisasi nilai awal dari keseluruhan sistem dan membaca nilai pertama pada setiap port sensor. Untuk mengakses *analog input* pada NI 9205 yang terhubung ke cRIO-9076, digunakan fasilitas Shared Variable yang terhubung langsung dengan *hardware* NI 9205. *Analog input modul* yang terhubung pada *Shared Variable* di LabVIEW Project ditunjukan pada Gambar 3. 13, sedangkan pengaksesan Shared Variable ditunjukan pada Gambar 3. 14.

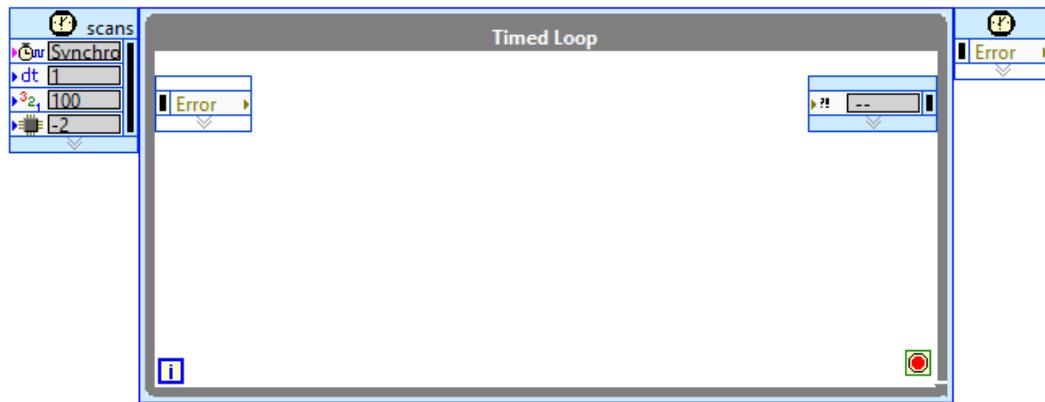


**Gambar 3. 13 Share Variable analog input NI 9205 pada LabVIEW Project**



**Gambar 3. 14 Penggunaan Shared Variable analog input**

Pada program utama, terdapat 2 *loop* program yang bekerja secara paralel yang saling berkomunikasi. *Loop* pertama menggunakan *timed loop structure* untuk mengakuisisi data, mengolah menjadi informasi dan mengirimkannya. *Timed loop* dipilih karena program ini harus berkerja pada level waktu yang kritis, *real-time* dan menggunakan *clock* dan prioritas tertinggi dari cRIO-9076. *Timed loop structure* pada LabVIEW 2015 ditunjukan pada Gambar 3. 15.

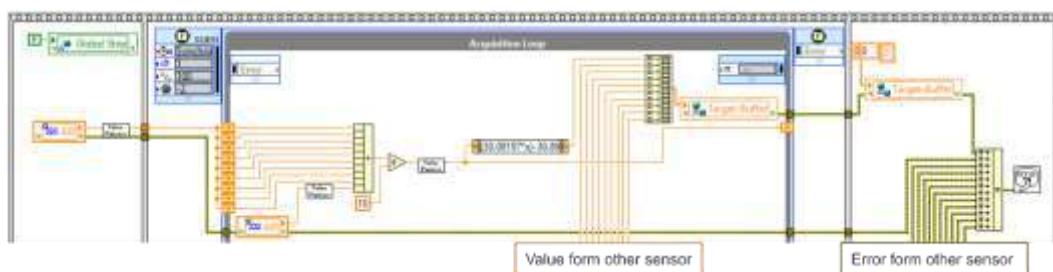


**Gambar 3. 15 Timed loop structure**

Pada *timed loop* juga dilakukan proses pengolahan data yaitu menghitung rata-rata dari 10 data terbaru dari sensor dan melakukan konversi dari satuan voltase menjadi besaran fisis. Proses perhitungan konversi dilakukan menggunakan fasilitas *expression node* seperti pada Gambar 3. 16. Pada program ini, dilakukan juga pengkondisian angka penting sehingga semua nilai pembacaan sensor memiliki 2 angka di belakang angka. Keseluruhan program untuk mengakuisisi satu sensor ditunjukan pada Gambar 3. 17.

$$\text{input} \rightarrow [2 + x * \log(x)] \rightarrow \text{output}$$

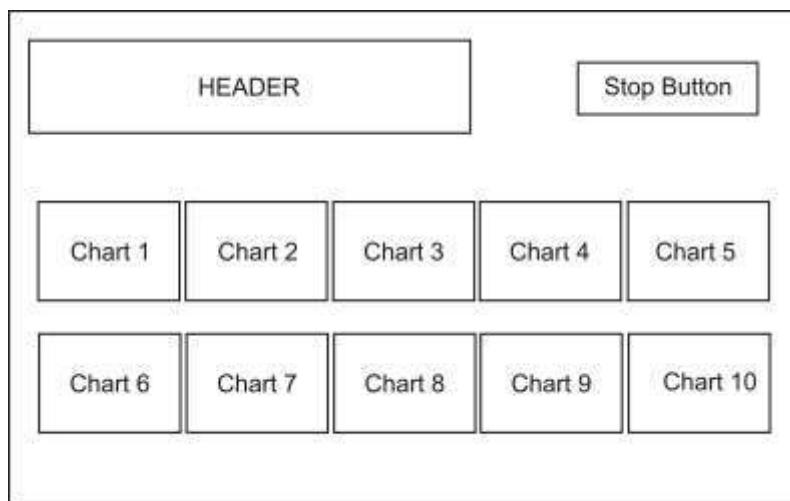
**Gambar 3. 16 Expression node**



**Gambar 3. 17 Program akuisisi komputer leher**

*Loop* kedua dari program utama berfungsi untuk menampilkan hasil akuisisi pada *chart* di *front panel*. Sistem komputer leher memiliki sifat independen dan

*headless* yaitu hanya berfungsi mengakuisisi dan mengirimkan data tanpa perlu ada tampilan, sehingga tampilan ini hanya berfungsi untuk mempermudah pemrograman dan perawatan. Rancangan tampilan untuk komputer leher ditunjukan pada Gambar 3. 18.



**Gambar 3. 18** Rancangan tampilan komputer leher

Program terakhir adalah *shutdown sequence*. *Sequence* ini hanya dijalankan sekali ketika program komputer leher di hentikan. *Sequence* ini memberikan indikasi bahwa program berhenti berjalan melalui NI Shared Variabel.

### 3.2.3.2 Perancangan Komputer Informasi

Pada penelitian ini, komputer informasi berfungsi sebagai *data concentrator* yang menggabungkan data parameter primer dan sekunder pada reaktor Kartini. Pada perancangan komputer leher, dilakukan 2 hal yaitu perancangan *hardware* dan pengembangan *software* komputer leher.

#### A. Pembangunan *Hardware* komputer informasi

*Hardware* komputer informasi dibangun dengan komputer dengan spesifikasi tinggi yang dilengkapi fasilitas komunikasi serial dan TCP/IP.

*Hardware* komputer informasi yang tersedia berupa komputer konvensional, maka perancangan *hardware* hanya dilakukan dengan menginstalasi sistem operasi dan program pendukung. Komputer informasi dibangun menggunakan komputer dengan sistem operasi Windows 10.

Komputer informasi berkomunikasi dengan komputer proses menggunakan komunikasi serial. Data dari komputer proses dikirim menggunakan antarmuka RS-232 yang dikonversi ke RS-485 menggunakan ADAM-4520. Sehingga, komputer informasi dilengkapi dengan RS-485 *to* USB sebagai antarmuka untuk membaca data serial.

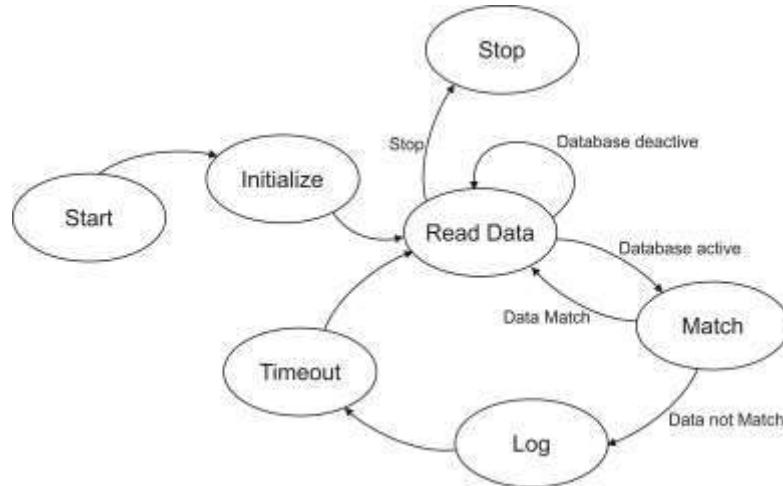
Untuk komunikasi melalui TCP/IP, secara *built up* komputer ASUS informasi sudah dilengkapi dengan port Ethernet 1000 Mbps sebagai media komunikasi komputer informasi dengan komputer leher dan komputer server melalui sebuah *network switch*. Komputer informasi akan diletakan di ruang kendali utama reaktor Kartini.

## B. Pengembangan *Software* komputer informasi

*Software* pada komputer informasi dikembangkan menggunakan LabVIEW 2015 yang dilengkapi dengan modul LabSQL sebagai antarmuka LabVIEW dengan database. *Software* pada komputer informasi akan membaca data serial dari komputer proses, membaca data dari komputer leher, memisahkan dan mengolah data serial, menyatukan dengan data dari komputer leher dan memasukan ke database pada komputer server.

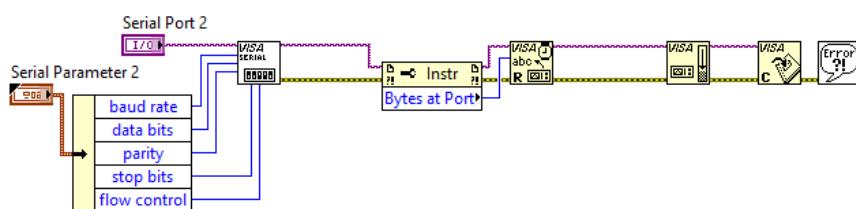
*Design pattern* pemrograman komputer leher menggunakan *State Machine pattern*. *State machine* adalah suatu struktur pemrograman pada LabVIEW yang

mengorganisasi VI menjadi kondisi dan transisi yang memungkinkan program untuk merespon secara cerdas dan berurutan terhadap kondisi yang diberikan menggunakan fasilitas *case structure* dan *while loop* (Bitter et al., 2007). Diagram *state* program komputer leher ditunjukan pada Gambar 3. 19.



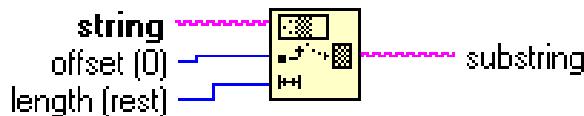
**Gambar 3. 19** Diagram *state* program komputer informasi

Seperti pada komputer leher, program pada komputer leher memiliki 3 program yaitu *start up*, program utama dan *shutdown*. Program *start up* menginisialisasi seluruh kebutuhan sistem dan komunikasi. Pada program utama, dilakukan pembacaan data serial melalui *communication port* pada komputer. Fasilitas LabVIEW yang digunakan untuk membaca komunikasi serial adalah NI VISA. Program dasar pembacaan serial menggunakan NI VISA pada LabVIEW ditunjukan pada Gambar 3. 20.



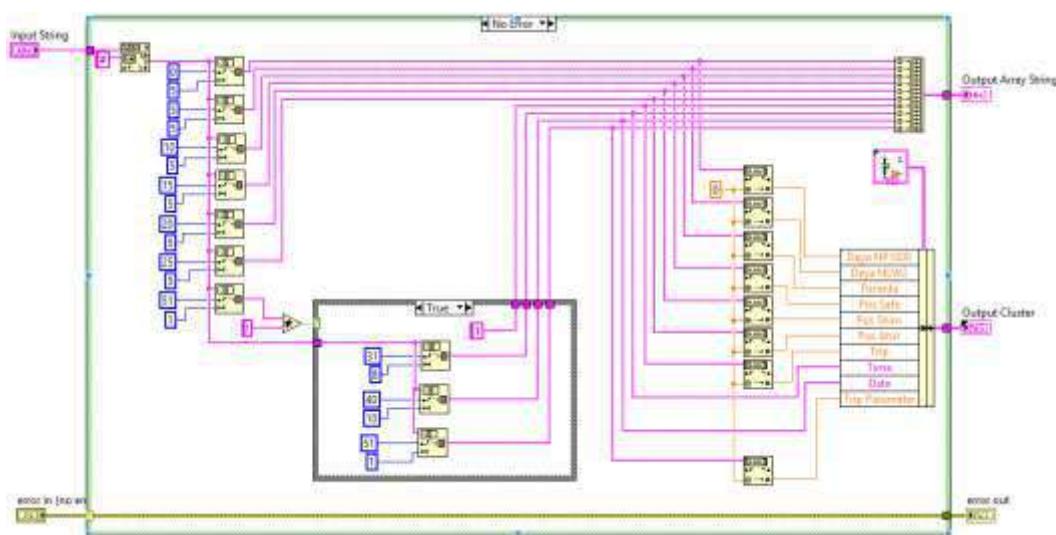
**Gambar 3. 20** Program pembacaan serial dengan NI VISA

Data hasil pembacaan komunikasi serial diparsing sehingga diperoleh data pembacaan tegangan dengan format seperti pada Gambar 2. 5. Data yang diterima merupakan data yang valid dengan panjang data yang selalu sama. Sehingga pemisahan informasi dilakukan berdasarkan panjang data menggunakan fasilitas *string subset* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3. 21.



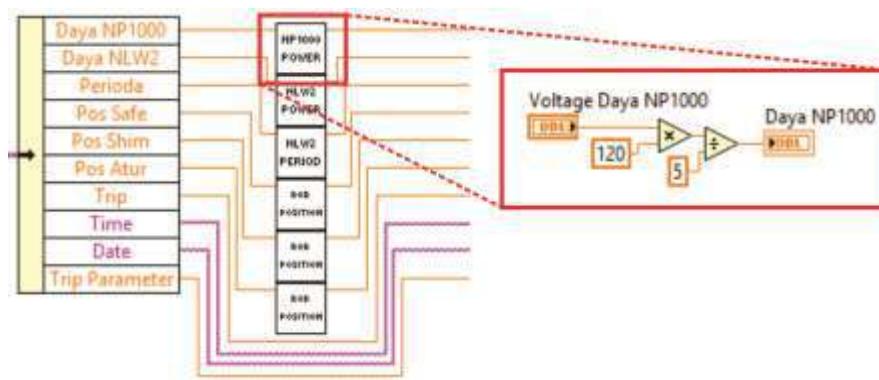
**Gambar 3. 21 String Subset Node**

Untuk mempermudah pemrograman, perawatan dan *troubleshooting*, maka program parsing dibuat menjadi sebuah SubVI yang dilengkapi dengan manajemen *error* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3. 22. Hasil keluaran parsing berupa data *cluster* angka dan karakter sesuai dengan posisi dan panjang data yang merepresentasikan nilai dari parameter primer reaktor Kartini sesuai dengan format pada Gambar 2. 5.



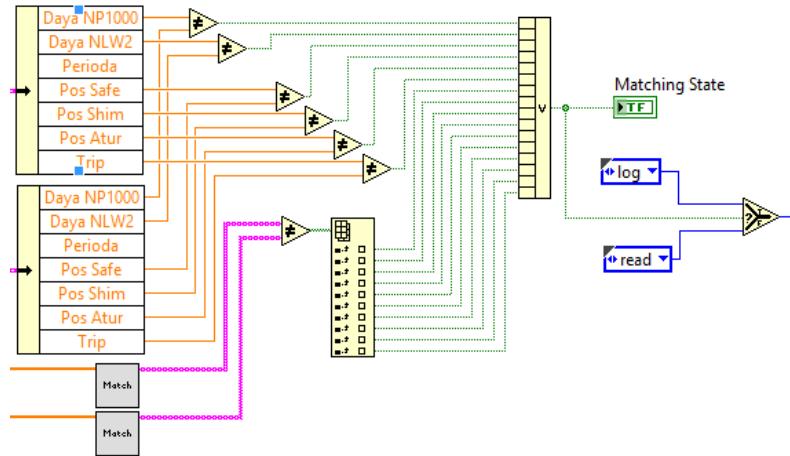
**Gambar 3. 22 Program SubVI parsing data**

*Data cluster* hasil dari parsing dikonversi menjadi satuan informasi parameter primer operasi reaktor Kartini menggunakan Persamaan 2.1 hingga Persamaan 2.4. Untuk mempermudah pembacaan dan perawatan program, perhitungan konversi dibuat dalam subVI seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3. 23.



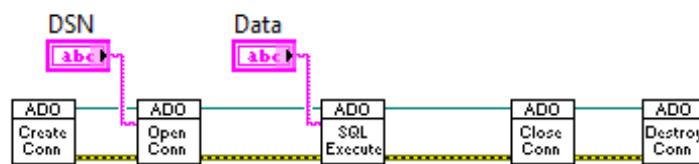
**Gambar 3. 23** Program SubVI konversi

Data dari hasil konversi parameter primer dan sekunder dari komputer leher akan dibandingkan dengan data parameter sebelumnya. Jika terdapat perbedaan salah satu nilai dari 20 data parameter, maka data akan disimpan ke database. Namun jika seluruh data sama, maka program akan menyimpan pada *shift register* dan membaca data baru. Program untuk membandingkan data parameter ditunjukkan pada Gambar 3. 24.



**Gambar 3. 24** Program *matching* data

Untuk menyimpan data di database, digunakan fasilitas LabSQL untuk menjembatani LabVIEW dengan MySQL menggunakan bahasa SQL. Data dari setiap parameter dimasukan ke kolom yang disediakan di database. Program LabSQL untuk memasukan ke database ditunjukkan pada Gambar 3. 25.

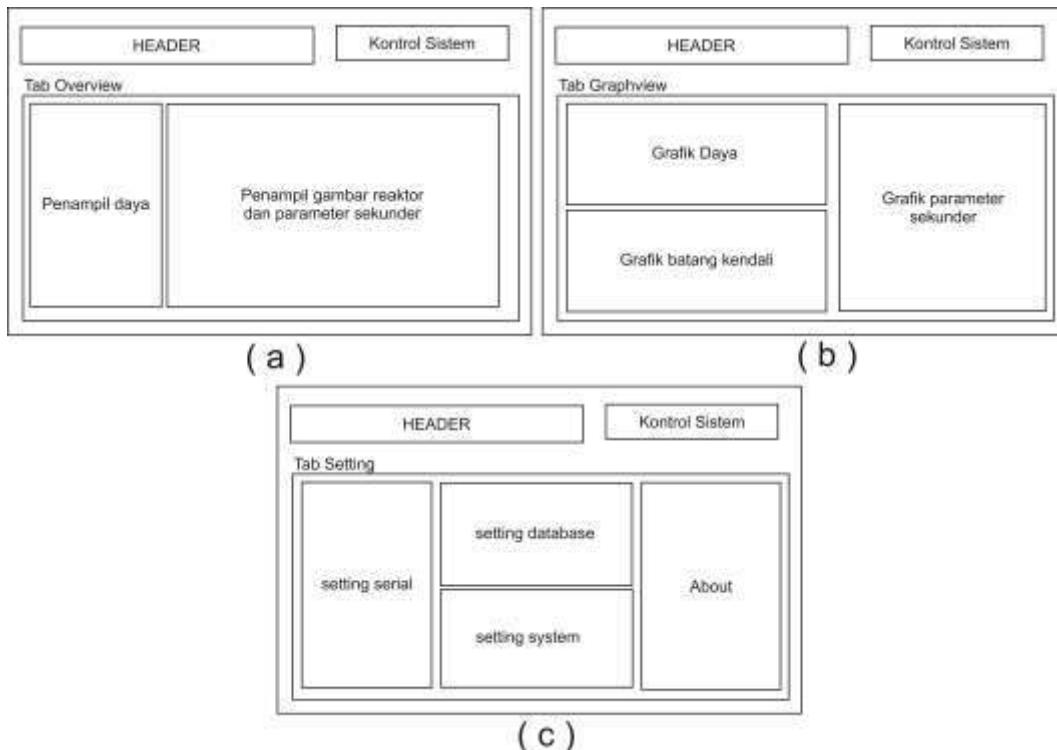


**Gambar 3. 25** Program memasukan data ke database LabSQL

DSN adalah *Domain Name System* yang berfungsi memberikan alamat dalam bentuk *prefix* hingga sampai ke tingkat database. DSN membutuhkan ODBC atau *Open Database Connectivity*. Pada penelitian ini, digunakan MySQL ODBC 5.3 64/32 bit untuk Windows 10.

*Sequence* program *shutdown* dijalankan hanya ketika program dihentikan. Program ini melakukan propragasi error dan mengkondisikan agar sistem dapat di jalankan ulang tanpa masalah. Tampilan pada komputer informasi akan dilihat oleh

operator dan supervisor dalam kondisi operasi reaktor Kartini. Rancangan tampilan dari komputer informasi ditunjukkan pada Gambar 3. 26.



**Gambar 3. 26** Rancangan tampilan komputer informasi

Berdasarkan Gambar 3. 26, tampilan HMI dari komputer informasi akan terdiri dari 3 tab yaitu Tab *overview* yang menampilkan semua parameter dalam tampilan yang intuitif yang ditunjukkan Gambar 3. 26 (a), Tab *graphview* yang menampilkan semua parameter dalam bentuk grafik yang ditunjukkan pada Gambar 3. 26 (b) dan Tab *setting* yang ditunjukkan pada Gambar 3. 26 (c).

### 3.2.3.3 Perancangan Komputer Server

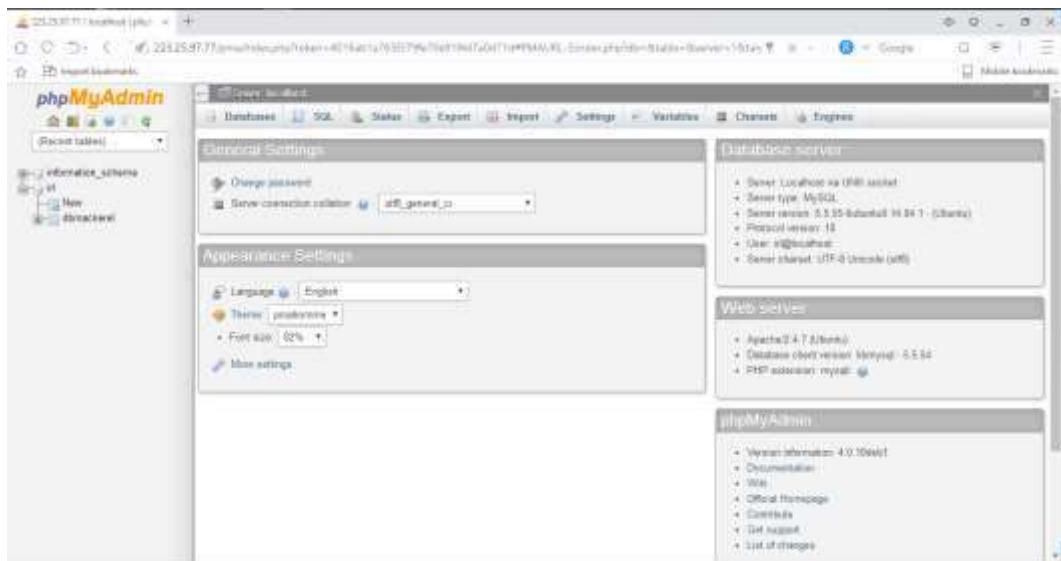
Pada penelitian ini, komputer *server* yang digunakan sudah terpasang pada ruang NTC reaktor Kartini. *Hardware* komputer *server* dibangun menggunakan *dedicated server computer* dengan sistem operasi Ubuntu 14. Pada komputer *server* terinstall *software MySQL* sebagai *engine database* yang menyimpan data dari

seluruh parameter operasi reaktor Kartini. Data parameter akan disimpan dalam database IRL dengan nama tabel dbmackerel. Format tabel database untuk menyimpan parameter reaktor Kartini untuk IRL ditunjukan pada Tabel 3. 3.

**Tabel 3. 3** Format tabel *database*

Nama Kolom	Tipe Data	Panjang Data	Keterangan
Id	integer	11	Primary, Auto Increment
dtime	timestamp	-	Curent Timestamp
htime	text	-	
ctime	varchar	20	
np1000	double	-	
nlw2	double	-	
period	text	-	
safe	double	-	
shim	double	-	
reg	double	-	
tripstat	integer	11	
triptime	text	-	
tripdate	text	-	
tripparam	integer	11	
intubetemp	double	-	
inplattemp	double	-	
atrtemp	double	-	
outplattemp	double	-	
outtubetemp	double	-	
outplatflow	double	-	
outtubeflow	double	-	
primflow	double	-	
ifetemp	double	-	
opstat	varchar	25	

Komputer *server* terhubung dengan internet dengan IP publik dan dapat diakses melalui internet dimana saja. Database MySQL data diakses melalui phpMyAdmin di <https://223.25.97.77/pma>. Tampilan halaman phpMyAdmin ditunjukan pada Gambar 3. 27.



**Gambar 3. 27** Tampilan halaman phpMyAdmin

### 3.2.4 Pengujian dan Analisis Sistem

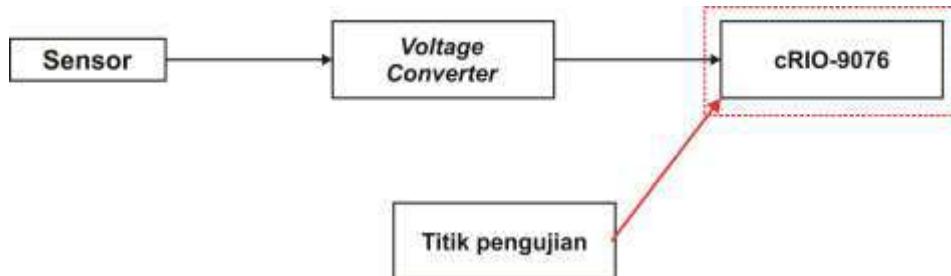
Pada penelitian ini, pengujian dan analisis sistem meliputi pengujian dan pengkondisian sensor, pengujian akuisisi data, pengujian waktu komputasi dan pengujian online. Diagram alir pengujian dapat dilihat pada Gambar 3. 28.



**Gambar 3. 28** Diagram alir pengujian sistem

### 3.2.4.1 Pengujian Sensor dan Pengkondisian Sinyal

Pengujian sensor dan pengkondisi sinyal dilakukan untuk mengetahui sifat dan respon keluaran tegangan dari *voltage converter* terhadap nilai fisis dari 10 sensor yang akan diakuisisi oleh komputer leher. Sensor yang digunakan menggunakan antarmuka arus 4-20 mA sehingga perlu dilakukan konversi menjadi tegangan sehingga dapat dibaca oleh NI 9205. Hasil dari pengujian ini berupa persamaan yang akan digunakan untuk melakukan konversi dari tegangan ke nilai fisis pada komputer leher. Blok diagram pengujian sensor ditunjukkan pada Gambar 3. 28.



**Gambar 3. 29** Blok diagram pengujian sensor

Pengujian sensor SIKA DiTemp D-34260 Kufungen dilakukan dengan memberikan tegangan *current looping* 24V kemudian tegangan keluaran dari pengkondisi sinyal dibaca menggunakan *digital multimeter*. Sensor SIKA dipanaskan menggunakan kompor listrik kemudian tegangan dari pengkondisi sinyal diamati dan dicatat setiap kenaikan suhu sebesar 0,50 °C hingga 98,50 °C.

Ultrasonic Level Transmitter – 11 dari Mercoid dilakukan dengan memberikan tegangan *current looping* 24 V kemudian keluaran dari sensor dibaca melalui pengkondisi sinyal menggunakan *digital multimeter*. Pengujian sensor ULT-11 dilakukan dengan memberikan benda dihadapan sensor yang dapat diubah

jaraknya terhadap sensor. Tegangan keluaran pengkondisi sinyal diamati dan dicatat setiap perubahan jarak sebesar 0,50 cm hingga jarak 50 cm.

Pengujian sensor termokopel IFE untuk bahan bakar dilakukan dengan menghubungkan termokopel tipe K dengan Autonics *temperature control* kemudian keluaran arus dari Autonics dibaca melalui pengkondisi sinyal menggunakan *digital multimeter*. Sensor dipanaskan menggunakan kompor listrik kemudian tegangan keluaran pengkondisi sinyal diamati dan dicatat setiap kenaikan suhu sebesar 0,50 °C hingga suhu 100 °C.

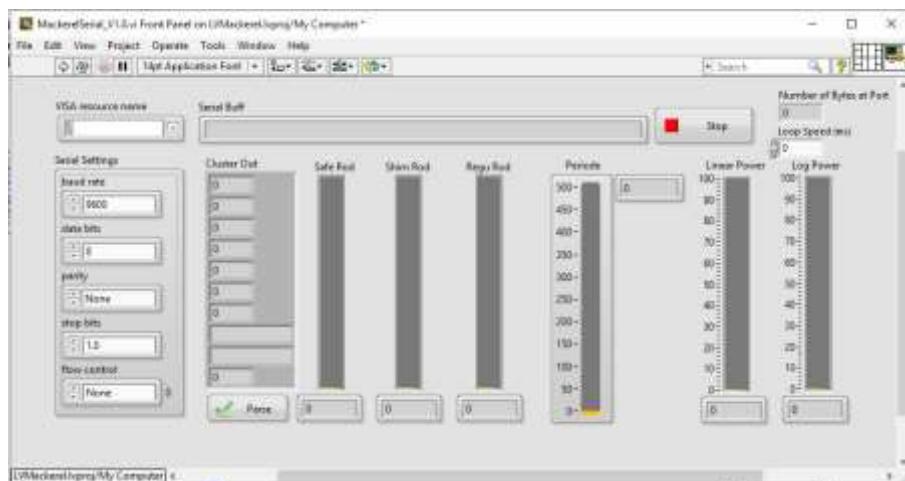
Untuk sensor DTFXL-A11-NN dari Dynasonic, hanya dilakukan pembacaan keluaran melalui pengkondisian sinyal karena sensor ini sudah terinstal dan masuk ke dalam SIK reaktor Kartini sehingga tidak dapat dilakukan pengujian tanpa komponen reaktor. Pengujian dilakukan dengan mengamati tegangan keluaran konverter ketika pompa dimatikan atau aliran pendingin menunjukan 0 L/m dan tegangan keluaran konverter ketika pompa dihidupkan sehingga terdapat aliran. Melalui 2 titik tegangan dan aliran ketika pompa mati dan hidup dapat dihitung rumus hubungan antara tegangan dengan aliran menggunakan rumus interpolasi. Hasil rumus hubungan ini akan digunakan dalam program untuk melakukan konversi dari tegangan menjadi satuan fisis pada komputer Leher.

### **3.2.4.2 Pengujian Akuisisi Data**

Pengujian akuisisi data dilakukan setelah sistem pengkondisian sensor, komputer Leher dan komputer Informasi sudah terintegrasi. Pengujian akuisisi data dibagi menjadi yaitu akuisisi data serial, data sensor dan sistem akuisisi secara

keseluruhan. Pengujian akuisisi data dilakukan untuk mengetahui data yang diakuisisi sistem dari komputer dan dari setiap sensor yang sudah terpasang.

Pengujian akuisisi data serial dilakukan dengan membuat program *serial read* menggunakan LabVIEW untuk membaca data serial dari komputer proses menggunakan *hardware RS-485 to USB*. Dalam pengujian akuisisi data serial dilakukan variasi baudrate data dan *time delay*. Program pengujian data serial ditunjukkan pada Gambar 3. 30.



**Gambar 3. 30** Program pengujian data serial

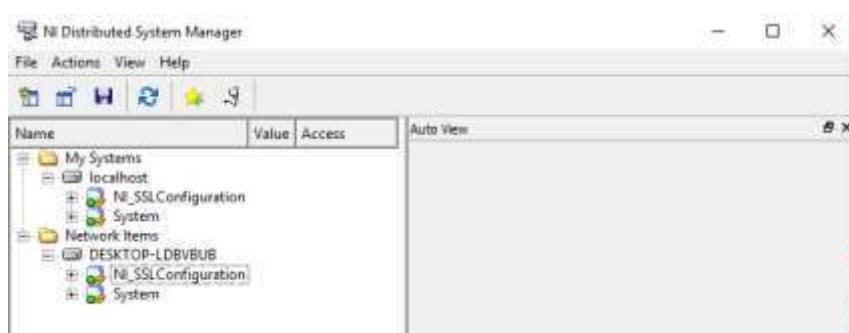
Pengujian data serial pertama adalah dengan membaca data dari komputer proses menggunakan baudrate yang divariasikan hingga ditemukan baudrate yang sesuai. Baudrate yang sesuai ditunjukkan melalui data yang diterima dapat dibaca sesuai dengan format data parameter proses yang ditunjukkan pada Gambar 2. 5. Pengujian selanjutnya dilakukan dengan memvariasikan *delay loop* untuk menentukan waktu *delay optimum* akuisisi data serial.

Program pengujian data serial yang ditunjukkan pada Gambar 3. 30 merupakan program *example Continous Serial Write and Write* yang disediakan

oleh LabVIEW 2015. Program ini dimodifikasi dengan menambahkan subVI parsing data serial parameter proses reaktor Kartini seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3. 22.

Pengujian data serial dilakukan saat dilakukan reaktor Kartini melakukan operasi dingin yaitu saat sistem intrumen dan kendali reaktor dinyalakan tetapi tidak menaikan 3 batang kendali dan tidak terjadi kenaikan daya. Pada penelitian ini, pengujian data serial dilakukan pada saat operasi dingin dan *checklist* operator reaktor. Data serial kemudian dilakukan parsing dan konversi sehingga diperoleh hasil fisis parameter operasi reaktor Kartini. Hasil dari pengujian akuisisi data serial berupa nilai *baudrate* dan *delay loop* yang akan digunakan pada program komputer Informasi.

Pengujian akuisisi data sensor dilakukan melalui komputer informasi. Data dari komputer leher akan dibaca menggunakan fasilitas NI *Distributed System Manager*. Data dari komputer leher berasal dari sensor yang terpasang langsung pada komponen reaktor. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui kinerja akuisisi komputer leher dan kehandalan konektivitas yang digunakan. NI *Distributed System Manager* ditunjukkan pada Gambar 3. 31.



**Gambar 3. 31** NI *Distributed System Manager*

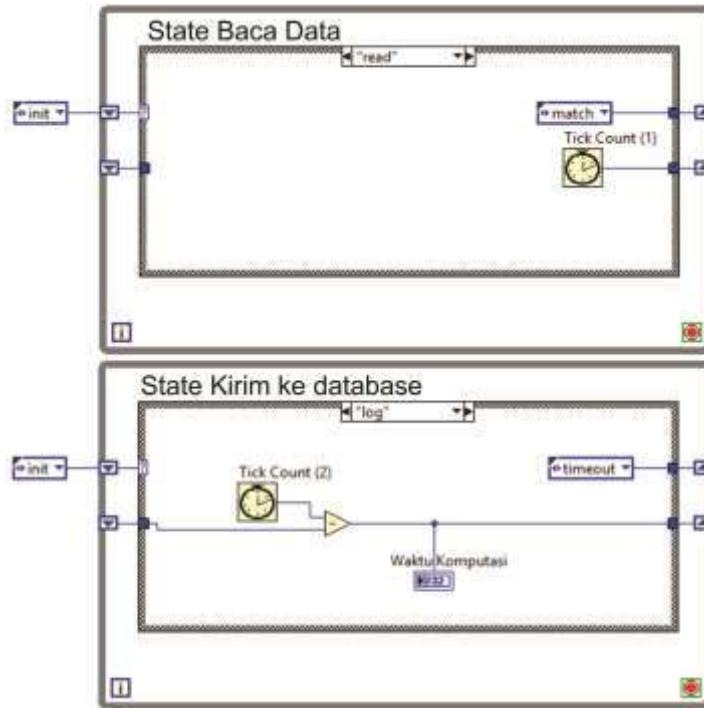
Pengujian akuisisi sensor dilakukan ketika reaktor Kartini beroperasi pada daya 100 KW selama 30 menit. Data tegangan setiap sensor diambil setiap 1 menit. Data hasil pengujian dilakukan konversi menggunakan persamaan setiap sensor sehingga diperoleh informasi fisis dari setiap sensor. Hasil dari pengujian digunakan untuk mengetahui kemampuan akuisisi dari setiap sensor terhadap fenomena yang terjadi saat operasi reaktor.

### **3.2.4.3 Pengujian Waktu Komputasi**

Pengujian waktu komputasi dilakukan untuk mengetahui waktu yang diperlukan sistem dan waktu *jitter* program untuk menjalankan fungsinya hingga selesai. Pada penelitian ini, pengujian waktu komputasi adalah untuk mengetahui keseluruhan sistem mengakuisisi data dari komputer proses dan komputer leher hingga data terkirim ke database. Pengujian waktu komputasi dilakukan di komputer informasi. Pada penelitian ini, pengujian waktu komputasi dilakukan dengan mengakuisisi 50 data secara terus menerus. Hasil dari pengujian waktu komputasi digunakan untuk mengetahui repetisi data yang masuk ke database untuk ketersediaan data yang *real-time*.

Pengujian waktu komputasi dilakukan menggunakan metode *State Ticks Count*. Metode ini menempatkan sebuah *ticks count* pada *state* pembacaan data dan menempatkan *ticks count* lagi pada *state* pengiriman data ke sensor. *Ticks count* menghasilkan *timestamp* dalam orde milidetik. Sehingga waktu komputasi merupakan selisih nilai *ticks count* pada *state* pembacaan dan pengiriman data ke database. Untuk memindahkan data *ticks count* antar *state*, digunakan *shift register*. Data waktu komputasi juga disimpan dalam database untuk mempermudah

pembacaan dan pendataan. Program perhitungan waktu komputasi ditunjukan pada Gambar 3. 32.



**Gambar 3. 32** Program perhitungan waktu komputasi

Pengujian waktu komputasi di komputer leher tidak dilakukan karena cRIO-9076 sebagai komputer leher diprogram untuk bekerja pada kondisi kritis menggunakan *timed loop*. Waktu komputasi ditentukan oleh *programmer* sehingga cRIO akan melakukan *forcing* terhadap program untuk selalu dieksekusi pada waktu komputasi yang sama.

#### 3.2.4.4 Pengujian *Online*

Pengujian *online* dilakukan untuk mengetahui kehandalan sistem akuisisi data. Pengujian ini dilakukan setelah sistem pengkondisian sensor, komputer leher, komputer informasi dan komputer server sudah terintegrasi. Pada penelitian ini,

pengujian *online* dilakukan ketika reaktor Kartini dioperasikan dalam kondisi normal mulai dari *start up* reaktor, tingkat daya hingga *shutdown*.

Pengujian dilakukan dengan melihat data yang tersimpan pada database dikomputer server. Pengujian ini dilakuakn untuk melihat kehandalan sistem untuk bekerja secara tepat tanpa gagal selama reaktor beroperasi secara normal ketika digunakan sebagai NTC dan IRL.

Pada penelitian ini, pengujian *online* dilakukan saat dilaksanakan 1 jam operasi di reaktor Kartini. Reaktor Kartini dioperasikan pada berbagai tingkat daya dari 0 KW hingga 100 KW. Pengujian dilakukan dengan mengakuisisi data dari seluruh parameter saat reaktor *start up*, tingkat daya dan *shutdown*. Seluruh data parameter disimpan di database pada komputer server.

### **3.2.5 Penulisan Laporan**

Penulisan laporan dilakukan ketika sudah diperoleh hasil dari pengujian dan analisis sistem sehingga menjadi dokumen bukti dari penelitian ini dan dapat dimanfaatkan dimasa mendatang.

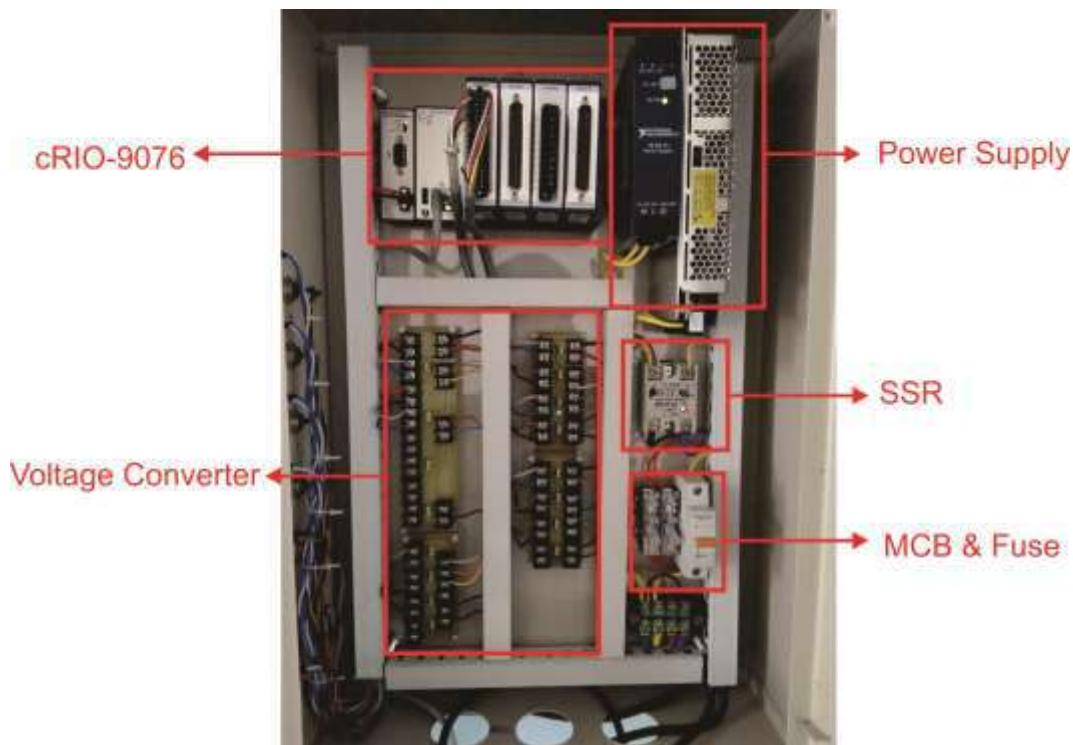
## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

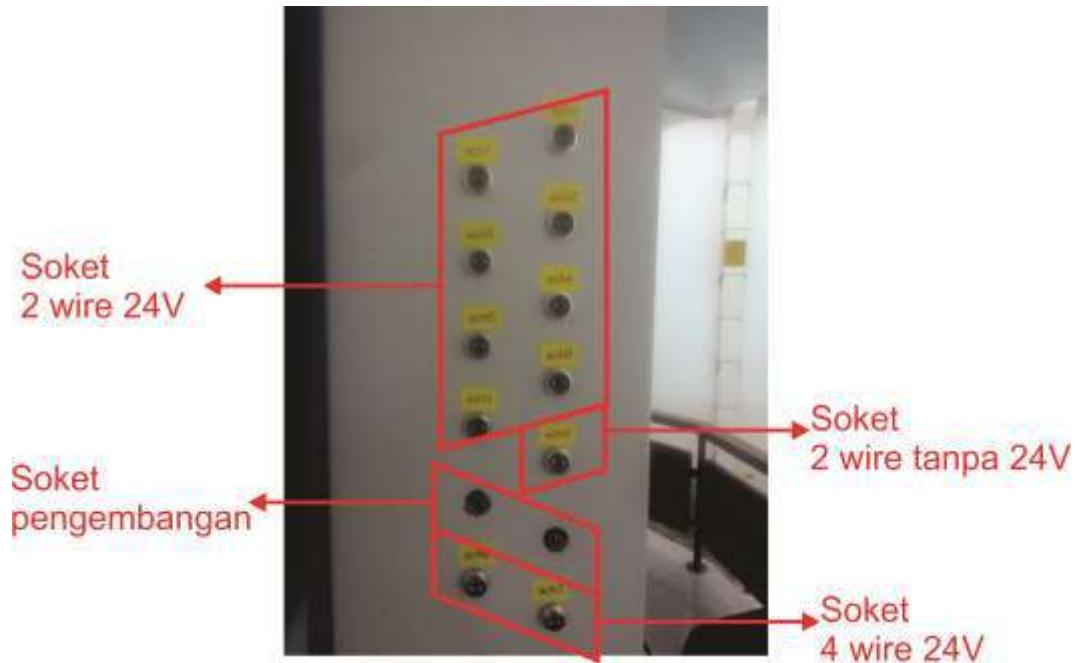
#### 4.1 Hasil Pengembangan Komputer Leher

##### 4.1.1 Pengembangan *Hardware*

Hasil pembuatan dan pengembangan *hardware* komputer leher berupa panel yang terpasang pada reaktor Kartini dapat dilihat pada Gambar 4. 1 dan Gambar 4. 2.

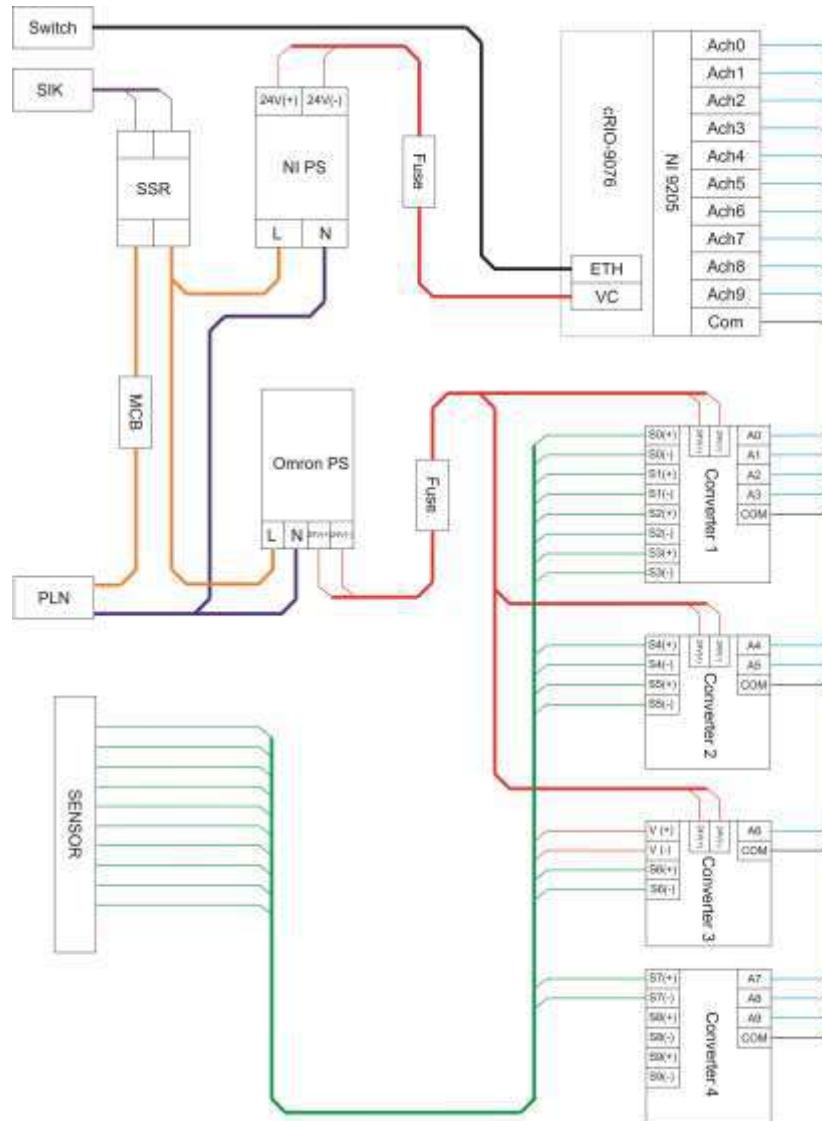


**Gambar 4. 1** Tampak komponen bagian dalam panel



**Gambar 4. 2** Tampak samping panel

Berdasarkan Gambar 4. 1 menunjukan hasil instalasi komponen pada bagian dalam panel *box* komputer leher. Sedangkan Gambar 4. 2 menunjukan sisi samping kanan dari panel *box* komputer leher yang merupakan posisi soket untuk sensor. Diagram *wiring* untuk komponen komputer leher ditunjukan pada Gambar 4. 3.



**Gambar 4. 3** Diagram *wiring* panel komputer leher

Pada panel komputer leher, disediakan 13 soket yang terhubung pada masing-masing *voltage converter* sesuai kebutuhan sensor. Dari 10 sensor, masih tersisa 3 soket yang dapat digunakan untuk pengembangan dan 19 *analog input* pada NI 9205 untuk pengembangan kedepan. Pada penelitian ini, dikarenakan kebutuhan *wiring* tegangan sensor yang berbeda, pemasangan soket sensor tidak dilakukan secara urut namun berdasarkan kebutuhan. Tabel soket sensor dan *analog input* ditunjukan pada Tabel 4. 1.

**Tabel 4. 1** Tabel soket dan *analog input*

Sensor	Analog Input NI 9205
Suhu <i>inlet HE Tube</i>	AI0
Suhu <i>Inlet HE Plat</i>	AI1
Suhu Air Tangki	AI2
Suhu <i>outlet HE Plat</i>	AI3
Suhu <i>outlet HE Tube</i>	AI4
Aliran <i>outlet HE Plat</i>	AI9
Aliran <i>outlet HE Tube</i>	AI13
Aliran Primer	AI7
Level air tangki	AI10
Suhu bahan bakar	AI14

#### 4.1.2 Pengembangan Software

Software komputer leher sudah dapat mengakuisisi 10 sensor, melakukan pengolahan data, menampilkan dan mengirimkan informasi tersebut ke komputer informasi. Pemrograman akuisisi pembacaan data dari sensor disesuaikan dengan sensor yang terkoneksi pada soket panel dan *analog input* NI 9205 pada cRIO-9076.

Tampilan dari komputer leher ditampilkan monitor komputer informasi di *control room* reaktor Kartini. Tampilan ini ditunjukkan pada Gambar 4. 4.

**Gambar 4. 4** Tampilan komputer leher

## 4.2 Hasil Pengembangan Komputer Informasi

### 4.2.1 Pengembangan *Hardware*

Pada penelitian ini, *hardware* komputer informasi menggunakan PC *desktop* dengan spesifikasi tinggi. Komputer informasi diletakkan di Sub Rak nomor 2 di meja control di *control room* reaktor Kartini di bawah komputer proses. Komputer informasi memiliki tipe *tower casing*, maka diletakan secara horizontal dengan muka menghadap ke sisi operator. Untuk pembacaan data serial, konverter USB *to RS-485* dipasang di *port* USB pada sisi belakang komputer. Komputer informasi ditunjukan pada Gambar 4. 5, sedangkan konverter USB *to RS-485* yang terpasang ditunjukan pada Gambar 4. 6.



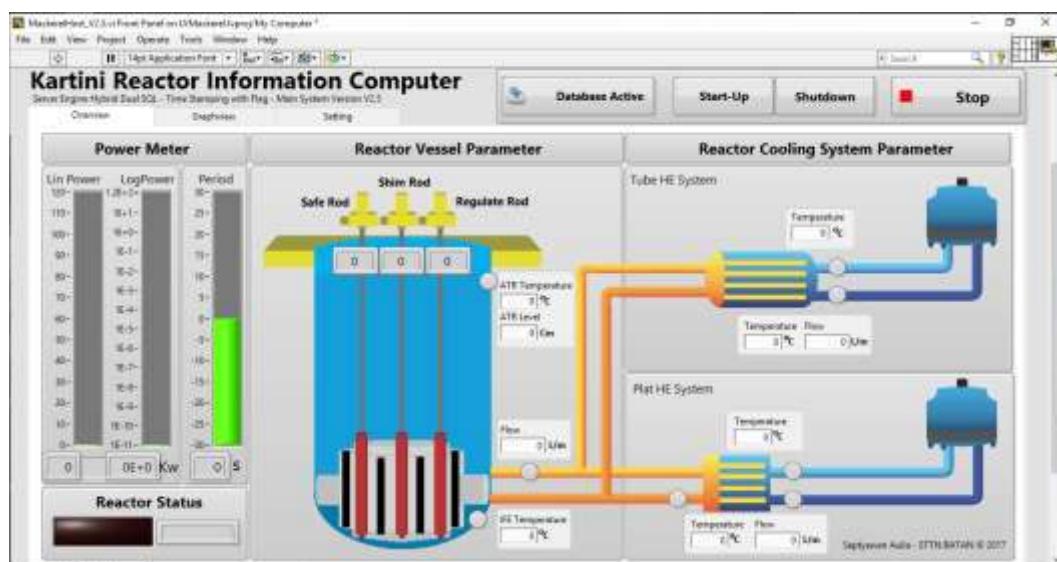
**Gambar 4. 5** Komputer informasi di Sub Rak Kontrol



**Gambar 4. 6 Konverter USB toRS-485 di komputer informasi**

#### 4.2.2 Pengembangan *Software*

Pada penelitian ini, *software* komputer informasi berhasil mengakuisisi data serial berupa parameter primer dari komputer proses maupun parameter sekunder dari komputer leher melalui TCP/IP. Tampilan halaman *overview* komputer informasi ditunjukkan pada Gambar 4. 7.



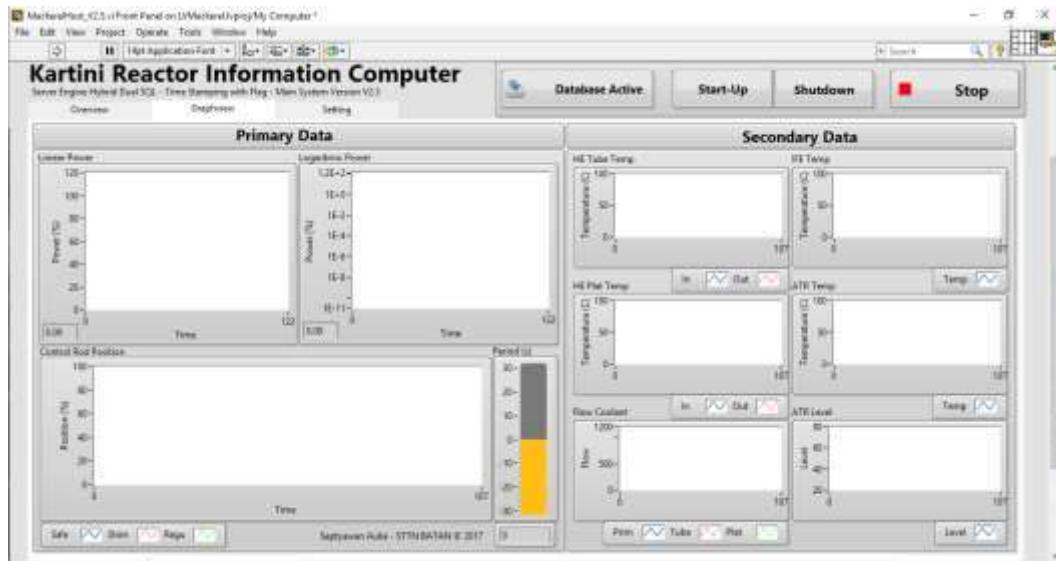
**Gambar 4. 7 Tampilan halaman *overview***

Pada Gambar 4. 7 menunjukan halaman *overview* untuk menampilkan semua parameter hasil akuisisi komputer informasi. Pada bagian *power meter*, menunjukan daya yang dikeluarkan oleh reaktor Kartini. *Bargraph Lin Power* menampilkan daya linear. *Bargraph* ini mampu menunjukan daya secara *autoscale* dari 0-100 Watt, 0-1 KW dan 0-120 KW. Dalam tingkat daya, *bargraph* akan berwarna hijau. Namun ketika daya mencapai 100 KW maka akan berubah warna menjadi kuning dan ketika daya melebihi 110 KW maka akan berubah merah.

*Bargraph Log Power* menunjukan daya secara logaritmis dari 10E-11 hingga 10E2KW. Warna *bargraph* akan berwarna hijau pada tingkat daya, berubah kuning ketika mencapai daya 10E1 KW dan berubah merah jika melebihi 10E-11 KW. *Bargraph period* menampilkan periode reaktor dalam bentuk *bar* maupun nilai. *Bargraph periode* akan berubah merah jika periode kurang dari 7 detik. Tampilan reaktor status menunjukan kondisi operator saat trip atau operasi normal.

Pada bagian *Reactor Vessel Parameter* menunjukan parameter mengenai posisi 3 batang kendali yang ditampilkan dalam animasi dan angka digital, suhu air tangki, level ketinggian air tangki, aliran primer dan suhu bahan bakar. Pada bagian *Reactor Cooling System Parameter* menampilkan suhu *inlet*, suhu *outlet* dan laju aliran *outlet* dari masing-masing penukar panas.

Dari keseluruhan tampilan pada halaman *overview*, ditampilkan lagi pada halaman *graphview* namun dalam bentuk grafik hubungan parameter terhadap waktu. Tampilan halaman *graphview* ditunjukan pada Gambar 4. 8.



**Gambar 4. 8** Tampilan halaman *graphview*

Pada penelitian ini, *software* komputer informasi juga dilengkapi dengan halaman *setting* yang berfungsi mengkonfigurasi sistem komputer informasi meliputi data serial dan database. Halaman *setting* ditunjukkan pada Gambar 4. 9.



**Gambar 4. 9** Tampilan halaman *setting*

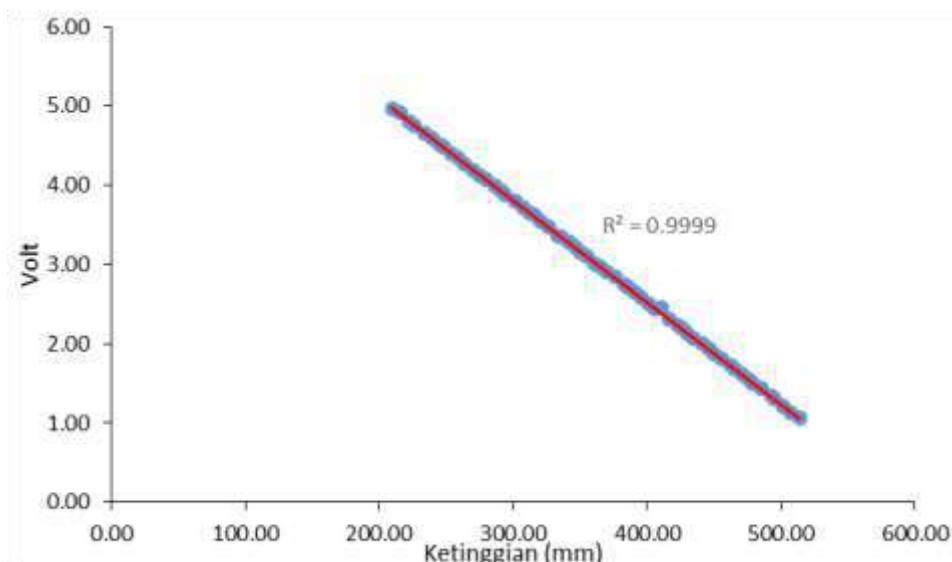
Pada bagian *Serial Setting*, dilakukan konfigurasi terhadap akuisisi data serial meliputi *Port Serial* yang digunakan, *baudrate*, *databit* dan paritas. Pada bagian *Database Setting*, dilakukan konfigurasi untuk memilih server database

yang akan digunakan melalui DSN *Name* dan tabel database yang akan diisi. Dalam *setting* ini juga menampilkan format SQL yang dikirimkan ke server untuk keperluan *debugging*.

Pada bagian *Program Monitor*, menampilkan parameter mengenai jalanya program untuk mengetahui performa program dan *debugging*. Pada bagian *About* menampilkan mengenai informasi program komputer informasi.

#### 4.3 Hasil Pengujian Sensor dan Pengkondisi Sinyal

Pada penelitian ini, pengujian sensor dilakukan terhadap 4 sensor yang ditunjukan pada Tabel 3. 2. Pada pengujian sensor Mercoid ULT-11, diperoleh data hasil pengujian ditunjukan berupa tabel pada Tabel 1 Lampiran 4. Berdasarkan Data pada Tabel 1 Lampiran 4, dapat diperoleh grafik yang ditunjukan pada Gambar 4. 10.



**Gambar 4. 10** Grafik tegangan vs ketinggian pada sensor ULT-11

Pada Gambar 4. 10 diperoleh bahwa hubungan antara ketinggian air dengan tegangan keluaran konverter merupakan fungsi linier dengan gradient negatif

dengan nilai korelasi 0,99. Sehingga menggunakan fungsi regresi, diperoleh hubungan antara ketinggian dengan tegangan pada Persamaan 4.1.

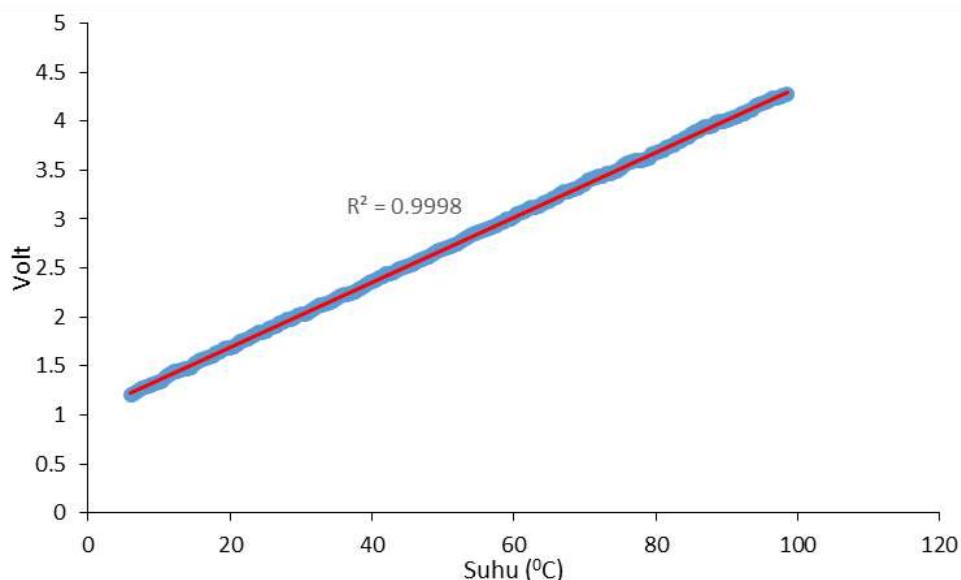
$$L = (-77,73 \times V) + 596,33 \quad (4.1)$$

Keterangan :

L = Ketinggian air (mm)

V = Nilai tegangan keluaran *converter* (V)

Pengujian sensor suhu SIKA DiTemp D-34260 diperoleh data ditunjukkan pada Tabel 2 Lampiran 4. Berdasarkan data pada Tabel 2 Lampiran 4 diperoleh hubungan suhu dengan tegangan keluaran *converter* yang ditunjukkan pada Gambar 4. 11.



**Gambar 4. 11** Grafik tegangan vs suhu pada sensor SIKA DiTemp

Dari Gambar 4. 11 diperoleh hubungan bahwa suhu dan tegangan keluaran *converter* merupakan fungsi linier dengan korelasi 0,99, sehingga dapat ditunjukkan dengan Persamaan 4.2.

$$T = (30,08 \times V) - 30,89 \quad (4.2)$$

Keterangan :

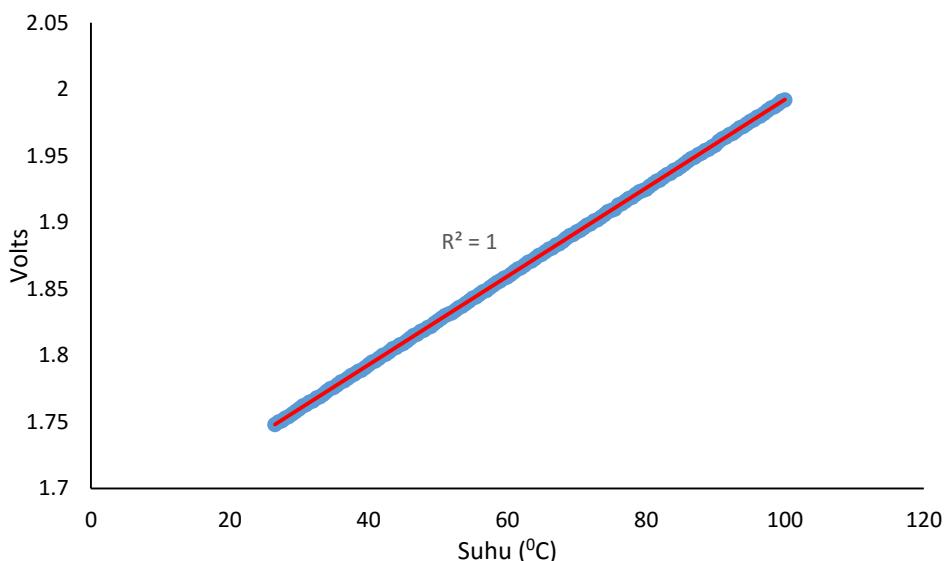
T = Suhu ( $^{\circ}\text{C}$ )

V = Nilai tegangan keluaran *converter* (V)

Pengujian Autonics *temperature control* ditunjukan data berupa Tabel 3

Lampiran 4. Berdasarkan data pada Tabel 3 Lampiran 4 diperoleh grafik hubungan suhu dengan tegangan keluaran *converter* seperti yang ditunjukan pada Gambar 4.

12.



**Gambar 4. 12** Grafik tegangan vs suhu Autonics

Pada Gambar 4. 12 diperoleh hubungan bahwa suhu dan tegangan keluaran *converter* merupakan fungsi linier dengan korelasi 1, sehingga dapat ditunjukan dengan Persamaan 4.3.

$$T = (300,98 \times V) - 499,62 \quad (4.3)$$

Keterangan :

T = Suhu ( $^{\circ}\text{C}$ )

V = Nilai tegangan keluaran *converter* (V)

Sensor terakhir yang diuji adalah sensor aliran Ultrasonik DTFXL-A11-NN dari Dynasonic. Sensor tersebut sudah terpasang pada pipa pendingin primer, pipa

pendingin sekunder HE *tube* dan *plat*. Karena sensor tersebut tidak bisa dipindahkan, maka pengujian dilakukan langsung menggunakan aliran pendingin reaktor Kartini. Hasil pengujian sensor aliran Ultrasonik DTFXL-A11-NN ditunjukkan pada Tabel 4 Lampiran 4. Berdasarkan Tabel 4 Lampiran 4 menunjukkan bahwa aliran pendingin tidak terjadi perubahan karena pompa yang digunakan untuk mengalirkan air pendingin memiliki kecepatan yang tetap dan tidak dapat diubah sehingga variasi aliran yang terjadi tidak terlalu besar. Oleh karena itu, hubungan aliran dengan tegangan keluaran dari *converter* menggunakan fungsi interpolasi sehingga diperoleh hubungan yang ditunjukkan pada Persamaan 4.4.

$$F = (469,62 \times V) - 425,32 \quad (4.4)$$

Keterangan :

F = Laju aliran (Liter/Menit)

V = Nilai tegangan keluaran *converter* (V)

#### 4.4 Hasil Pengujian Akuisisi Data

##### Hasil Pengujian Akuisisi Data Serial

Data pengujian data serial terhadap variasi baudrate dan *delay loop* ditunjukkan pada Tabel 1 dan Tabel 2 Lampiran 5. Dari Tabel 1 Lampiran 5 diperoleh baudrate yang sesuai untuk pengiriman data adalah 115200 bps. Ketika baudrate selain 115200, data yang diterima berupa karakter yang tidak sesuai. Dari Tabel 2 Lampiran 5 diperoleh bahwa *delay loop* yang sesuai dalam pengiriman adalah 100 ms dengan panjang karakter sebanyak 55 karakter tanpa ada *buffering* maupun *loss*. Data 55 karakter terdapat 2 karakter spasi diakhir sehingga data yang diolah sebanyak 53 karakter.

Dari Tabel 1 dan Tabel 2 Lampiran 5, dapat dilakukan pengujian akuisisi menggunakan baudrate 115200 dan *delay loop* sebesar 100 ms. Data yang diterima sebanyak 53 karakter yang diawali oleh karakter tagar (#) diikuti dengan 4 karakter pembacaan tegangan dari daya NP-1000, 4 karakter daya NLW-2, 4 karakter periode, 4 karakter untuk masing-masing posisi batang kendali pengaman, kompensasi dan regulasi, 8 karakter yang menunjukkan tanggal *trip*, 8 karakter waktu *trip* dan 1 karakter menunjukkan parameter *trip* sesuai dengan format yang ditunjukan pada Gambar 2. 5..

Program LabVIEW di komputer informasi melakukan singkronisasi waktu dengan data yang dikirim oleh komputer proses sehingga data yang diterima memiliki panjang karakter yang selalu sama, sehingga parsing data dari masing-masing parameter dapat dilakukan berdasarkan panjang karakter sehingga diperoleh data hasil parsing yang ditunjukan pada Tabel Lampiran 1.

Data kanal daya NP-1000, kanal daya NLW-2, periode dan posisi batang kendali masih berupa tegangan, maka masing-masing data tersebut dikonversi menggunakan Persamaan 2.1 untuk daya NP-1000, Persamaan 2.2 untuk daya NLW-2, Persamaan 2.3 untuk periode dan Persamaan 2.4 untuk posisi batang kendali sehingga diperoleh hasil konversi yang ditunjukan pada pada Tabel Lampiran 1.

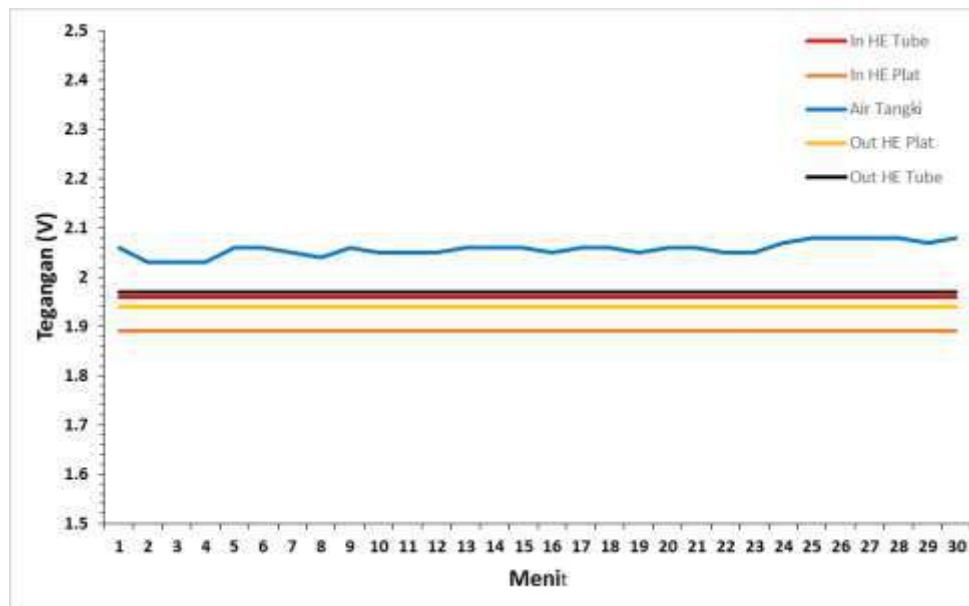
Pada hasil pengujian, daya dari NP-1000 selalu menunjukan 0 KW karena NP-1000 peka terhadap daya tinggi sedangkan pengujian dilakukan saat operasi dingin. Daya dari kanal NLW-2 menunjukan nilai 1.117E-6 hingga 0.02 KW. Nilai ini merupakan cacah dari aras sumber neutron yang terdapat dalam teras karena

kanal daya NLW-2 peka terhadap daya rendah. Posisi batang kendali selalu menunjukkan 0 %. Terjadi perubahan mencapai 1 % karena *noise* yang terjadi dalam akuisisi data komputer proses dan terjadi kenaikan hingga 7 % karena batang kendali dinaikan oleh operator untuk kepentingan *checklist*.

Saat tidak terjadi *trip*, parameter *trip* yang dikirim oleh komputer informasi adalah 0 dengan waktu dan tanggal *trip* menunjukkan dd/mm/yyyy dan hh:mm:ss. Namun ketika terjadi *trip*, maka parameter *trip* akan menunjukkan angka selain 0. Pada pengujian ini *trip* yang terjadi adalah *trip* periode yang dipicu dari NLW-2 untuk *checklist* sehingga parameter *trip* menunjukkan angka 1 dengan tanggal dan waktu *trip* menunjukkan waktu terjadinya *trip* yaitu 02/06/2017 dan 09:48:57. Dari 50 kali pengujian akuisisi data serial, panjang data yang diterima dan diparsing selalu tetap sehingga error akuisisi data serial adalah 0 %. Berdasarkan waktu *delay* sebesar 100 ms menunjukkan bahwa akuisisi data serial dapat menyediakan data yang *real-time* karena waktu akuisisi jauh dibawah 3000 ms dan *reliable* karena data yang diterima selama pengujian tidak terjadi *error* maupun *dataloss*.

### **Hasil Pengujian Akuisisi Sensor**

Pada pengujian ini, data pengujian ditunjukan pada Lampiran 2. Data pengujian dari sensor suhu SIKA DiTemp untuk suhu *inlet* dan *outlet* HE *tube*, suhu *inlet* dan *outlet* HE plat serta suhu air tangki reaktor ditunjukan pada Tabel 1 Lampiran 2. Berdasarkan data pada Tabel 1 Lampiran 2 diperoleh hubungan tegangan terhadap waktu yang ditunjukan pada Gambar 4. 13.



**Gambar 4. 13** Grafik tegangan vs waktu sensor suhu SIKA DiTemp

Berdasarkan Gambar 4. 13, dapat diketahui bahwa cRIO dapat membaca tegangan dari 5 sensor SIKA DiTemp untuk mengukur suhu *inlet* dan *outlet* HE *tube*, suhu *inlet* dan *outlet* HE plat serta suhu air tangki reaktor selama 30 menit pengujian tanpa terjadi *error* dan *loss*. Sensor suhu *inlet* HE *tube* menunjukkan nilai 1.96 V yang menunjukkan suhu 28.07 °C dan sensor suhu *oulet* HE *tube* menunjukkan nilai 1.97 V yang menunjukkan suhu 28.37 °C. Tidak terjadi perubahan tegangan selama 30 menit pengujian. Hal tersebut menunjukkan bahwa air pendingin yang masuk ke HE *tube* memiliki suhu yang tetap sehingga menunjuk efektifitas pendinginan HE yang baik.

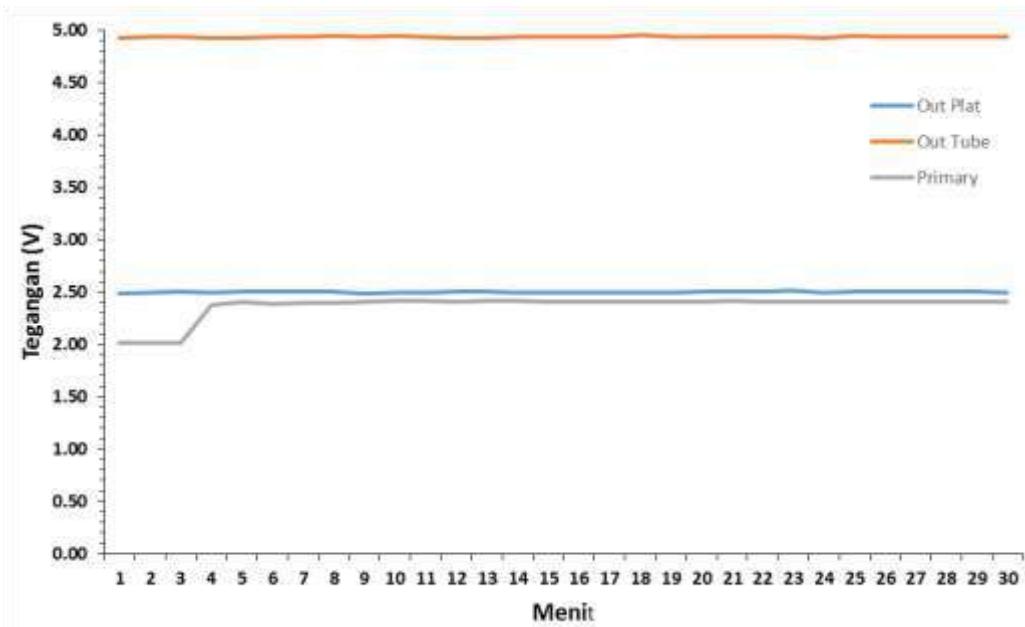
Pada sensor suhu *inlet* HE plat, tegangan yang terbaca sebesar 1.89 V yang menunjukkan suhu 25.97 °C dan sensor *outlet* HE plat menunjukkan nilai 1.94 V yang menunjukkan suhu 27.47 °C . Sama hal dengan suhu pada *inlet* dan *outlet* HE *tube*, tegangan yang dikeluarkan dari sensor *inlet* dan *outlet* HE plat tidak menunjukkan

perubahan. Hal tersebut menunjukkan bahwa air pendingin yang masuk ke HE *tube* memiliki suhu yang tetap sehingga menunjuk efektifitas pendinginan HE yang baik.

Hasil berikutnya menunjukkan tegangan dari sensor suhu air tangki menunjukkan nilai 2,03 V hingga 2,08 V. Tegangan tersebut dikonversi menjadi suhu  $30,18^{\circ}\text{C}$  hingga  $31,68^{\circ}\text{C}$ . Perubahan tegangan yang teramat selama 30 menit pengujian terjadi karena adanya sirkulasi air tangki reaktor saat reaktor dioperasikan pada daya 100 KW. Perubahan tegangan yang terjadi menunjukkan bahwa suhu air tangki semakin tinggi akibat perpindahan panas saat operasi reaktor.

Pengujian akuisisi sensor selanjutnya adalah sensor aliran Dynasonic DTFXL-A11-NN yang digunakan untuk mengukur laju aliran pendingin primer, *outlet HE tube* dan *Outlet HE plat*. Data hasil pengujian ditunjukkan pada Tabel 2 Lampiran 2. Dari tabel 2 Lampiran 2 dapat dibuat grafik hubungan tegangan keluaran masing-masing sensor terhadap waktu yang ditunjukkan pada Gambar 4.

14.

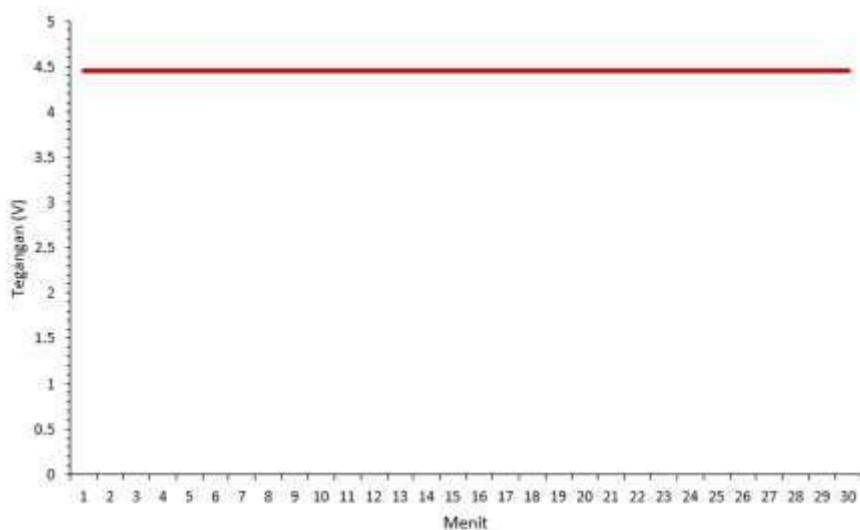


**Gambar 4. 14** Grafik tegangan vs waktu sensor aliran DTFXL-A11-NN

Berdasarkan Gambar 4. 14, dapat diketahui bahwa cRIO dapat mengakuisisi data dari sensor aliran DTFXL-A11-NN selama 30 menit secara terus menerus tanpa terjadi *error* dan *loss*. Berdasarkan pengujian, Tegangan keluaran dari sensor aliran *outlet HE plat* menunjukan nilai 2,50 V yang menunjukan laju aliran 649,58 L/m, tegangan dari sensor aliran *outlet HE tube* sebesar 4,94 V yang menunjukan laju aliran 1696,90 L/m dan tegangan dari sensor aliran pendingin primer sebesar 2,41 V yang menunjukan laju aliran sebesar 609,08 L/m.

Dari hasil pengujian, dapat diketahui bahwa laju aliran *outlet HE plat* dan *tube* lebih besar dari laju aliran pendingin primer. Hal tersebut sesuai dengan kondisi operasi yang ditentukan untuk reaktor Kartini. Laju aliran *outlet HE tube* jauh lebih tinggi karena memiliki pompa dan pipa aliran yang lebih besar.

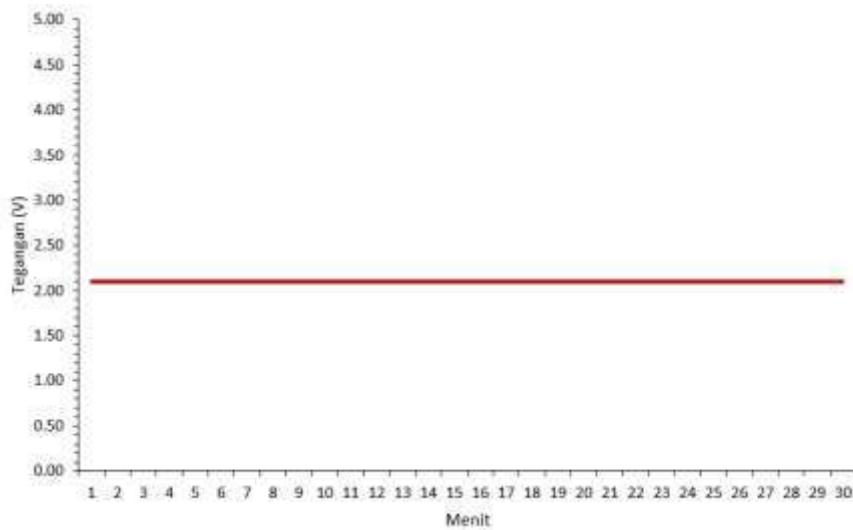
Sensor selanjutnya yang diuji adalah sensor level air tangki reaktor. Data hasil pengujian ditunjukan pada Tabel 3 Lampiran 2 yang kemudian dapat dibuat grafik hubungan tegangan terhadap waktu yang ditunjukan pada Gambar 4. 15.



**Gambar 4. 15** Grafik tegangan vs waktu sensor level air tangki reaktor

Pada Gambar 4. 15, dapat diketahui bahwa cRIO dapat mengakuisisi data dari sensor level air tangki ULT-11 selama 30 menit pengujian tanpa terjadi *error* dan *loss*. Tegangan dari sensor level air tangki adalah 2.1 V. Tegangan tersebut menunjukkan level air tangki sejauh 8,08 cm dari bibir tangki. Selama 30 menit pengujian, tegangan yang terbaca dari sensor tidak terjadi perubahan karena tidak dilakukan penambahan atau pengurangan air tangki reaktor selama pengujian tidak berubah.

Sensor terakhir yang diuji adalah sensor suhu bahan bakar. Sensor suhu bahan bakar berupa termokopel yang terpasang pada IFE. IFE terpasang di teras reaktor. Keluaran dari IFE dibaca oleh Autonics *temperature control* dan dikonversi menjadi 4-20 mA agar bisa dibaca di komputer leher. Data hasil pengujian ditunjukan pada Tabel 4 Lampiran 2 yang dapat dapat dibuat grafik hubungan tegangan terhadap waktu yang ditunjukan pada Gambar 4. 16.



**Gambar 4. 16** Grafik tegangan vs waktu sensor suhu bahan bakar

Pada Gambar 4. 16, dapat diketahui bahwa sistem cRIO dapat mengakuisisi data suhu bahan bakar melalui Autonics TC tanpa terjadi *error* dan *loss* selama 30

menit pengujian. Tegangan dari sensor suhu bahan bakar menunjukan nilai 2,10 V. Tegangan tersebut menunjukan suhu 132,44 °C. Dalam pengujian, suhu bahan bakar tidak terjadi perubahan yang signifikan. Hal tersebut dikarenakan reaktor dioperasikan pada daya tetap 100 KW dan tidak terjadi perubahan daya selama 30 menit pengujian.

Dari hasil pengujian akuisisi sensor, tidak terjadi *error* selama pengujian dan menunjukan fenomena dalam kondisi operasi reaktor sehingga sistem akuisisi sensor dapat menyediakan data secara *reliable* untuk NTC dan IRL

#### **4.5 Hasil Pengujian Waktu Komputasi**

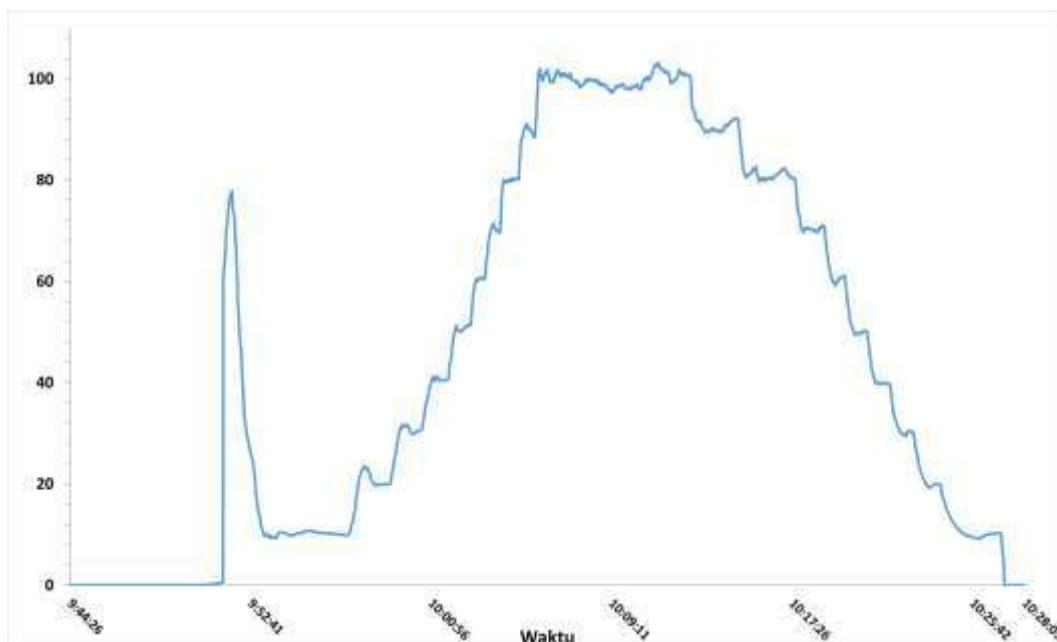
Dalam pengujian komputasi, diperoleh 50 data waktu komputasi yang ditunjukan pada Tabel pada Lampiran 3. Berdasarkan Tabel Lampiran 3, diperoleh waktu rata-rata yang diperlukan untuk mengakuisisi data adalah 1000 ms.

Dalam pengujian ini, diperoleh standar deviasi waktu komputasi sebesar 0,37 dan waktu *jitter* terbesar program adalah 1 ms. Waktu jitter adalah variasi waktu eksekusi program yang melebih waktu yang diinginkan. Dalam penelitian ini, standar deviasi dan *jitter* program cukup kecil sehingga tidak mempengaruhi kinerja sistem akuisisi data.

Berdasarkan hasil pengujian, waktu komputasi yang diperlukan oleh sistem untuk mengakuisisi data dari sensor hingga masuk ke database kurang dari 3000 ms yaitu 1000 ms serta nilai variasi *jitter* dan standar deviasi, maka sistem akuisisi data dapat menyediakan data secara *real-time* dan *reliable* untuk NTC dan IRL.

#### 4.6 Hasil Pengujian *Online*

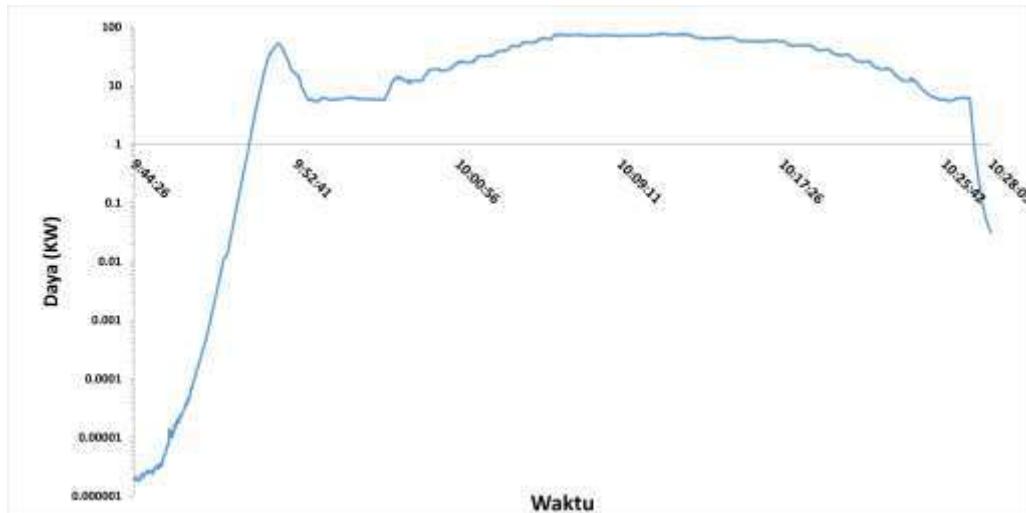
Dari pengujian online selama 1 jam operasi, diperoleh pengujian *online* diambil dari database sebanyak 1588 data yang sebagian data ditunjukan pada Lampiran 6. Pada pengujian ini, diperoleh grafik daya linier NP-1000 terhadap waktu yang ditunjukan pada Gambar 4. 17.



**Gambar 4. 17** Grafik daya linier terhadap waktu

Berdasarkan Gambar 4. 17, diperoleh hasil bahwa sistem dapat mengakuisisi dan menyimpan data daya linier sejak *start up* hingga *shutdown*. Gambar 4. 17 menunjukan berbagai tingkat daya dari 0 KW hingga 100 KW dengan kenaikan 10 KW. Terjadi kenaikan daya hingga 80 KW kemudian turun kembali ke 10 KW karena operator reaktor tidak memperhatikan permintaan daya operasi yaitu diawali dari 10 KW sehingga operator terlanjur menaikan daya hingga 80 KW dan menurunkan kembali ke 10 KW.

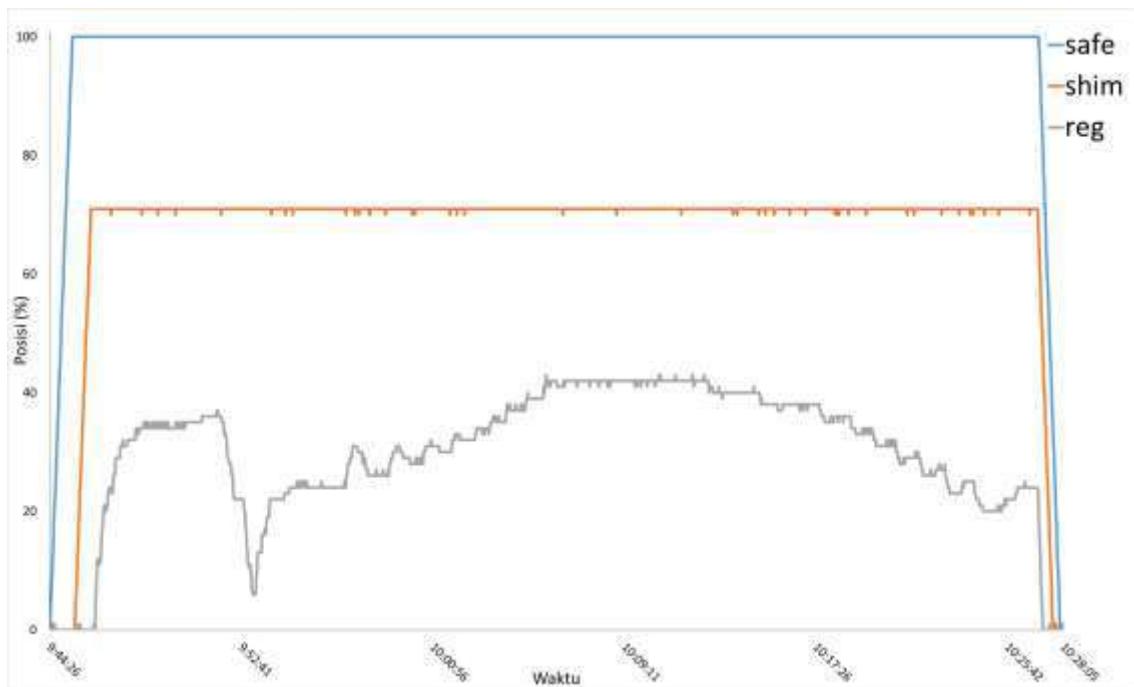
Kanal daya linier dari NP-1000 peka terhadap daya tinggi sehingga penunjukan nilainya dari 0 KW hingga 100KW. Pada daya rendah dan level sumber diukur menggunakan kanal daya logaritmik NLW-2. Dari pengujian, diperoleh grafik daya logaritmik NLW-2 terhadap waktu yang ditunjukkan pada Gambar 4. 18.



**Gambar 4. 18** Grafik daya logaritmik terhadap waktu

Pada Gambar 4. 18, sistem dapat mengakuisisi dan menyimpan data daya logaritmik dari kanal daya NLW-2 dari *start up* hingga *shutdown*. Kanal daya NLW-2 peka terhadap daya rendah sehingga daya yang dapat ditunjukkan dari  $10^{-6}$  KW hingga 100 KW. Sama halnya dengan daya linier NP-1000, kenaikan daya diawal operasi karena operator reaktor tidak memperhatikan permintaan daya operasi.

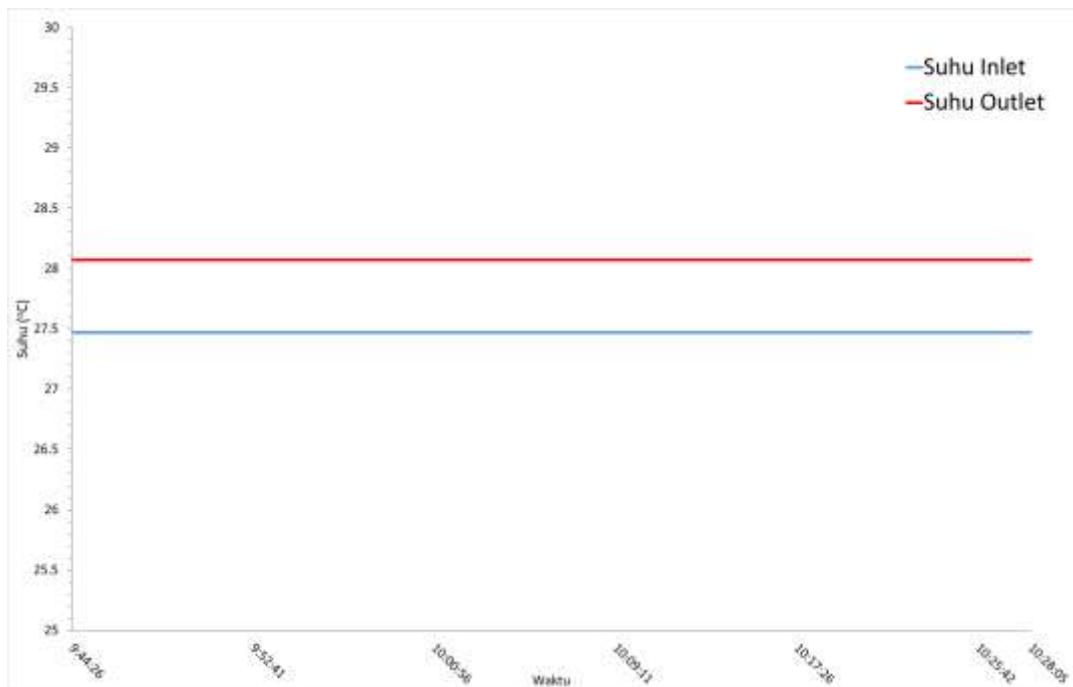
Perubahan daya pada pengujian terjadi karena perubahan posisi batang kendali yang dilakukan oleh operator. Dari hasil pengujian, diperoleh grafik posisi batang kendali pengaman, kompensasi dan pengatur terhadap waktu yang ditunjukkan pada Gambar 4. 19.



**Gambar 4. 19** Grafik posisi batang kendali terhadap waktu

Pada Gambar 4. 19, diperoleh posisi batang kendali saat reaktor Kartini dioperasikan dari *start up*, tingkat daya hingga *shutdown*. Ketika *start up*, batang kendali dinaikan satu persatu. Ketika pengujian pada tingkat daya, posisi batang kendali pengaman dinaikan dan tetap pada posisi 100 %, posisi batang kendali kompensasi dinaikan dan tetap pada posisi 71 % dan posisi batang kendali pengatur diubah dari 0 % - 43 % sesuai daya yang diinginkan.

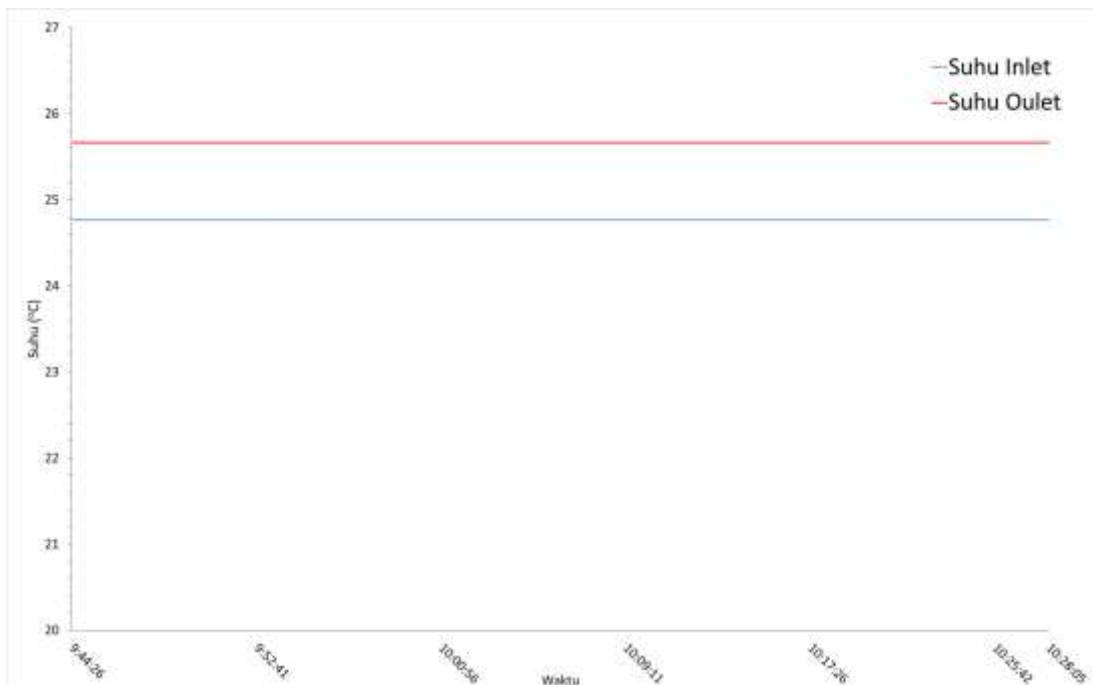
Pada pengujian juga diamati suhu air pendingin sekunder pada HE tube. Suhu masukan dan keluaran dari HE tube terhadap waktu ditunjukkan pada Gambar 4. 20.



**Gambar 4. 20** Grafik suhu masukan dan keluaran HE *tube* terhadap waktu

Berdasarkan Gambar 4. 20, diperoleh hasil bahwa sistem dapat mengakuisisi data suhu pada sensor HE *tube*. Dari hasil pengujian, suhu air pendingin masukan HE *tube* memiliki nilai yang tetap pada 27,47 °C dan suhu keluaran yang tetap pada 28,07 °C. Suhu tersebut merupakan suhu air yang diam di dalam pipa HE *tube* karena dalam pengujian ini, pendinginan saat operasi reaktor Kartini menggunakan HE plat.

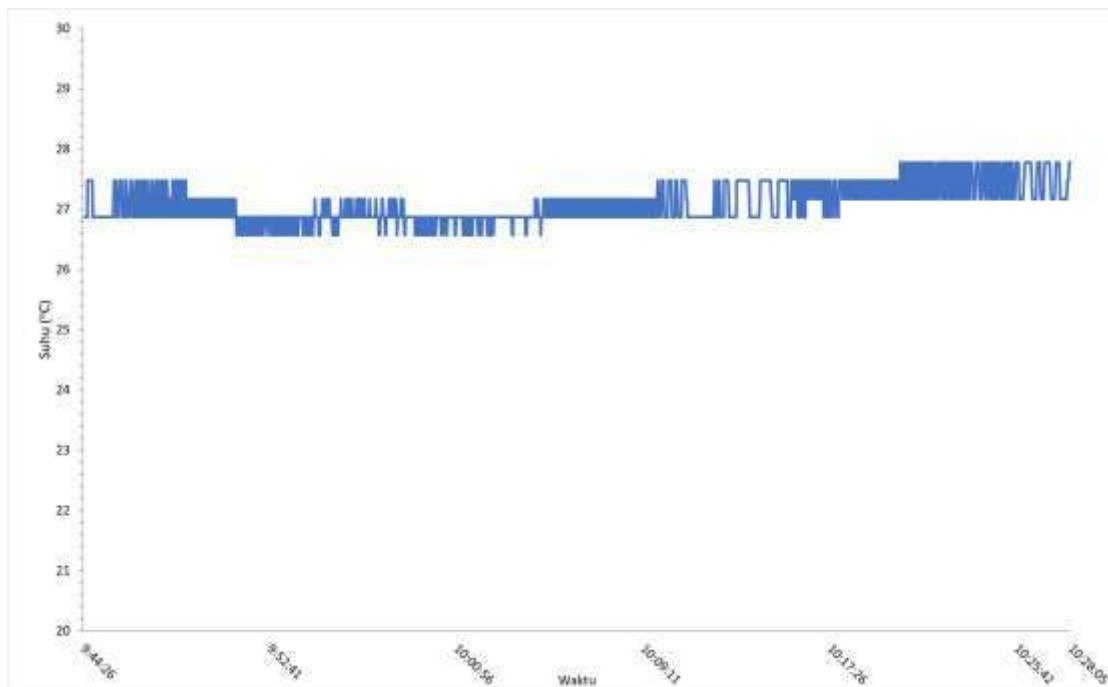
Data hasil pengujian suhu air pendingin masukan dan keluaran dari HE plat ditunjukan pada Gambar 4. 21.



**Gambar 4. 21** Grafik suhu masukan dan keluaran HE plat terhadap waktu

Berdasarkan Gambar 4. 21, diperoleh hasil bahwa sistem dapat mengakuisisi data suhu pada sensor HE plat. Dari hasil pengujian, suhu air pendingin masukan HE plat memiliki nilai yang tetap pada 24,76 °C dan suhu keluaran yang tetap pada 25,66 °C. Hal tersebut menunjukkan bahwa efektifitas pendinginan dari HE plat cukup baik dan stabil digunakan saat operasi.

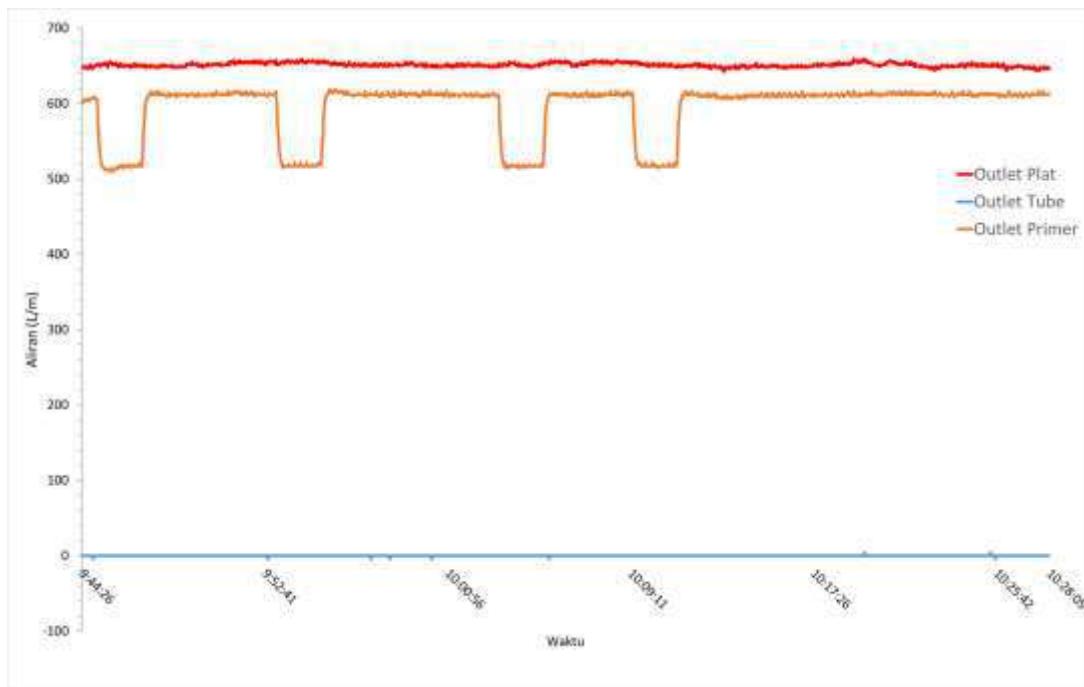
Selain suhu pada setiap HE, pengujian juga dilakukan pada suhu air tangki reaktor. Data hasil pengujian suhu air tangki reaktor ditunjukan pada Gambar 4. 22.



**Gambar 4. 22** Grafik suhu air tangki reaktor terhadap waktu

Pada Gambar 4. 22, diperoleh hasil bahwa sistem dapat mengakuisisi data suhu air tangki reaktor. Suhu air tangki yang terukur adalah 27,77 °C. Dalam pengujian terjadi fluktuasi suhu  $\pm 0,50$  °C karena adanya *noise* dalam akuisisi data sensor suhu air tangki reaktor.

Pengujian *online* selanjutnya dilakukan pada sensor aliran pendingin primer dan aliran pendingin sekunder pada masing-masing HE. Data hasil aliran primer dan sekunder ditunjukkan pada Gambar 4. 23.

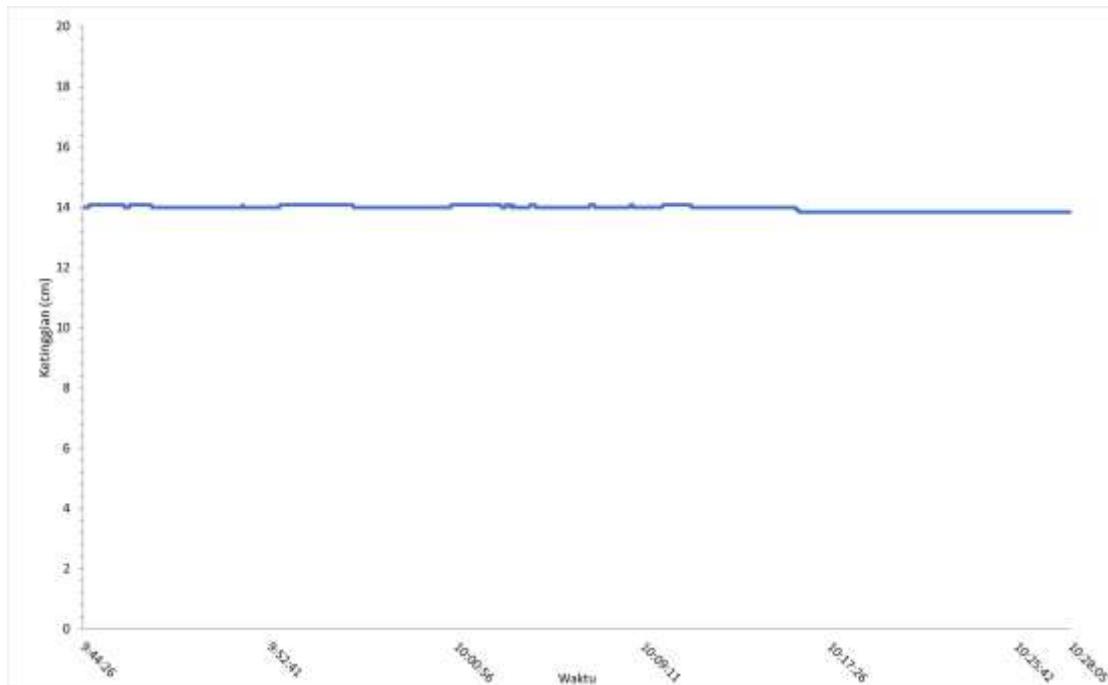


**Gambar 4. 23** Grafik aliran primer dan sekunder terhadap waktu

Pada Gambar 4. 23, dapat diketahui bahwa sistem dapat mengakuisisi data laju aliran pendingin primer, laju aliran pendingin pada HE tube dan HE plat. Dari hasil pengujian, aliran dari HE tube selalu menunjukkan nilai 0 L/m karena operasi selama pengujian menggunakan HE plat sehingga pompa sekunder tidak dinyalakan.

Dari hasil pengujian, aliran primer menunjukkan 604,09 L/m dan aliran pendingin sekunder menunjukkan 649,58 L/m. Terjadi fluktuasi pada aliran primer karena adanya perubahan debit akibat sistem demineralizer.

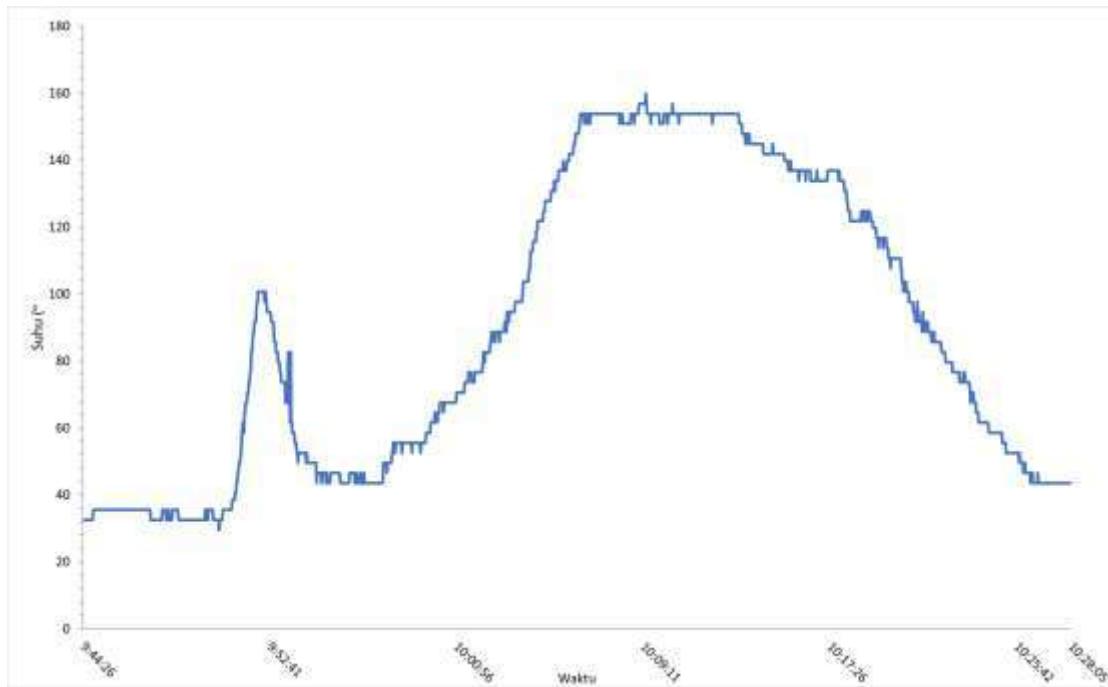
Pengujian *online* selanjutnya dilakukan pada sensor level ketinggian air tangki reaktor. Data hasil level ketinggian air tangki reaktor ditunjukan Gambar 4. 24.



**Gambar 4. 24** Grafik ketinggian air tangki terhadap waktu

Berdasarkan Gambar 4. 24, dapat diketahui bahwa sistem dapat mengakuisisi data level ketinggian air tangki reaktor. Selama pengujian, level air menunjukkan nilai tetap pada 13,83 cm karena tidak terjadi penambahan air pada tangki dan kecepatan sirkulasi air pendingin yang tetap. Terjadi fluktuasi ketinggian sebesar  $\pm 0,10$  cm karena adanya gelombang air ketika reaktor dioperasikan.

Sensor selanjutnya yang diamati selama pengujian *online* adalah sensor suhu bahan bakar. Dari pengujian, diperoleh grafik hubungan suhu bahan bakar terhadap waktu yang ditunjukkan pada Gambar 4. 25.



**Gambar 4. 25** Grafik suhu bahan bakar terhadap waktu

Berdasarkan Gambar 4. 25, diperoleh hasil bahwa sistem mampu mengakuisisi suhu bahan bakar sejak reaktor *start up*, tingkat daya dan *shutdown*. Dari data hasil pengujian diketahui bahwa suhu bahan bakar dipengaruhi oleh daya. Suhu bahan ketika *start up* menunjukkan suhu 32,50 °C, suhu tertinggi pada tingkat daya 100 KW adalah 159,89 °C. Suhu bahan bakar ketika reaktor sudah *shutdown* adalah 43,54 °C.

Berdasarkan hasil pengujian *online*, sistem akuisisi data dapat mengakuisisi 1588 data selama 1 jam operasi tanpa terjadi kehilangan data dan *error* dalam pengambilan data. Setiap data terakuisisi dengan baik dan *real-time* sesuai dengan kejadian pada reaktor serta tersimpan dalam database. Berdasarkan hasil tersebut, sistem akuisisi data dapat menyediakan data secara *reliable* untuk operasi reaktor Kartini saat digunakan sebagai IRL maupun NTC.

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

Berdasarkan hasil dari proses pengujian dan pengamatan kinerja keseluruhan sistem serta mengacu pada tujuan dari tugas akhir revitalisasi sistem akuisisi data reaktor Kartini untuk menunjang NTC dan IRL, maka dapat disimpulkan telah berhasil dilakukan revitalisasi sistem akuisisi data reaktor Kartini yang dapat menunjang NTC dan IRL dengan mengimplementasi cRIO-9076 sebagai komputer leher, penambahan komputer informasi dan komputer server serta perangkat lunak LabVIEW 2015 sebagai pengolah data dan informasi yang tersimpan dalam database MySQL yang dapat menyediakan data secara *real-time* yang ditunjukkan oleh waktu komputasi keseluruhan yang lebih kecil dari 3000 ms yaitu sebesar 1000 ms dan dapat menyediakan data secara *reliable* yang ditunjukkan oleh sistem yang dapat mengakuisisi data sebanyak 1588 data dalam 1 jam pengujian online tanpa terjadi *error* dan *dataloss*.

Sistem akuisisi data mengakuisisi data serial dengan menerima 53 karakter dengan *delay* 100 ms, akuisisi sensor suhu SIKA DiTemp menggunakan persamaan linier dengan korelasi 0,99, akuisisi sensor level ULT-11 menggunakan persamaan linier dengan korelasi 0,99, akuisisi dari Autonics TC persamaan linier dengan korelasi 1 dan akuisisi sensor aliran DTFXL-A11-NN menggunakan persamaan regresi dan menyimpan semua data pada database.

## 5.2 Saran

Pada penelitian yang sudah dilakukan ini, dapat dikembangkan dengan implementasi *isolated voltage converter* yang lebih baik, penambahan sensor suhu *inlet* dan *outlet* dari pendingin primer sehingga dapat melengkapi protokol pembelajaran, penambahan infromasi yang dikirimkan komputer proses untuk melengkapi parameter operasi untuk NTC dan IRL dan perbaikan gambar tampilan pipa pendingin pada komputer Informasi agar sesuai dengan kondisi sesungguhnya di reaktor Kartini.

## DAFTAR PUSTAKA

- ABIMANYU, A., SYARIP, S, E., WAGIRIN, GUNAWAN, D. & MARSUDI 2016. The Development of Kartini Reactor Data Acquisition System to Support Nuclear Training Centre (NTC).
- AUSTERLITZ, H. 2003. *Data Acquisition Techniques Using PCs*, USA, Academic Press.
- AUTONICS 2012. *Autonics TK Series Manual*, USA, Autonics.
- AXELSON, J. 2010. *Serial Port Complete: COM Ports, USB Virtual COM Ports, and Ports for Embedded Systems*, USA, Lakeview Research LLC.
- BADGER, M. 2012. *TFXL Clamp-On Ultrasonic Flow Meter for Liquid*, USA, Bedger Meter.
- BITTER, R., MOHIUDDIN, T. & NAWROCKI, M. 2007. *LabVIEW Advance Programming Technique*, USA, CRC Press.
- DWYER 2013. *Series ULT Spec-Installation and Operation Instructions*, USA, Dawyer Instruments.
- FOROUZAN, B. A. 2010. *TCP/IP Protocol Suite*, USA, McGraw-Hill.
- INSTRUMENT, N. 2015. *Datasheet NI 9205*, Austin, National Instrument.
- INSTRUMENTS, N. 2014. *NI cRIO-9076*, USA, National Instruments.
- J.RATAJ, L.SKLENKA & L.REISNER 2016. NEW DATA ACQUISITION SYSTEM FOR EXTENDED EDUCATION AND TRAINING AT VR-1 REACTOR.
- KBBI. 2017. *Arti kata Revitalisasi - Kamus Besar Bahasa Indonesia* [Online]. Available: <http://kbbi.web.id/revitalisasi> [Accessed 20 February 2017].
- LI, F., JI, X., LI, X. & ZHU, K. 2010. DAQ Architecture Design of Daya Bay Reactor Neutrino Experiment.
- MESQUITA, A. Z. & JUNIOR, H. C. R. E. F. M. 2005. DATA ACQUISITION SYSTEM FOR TRIGA MARK I NUCLEAR REACTOR AND A PROPOSAL FOR ITS AUTOMATIC OPERATION. International Nuclear Atlantic Conference - INAC, 2005 Brazil. Brazil: ABEN.
- PRAJITNO 2010. Analisis dan Pembuatan Perangkat Lunak untuk Pengoprasiian Reaktor Kartini. *Prosiding PPI - PDIPTN*.
- PSTA-BATAN 2012. *Laporan Analisis Keselamatan Reaktor Kartini*, Yogyakarta, BATAN.
- SCHWARTZ, B., ZAITSEV, P. & TKACHENKO, V. 2012. *High Performance MySQL*, USA, O'Reilly Media.
- SETIAWAN, W. 1998. *Diklat Supervisor Reaktor TRIGA*, Yogyakarta, Pusat Pendidikan dan Latihan Badan Tenaga Atom Nasional.
- SIKA 2012. *Elektronisches Digitalthermometer SIKA DiTemp*, Germany, SIKA.
- STANESCU, G. 2016. *Nuclear Training Center (CPSDN)* [Online]. Available: <http://cpsdn.nipne.ro> [Accessed 17 November 2016].
- SUHAEMI, T., DJ, D. D., K, I., S, J. & SETYONO. Evaluasi Keselamatan Reaktor Kartini Ditinjau dari Desain Sistem Instrumentasi. Persentasi Ilmiah Teknologi Keselamatan Nuklir, 2003 Yogyakarta. BATAN, 49-60.

- SUMALATHA & KUMAR, R. 2015. MOVEMENT DETECTION SYSTEM USING CRI0 AND LABVIEW. *Global Journal of Engineering Science and Research Management.*
- TIGLIOLE, B. D. & VYSHNIAUSKAS, J. RA-6 Online + IRL : An Effective Collaboration between CNEA and IAEA for the Development of a Research Reactor Education Remote Tool. European Research Reactor Conference, 2016 Berlin, Germany. 215.

## Lampiran 1

**Tabel pengujian akuisisi dan parsing data serial**

No	Data Serial	Proses	Data Hasil										Panjang data
			NP 1000	NLW-2	Period	BK safe	BK Shim	BK Reg	Status <i>Trip</i>	Waktu <i>Trip</i>	Tanggal <i>Trip</i>	Sumber <i>Trip</i>	
1	#0.0000.964-0.180.0070.003 0.006 hh:mm:ss dd/mm/yyyy !	Parsing	0.000	0.964	-0.18	0.007	0.003	0.006	0	hh:mm:ss	dd/mm/yyyy	0	53
		Konversi	0	1.23E-6	-104.6	0	0	0	0	No Trip	No Trip	0	53
2	#0.0000.989-0.120.0150.013 0.013 hh:mm:ss dd/mm/yyyy !	Parsing	0.000	0.989	-0.12	0.015	0.013	0.013	0	hh:mm:ss	dd/mm/yyyy	0	53
		Konversi	0	1.38E-6	-157	0	0	0	0	No Trip	No Trip	0	53
3	#0.0000.9870.2330.0070.017 0.034 hh:mm:ss dd/mm/yyyy !	Parsing	0.000	0.987	0.233	0.007	0.017	0.034	0	hh:mm:ss	dd/mm/yyyy	0	53
		Konversi	0	1.37E-6	80.8	0	0	1	0	No Trip	No Trip	0	53
4	#0.0000.979-0.020.0130.025 0.004 hh:mm:ss dd/mm/yyyy !	Parsing	0.000	0.979	-0.02	0.013	0.025	0.004	0	hh:mm:ss	dd/mm/yyyy	0	53
		Konversi	0	1.32E-6	-942	0	0	0	0	No Trip	No Trip	0	53
5	#0.0000.9860.1380.0030.013 0.013 hh:mm:ss dd/mm/yyyy !	Parsing	0.000	0.986	0.138	0.003	0.013	0.013	0	hh:mm:ss	dd/mm/yyyy	0	53
		Konversi	0	1.36E-6	136.5	0	0	0	0	No Trip	No Trip	0	53
6	#0.0000.974-0.220.0070.013 0.021 hh:mm:ss dd/mm/yyyy !	Parsing	0.000	0.974	-0.22	0.007	0.013	0.021	0	hh:mm:ss	dd/mm/yyyy	0	53
		Konversi	0	1.29E-6	-85.6	0	0	0	0	No Trip	No Trip	0	53
7	#0.0000.941-0.130.0030.015 0.015 hh:mm:ss dd/mm/yyyy !	Parsing	0.000	0.941	-0.13	0.003	0.015	0.015	0	hh:mm:ss	dd/mm/yyyy	0	53
		Konversi	0	1.11E-6	-144.9	0	0	0	0	No Trip	No Trip	0	53
8	#0.0000.948-0.110.0170.006 0.019 hh:mm:ss dd/mm/yyyy !	Parsing	0.000	0.948	-0.11	0.017	0.006	0.019	0	hh:mm:ss	dd/mm/yyyy	0	53
		Konversi	0	1.14E-6	-171.2	0	0	0	0	No Trip	No Trip	0	53

No	Data Serial	Proses	Data Hasil										Panjang Data
			NP 1000	NLW-2	Period	BK safe	BK Shim	BK Reg	Status <i>Trip</i>	Waktu <i>Trip</i>	Tanggal <i>Trip</i>	Sumber <i>Trip</i>	
9	#0.0000.9530.2820.0090.000 -0.00 hh:mm:ss dd/mm/yyyy !	Parsing	0.000	0.953	0.282	0.009	0.000	-0.00	0	hh:mm:ss	dd/mm/yyyy	0	53
		Konversi	0	1.17E-6	66.8	0	0	-0	0	No Trip	No Trip	0	53
10	#0.0000.9580.1390.0110.017 0.020 hh:mm:ss dd/mm/yyyy !	Parsing	0.000	0.958	0.139	0.011	0.017	0.020	0	hh:mm:ss	dd/mm/yyyy	0	53
		Konversi	0	1.20E-6	135.5	0	0	0	0	No Trip	No Trip	0	53
11	#0.0000.951-0.260.0140.017 0.018 hh:mm:ss dd/mm/yyyy !	Parsing	0.000	0.951	-0.26	0.014	0.017	0.018	0	hh:mm:ss	dd/mm/yyyy	0	53
		Konversi	0	1.16E-6	-72.4	0	0	0	0	No Trip	No Trip	0	53
12	#0.0000.9880.1010.0060.021 0.028 hh:mm:ss dd/mm/yyyy !	Parsing	0.000	0.988	0.101	0.006	0.021	0.028	0	hh:mm:ss	dd/mm/yyyy	0	53
		Konversi	0	1.38E-6	186.5	0	0	1	0	No Trip	No Trip	0	53
13	#0.0000.963-0.170.0060.019 0.019 hh:mm:ss dd/mm/yyyy !	Parsing	0.000	0.963	-0.17	0.006	0.019	0.019	0	hh:mm:ss	dd/mm/yyyy	0	53
		Konversi	0	1.23E-6	-110.8	0	0	0	0	No Trip	No Trip	0	53
14	#0.0001.124-0.080.0050.011 0.008 hh:mm:ss dd/mm/yyyy !	Parsing	0.000	1.124	-0.08	0.005	0.011	0.008	0	hh:mm:ss	dd/mm/yyyy	0	53
		Konversi	0	2.58E-6	-235.5	0	0	0	0	No Trip	No Trip	0	53
15	#0.0003.0240.0490.0120.048 0.014 hh:mm:ss dd/mm/yyyy !	Parsing	0.000	3.024	0.049	0.012	0.048	0.014	0	hh:mm:ss	dd/mm/yyyy	0	53
		Konversi	0	0.016	384.5	0	1	0	0	No Trip	No Trip	0	53
16	#0.0001.497-0.030.0140.015 0.012 hh:mm:ss dd/mm/yyyy !	Parsing	0.000	1.497	-0.03	0.014	0.015	0.012	0	hh:mm:ss	dd/mm/yyyy	0	53
		Konversi	0	1.43E-5	-628	0	0	0	0	No Trip	No Trip	0	53
17	#0.0001.148-2.400.0200.022 0.011 hh:mm:ss dd/mm/yyyy !	Parsing	0.000	1.148	-2.4	0.020	0.022	0.011	0	hh:mm:ss	dd/mm/yyyy	0	53
		Konversi	0	2.88E-6	-7.8	0	0	0	0	No Trip	No Trip	0	53
18	#0.0001.014-0.190.0050.011 0.015 hh:mm:ss dd/mm/yyyy !	Parsing	0.000	1.014	-0.19	0.005	0.011	0.015	0	hh:mm:ss	dd/mm/yyyy	0	53
		Konversi	0	1.55E-6	-99.1	0	0	0	0	No Trip	No Trip	0	53

No	Data Serial	Proses	Data Hasil											Panjang Data
			NP 1000	NLW-2	Period	BK safe	BK Shim	BK Reg	Status <i>Trip</i>	Waktu <i>Trip</i>	Tanggal <i>Trip</i>	Sumber <i>Trip</i>		
19	#0.0000.983-0.200.0140.329 0.005 hh:mm:ss dd/mm/yyyy !	Parsing	0.000	0.983	-0.2	0.014	0.329	0.005	0	hh:mm:ss	dd/mm/yyyy	0	53	
19	#0.0000.983-0.200.0140.329 0.005 hh:mm:ss dd/mm/yyyy !	Konversi	0	1.34E-6	-94.2	0	7	0	0	No Trip	No Trip	0	53	
20	#0.0000.995-0.320.0110.328 0.015 hh:mm:ss dd/mm/yyyy !	Parsing	0.000	0.995	-0.32	0.011	0.328	0.015	0	hh:mm:ss	dd/mm/yyyy	0	53	
20	#0.0000.995-0.320.0110.328 0.015 hh:mm:ss dd/mm/yyyy !	Konversi	0	1.42E-6	-58.8	0	7	0	0	No Trip	No Trip	0	53	
21	#0.0000.968-0.210.0090.339 0.014 hh:mm:ss dd/mm/yyyy !	Parsing	0.000	0.968	-0.21	0.009	0.339	0.014	0	hh:mm:ss	dd/mm/yyyy	0	53	
21	#0.0000.968-0.210.0090.339 0.014 hh:mm:ss dd/mm/yyyy !	Konversi	0	1.25E-6	-89.7	0	7	0	0	No Trip	No Trip	0	53	
22	#0.0000.9820.0190.0070.326 0.009 hh:mm:ss dd/mm/yyyy !	Parsing	0.000	0.982	0.019	0.007	0.326	0.009	0	hh:mm:ss	dd/mm/yyyy	0	53	
22	#0.0000.9820.0190.0070.326 0.009 hh:mm:ss dd/mm/yyyy !	Konversi	0	1.34E-6	991.6	0	7	0	0	No Trip	No Trip	0	53	
23	#0.0000.9950.1130.0190.010 0.020 hh:mm:ss dd/mm/yyyy !	Parsing	0.000	0.995	0.113	0.019	0.010	0.020	0	hh:mm:ss	dd/mm/yyyy	0	53	
23	#0.0000.9950.1130.0190.010 0.020 hh:mm:ss dd/mm/yyyy !	Konversi	0	1.42E-6	166.7	0	0	0	0	No Trip	No Trip	0	53	
24	#0.0000.984-0.090.0110.015 0.008 hh:mm:ss dd/mm/yyyy !	Parsing	0.000	0.984	-0.09	0.011	0.015	0.008	0	hh:mm:ss	dd/mm/yyyy	0	53	
24	#0.0000.984-0.090.0110.015 0.008 hh:mm:ss dd/mm/yyyy !	Konversi	0	1.35E-6	-209.3	0	0	0	0	No Trip	No Trip	0	53	
25	#0.0000.968-0.140.0070.020 0.004 hh:mm:ss dd/mm/yyyy !	Parsing	0.000	0.968	-0.14	0.007	0.020	0.004	0	hh:mm:ss	dd/mm/yyyy	0	53	
25	#0.0000.968-0.140.0070.020 0.004 hh:mm:ss dd/mm/yyyy !	Konversi	0	1.25E-6	-134.5	0	0	0	0	No Trip	No Trip	0	53	
26	#0.0000.959-0.100.0060.014 0.012 hh:mm:ss dd/mm/yyyy !	Parsing	0.000	0.959	-0.10	0.006	0.014	0.012	0	hh:mm:ss	dd/mm/yyyy	0	53	
26	#0.0000.959-0.100.0060.014 0.012 hh:mm:ss dd/mm/yyyy !	Konversi	0	1.20E-6	-188.4	0	0	0	0	No Trip	No Trip	0	53	
27	#0.0000.956-0.110.0070.027 0.002 hh:mm:ss dd/mm/yyyy !	Parsing	0.000	0.956	-0.11	0.007	0.027	0.002	0	hh:mm:ss	dd/mm/yyyy	0	53	
27	#0.0000.956-0.110.0070.027 0.002 hh:mm:ss dd/mm/yyyy !	Konversi	0	1.19E-6	-171.2	0	1	0	0	No Trip	No Trip	0	53	
28	#0.0000.958-0.120.0160.000 0.014 hh:mm:ss dd/mm/yyyy !	Parsing	0.000	0.958	-0.12	0.000	0.014	0.000	0	hh:mm:ss	dd/mm/yyyy	0	53	
28	#0.0000.958-0.120.0160.000 0.014 hh:mm:ss dd/mm/yyyy !	Konversi	0	1.20E-6	-157	0	0	0	0	No Trip	No Trip	0	53	

No	Data Serial	Proses	Data Hasil											Panjang Data
			NP 1000	NLW-2	Period	BK safe	BK Shim	BK Reg	Status <i>Trip</i>	Waktu <i>Trip</i>	Tanggal <i>Trip</i>	Sumber <i>Trip</i>		
29	#0.0000.961-0.060.0210.017 0.021 hh:mm:ss dd/mm/yyyy !	Parsing	0.000	0.961	-0.06	0.021	0.017	0.021	0	hh:mm:ss	dd/mm/yyyy	0	53	
	Konversi	0	1.21E-6	-314	0	0	0	0	No Trip	No Trip	No Trip	0	53	
30	#0.0000.9790.0210.0890.045 0.024 hh:mm:ss dd/mm/yyyy !	Parsing	0.000	0.979	0.021	0.089	0.045	0.024	0	hh:mm:ss	dd/mm/yyyy	0	53	
	Konversi	0	1.32E-6	897.2	2	1	0	0	No Trip	No Trip	No Trip	0	53	
31	#0.0001.0210.0770.1020.141 0.278 hh:mm:ss dd/mm/yyyy !	Parsing	0.000	1.021	0.077	0.102	0.141	0.278	0	hh:mm:ss	dd/mm/yyyy	0	53	
	Konversi	0	1.60E-6	244.6	2	3	6	0	No Trip	No Trip	No Trip	0	53	
32	#0.0000.981-0.400.1020.149 0.260 hh:mm:ss dd/mm/yyyy !	Parsing	0.000	0.981	-0.40	0.102	0.149	0.260	0	hh:mm:ss	dd/mm/yyyy	0	53	
	Konversi	0	1.33E-6	-47.1	2	3	5	0	No Trip	No Trip	No Trip	0	53	
33	#0.0003.1384.9980.0310.158 0.018 09:48:57 02/06/2017 1	Parsing	0.000	3.138	4.998	0.031	0.158	0.018	1	09:48:57	02/06/2017	1	53	
	Konversi	0	0.027	3.7	1	3	0	1	09:48:57	02/06/2017	09:48:57	1	53	
34	#0.0000.976-2.810.0030.147 0.014 09:48:57 02/06/2017 1	Parsing	0.000	0.976	-2.81	0.003	0.147	0.014	1	09:48:57	02/06/2017	1	53	
	Konversi	0	1.30E-6	-6.7	0	3	0	1	09:48:57	02/06/2017	09:48:57	1	53	
35	#0.0000.989-0.230.0010.000 0.008 09:48:57 02/06/2017 1	Parsing	0.000	0.989	-0.23	0.001	0.000	0.008	1	09:48:57	02/06/2017	1	53	
	Konversi	0	1.38E-6	-81.9	0	0	0	1	09:48:57	02/06/2017	09:48:57	1	53	
36	#0.0001.0020.5290.0090.004 -0.00 09:48:57 02/06/2017 1	Parsing	0.000	1.002	0.529	0.009	0.004	-0.00	1	09:48:57	02/06/2017	1	53	
	Konversi	0	1.47E-6	35.6	0	0	-0	1	09:48:57	02/06/2017	09:48:57	1	53	
37	#0.0000.9930.1630.1480.051 0.01 09:48:57 02/06/2017 1	Parsing	0.000	0.993	0.163	0.148	0.051	0.015	1	09:48:57	02/06/2017	1	53	
	Konversi	0	1.41E-6	115.5	3	1	0	1	09:48:57	02/06/2017	09:48:57	1	53	
38	#0.0001.011-0.550.2340.262 0.254 09:48:57 02/06/2017 1	Parsing	0.000	1.011	-0.55	0.234	0.262	0.254	1	09:48:57	02/06/2017	1	53	
	Konversi	0	1.53E-6	-34.2	5	5	5	1	09:48:57	02/06/2017	09:48:57	1	53	

No	Data Serial	Proses	Data Hasil										Panjang Data
			NP 1000	NLW-2	Period	BK safe	BK Shim	BK Reg	Status <i>Trip</i>	Waktu <i>Trip</i>	Tanggal <i>Trip</i>	Sumber <i>Trip</i>	
39	#0.0001.071-0.370.2500.261	Parsing	0.000	1.071	-0.37	0.25	0.261	0.255	1	09:48:57	02/06/2017	1	53
	0.255 09:48:57 02/06/2017 1	Konversi	0	2.02E-6	-50.9	5	5	5	1	09:48:57	02/06/2017	1	53
40	#0.0001.016-0.360.0070.014	Parsing	0.000	1.016	-0.36	0.007	0.014	0.002	1	09:48:57	02/06/2017	1	53
	0.002 09:48:57 02/06/2017 1	Konversi	0	1.57E-6	-52.3	0	0	0	1	09:48:57	02/06/2017	1	53
41	#0.0000.994-0.130.0080.014	Parsing	0.000	0.994	-0.13	0.008	0.014	0.020	1	09:48:57	02/06/2017	1	53
	0.020 09:48:57 02/06/2017 1	Konversi	0	1.41E-6	-144.9	0	0	0	1	09:48:57	02/06/2017	1	53
42	#0.0000.997-0.080.0090.013	Parsing	0.000	0.997	-0.08	0.009	0.013	0.008	1	09:48:57	02/06/2017	1	53
	0.008 09:48:57 02/06/2017 1	Konversi	0	1.43E-6	-235.5	0	0	0	1	09:48:57	02/06/2017	1	53
43	#0.0000.973-0.480.0090.013	Parsing	0.000	0.973	-0.48	0.009	0.013	0.012	1	09:48:57	02/06/2017	1	53
	0.012 09:48:57 02/06/2017 1	Konversi	0	1.28E-6	-39.2	0	0	0	1	09:48:57	02/06/2017	1	53
44	#0.0000.966-0.070.0010.013	Parsing	0.000	0.966	-0.07	0.001	0.013	0.016	1	09:48:57	02/06/2017	1	53
	0.016 09:48:57 02/06/2017 1	Konversi	0	1.24E-6	-269.1	0	0	0	1	09:48:57	02/06/2017	1	53
45	#0.0000.991-0.140.0130.015	Parsing	0.000	0.991	-0.14	0.013	0.015	0.015	1	09:48:57	02/06/2017	1	53
	0.015 09:48:57 02/06/2017 1	Konversi	0	1.39E-6	-134.5	0	0	0	1	09:48:57	02/06/2017	1	53
46	#0.0000.9920.0240.0150.017	Parsing	0.000	0.992	0.024	0.015	0.017	0.018	1	09:48:57	02/06/2017	1	53
	0.018 09:48:57 02/06/2017 1	Konversi	0	1.40E-6	785	0	0	0	1	09:48:57	02/06/2017	1	53
47	#0.0001.0140.1050.0090.029	Parsing	0.000	1.014	0.105	0.009	0.029	0.015	1	09:48:57	02/06/2017	1	53
	0.015 09:48:57 02/06/2017 1	Konversi	0	1.55E-6	179.4	0	1	0	1	09:48:57	02/06/2017	1	53
48	#0.0000.981-0.030.0010.014	Parsing	0.000	0.981	-0.03	0.001	0.014	0.011	1	09:48:57	02/06/2017	1	53
	0.011 09:48:57 02/06/2017 1	Konversi	0	1.33E-6	-628	0	0	0	1	09:48:57	02/06/2017	1	53

No	Data Serial	Proses	Data Hasil										Panjang Data
			NP 1000	NLW-2	Period	BK <i>safe</i>	BK <i>Shim</i>	BK <i>Reg</i>	Status <i>Trip</i>	Waktu <i>Trip</i>	Tanggal <i>Trip</i>	Sumber <i>Trip</i>	
49	#0.0000.9840.0950.0090.017 0.018 09:48:57 02/06/2017 1	Parsing	0.000	0.984	0.095	0.009	0.017	0.018	1	09:48:57	02/06/2017	1	53
		Konversi	0	1.35E-6	198.3	0	0	0	1	09:48:57	02/06/2017	1	53
50	#0.0000.9950.2010.0090.002 0.014 09:48:57 02/06/2017 1	Parsing	0.000	0.995	0.201	0.009	0.002	0.014	1	09:48:57	02/06/2017	1	53
		Konversi	0	1.42E-6	93.7	0	0	0	1	09:48:57	02/06/2017	1	53

## Lampiran 2

### Hasil pengujian akuisisi data sensor

**Tabel 1** Hasil pengujian akuisisi sensor SIKA DiTemp

Menit	Tegangan (V)					Suhu (°C)				
	In HE Tube	In HE plat	Suhu ATR	Out HE plat	Out HE Tube	In HE Tube	In HE plat	Suhu ATR	Out HE plat	Out HE Tube
1	1.96	1.89	2.06	1.94	1.97	28.071	25.965	31.079	27.469	28.371
2	1.96	1.89	2.03	1.94	1.97	28.071	25.965	30.176	27.469	28.371
3	1.96	1.89	2.03	1.94	1.97	28.071	25.965	30.176	27.469	28.371
4	1.96	1.89	2.03	1.94	1.97	28.071	25.965	30.176	27.469	28.371
5	1.96	1.89	2.06	1.94	1.97	28.071	25.965	31.079	27.469	28.371
6	1.96	1.89	2.06	1.94	1.97	28.071	25.965	31.079	27.469	28.371
7	1.96	1.89	2.05	1.94	1.97	28.071	25.965	30.778	27.469	28.371
8	1.96	1.89	2.04	1.94	1.97	28.071	25.965	30.477	27.469	28.371
9	1.96	1.89	2.06	1.94	1.97	28.071	25.965	31.079	27.469	28.371
10	1.96	1.89	2.05	1.94	1.97	28.071	25.965	30.778	27.469	28.371
11	1.96	1.89	2.05	1.94	1.97	28.071	25.965	30.778	27.469	28.371
12	1.96	1.89	2.05	1.94	1.97	28.071	25.965	30.778	27.469	28.371
13	1.96	1.89	2.06	1.94	1.97	28.071	25.965	31.079	27.469	28.371
14	1.96	1.89	2.06	1.94	1.97	28.071	25.965	31.079	27.469	28.371
15	1.96	1.89	2.06	1.94	1.97	28.071	25.965	31.079	27.469	28.371
16	1.96	1.89	2.05	1.94	1.97	28.071	25.965	30.778	27.469	28.371
17	1.96	1.89	2.06	1.94	1.97	28.071	25.965	31.079	27.469	28.371
18	1.96	1.89	2.06	1.94	1.97	28.071	25.965	31.079	27.469	28.371
19	1.96	1.89	2.05	1.94	1.97	28.071	25.965	30.778	27.469	28.371
20	1.96	1.89	2.06	1.94	1.97	28.071	25.965	31.079	27.469	28.371
21	1.96	1.89	2.06	1.94	1.97	28.071	25.965	31.079	27.469	28.371
22	1.96	1.89	2.05	1.94	1.97	28.071	25.965	30.778	27.469	28.371
23	1.96	1.89	2.05	1.94	1.97	28.071	25.965	30.778	27.469	28.371
24	1.96	1.89	2.07	1.94	1.97	28.071	25.965	31.38	27.469	28.371
25	1.96	1.89	2.08	1.94	1.97	28.071	25.965	31.68	27.469	28.371
26	1.96	1.89	2.08	1.94	1.97	28.071	25.965	31.68	27.469	28.371
27	1.96	1.89	2.08	1.94	1.97	28.071	25.965	31.68	27.469	28.371
28	1.96	1.89	2.08	1.94	1.97	28.071	25.965	31.68	27.469	28.371
29	1.96	1.89	2.07	1.94	1.97	28.071	25.965	31.38	27.469	28.371
30	1.96	1.89	2.08	1.94	1.97	28.071	25.965	31.68	27.469	28.371

**Tabel 2** Hasil pengujian sensor aliran DTFXL-A11-NN

Menit	tegangan			Suhu		
	Out HE plat	Out HE Tube	Primary	Out HE plat	Out HE Tube	Primary
1	2.49	4.93	2.02	643.832	1692.703	441.832
2	2.49	4.94	2.01	645.749	1696.999	439.336
3	2.50	4.94	2.01	649.581	1696.999	439.336
4	2.50	4.93	2.38	647.665	1692.703	596.598
5	2.51	4.93	2.40	651.497	1692.703	606.583
6	2.50	4.94	2.39	649.581	1696.999	601.59
7	2.50	4.94	2.40	649.581	1696.999	604.087
8	2.50	4.95	2.40	649.581	1701.295	604.087
9	2.49	4.94	2.40	643.832	1696.999	606.583
10	2.50	4.95	2.41	647.665	1701.295	611.575
11	2.50	4.94	2.41	647.665	1696.999	611.575
12	2.50	4.93	2.41	649.581	1692.703	609.079
13	2.50	4.93	2.42	649.581	1692.703	614.072
14	2.49	4.94	2.41	645.749	1696.999	611.575
15	2.50	4.94	2.41	647.665	1696.999	609.079
16	2.50	4.94	2.40	647.665	1696.999	606.583
17	2.49	4.94	2.41	645.749	1696.999	609.079
18	2.49	4.96	2.40	645.749	1705.591	606.583
19	2.50	4.94	2.41	647.665	1696.999	609.079
20	2.50	4.94	2.41	649.581	1696.999	609.079
21	2.51	4.94	2.41	651.497	1696.999	611.575
22	2.50	4.94	2.40	649.581	1696.999	606.583
23	2.51	4.94	2.41	653.413	1696.999	609.079
24	2.50	4.93	2.41	647.665	1692.703	609.079
25	2.51	4.95	2.41	651.497	1701.295	609.079
26	2.50	4.94	2.41	649.581	1696.999	609.079
27	2.51	4.94	2.40	651.497	1696.999	606.583
28	2.50	4.94	2.40	649.581	1696.999	606.583
29	2.50	4.94	2.40	649.581	1696.999	606.583
30	2.50	4.94	2.40	647.665	1696.999	606.583

**Tabel 3** Hasil pengujian sensor ketinggian air tangki reaktor

Menit	Tegangan (V)	Level (cm)
1	4.45	8.081
2	4.45	8.081
3	4.45	8.081
4	4.45	8.081
5	4.45	8.081
6	4.45	8.081
7	4.45	8.081
8	4.45	8.081
9	4.45	8.081
10	4.45	8.081
11	4.45	8.081
12	4.45	8.081
13	4.45	8.081
14	4.45	8.081
15	4.45	8.081
16	4.45	8.081
17	4.45	8.081
18	4.45	8.081
19	4.45	8.081
20	4.45	8.081
21	4.45	8.081
22	4.45	8.081
23	4.45	8.081
24	4.45	8.081
25	4.45	8.081
26	4.45	8.081
27	4.45	8.081
28	4.45	8.081
29	4.45	8.081
30	4.45	8.081

**Tabel 4** Hasil pengujian sensor suhu bahan bakar

Menit	Tegangan (V)	Suhu (°C)
1	2.10	132.438
2	2.10	132.438
3	2.10	132.438
4	2.10	132.438
5	2.10	132.438
6	2.10	132.438
7	2.10	132.438
8	2.10	132.438
9	2.10	132.438
10	2.10	132.438
11	2.10	132.438
12	2.10	132.438
13	2.09	129.428
14	2.09	129.428
15	2.10	132.438
16	2.10	132.438
17	2.10	132.438
18	2.09	129.428
19	2.09	129.428
20	2.09	129.428
21	2.09	129.428
22	2.10	132.438
23	2.10	132.438
24	2.09	129.428
25	2.10	132.438
26	2.10	132.438
27	2.10	132.438
28	2.10	132.438
29	2.10	132.438
30	2.10	132.438

### **Lampiran 3**

**Tabel pengujian waktu komputasi**

No	Waktu Akuisisi	Waktu Komputasi
1	2017-06-02 10:15:59	1000
2	2017-06-02 10:16:00	1000
3	2017-06-02 10:16:02	1000
4	2017-06-02 10:16:03	1000
5	2017-06-02 10:16:05	1001
6	2017-06-02 10:16:07	1001
7	2017-06-02 10:16:08	1000
8	2017-06-02 10:16:10	1000
9	2017-06-02 10:16:12	1000
10	2017-06-02 10:16:13	1000
11	2017-06-02 10:16:15	1001
12	2017-06-02 10:16:17	1000
13	2017-06-02 10:16:18	1000
14	2017-06-02 10:16:20	1000
15	2017-06-02 10:16:22	1000
16	2017-06-02 10:16:23	1000
17	2017-06-02 10:16:25	1000
18	2017-06-02 10:16:27	1000
19	2017-06-02 10:16:28	1000
20	2017-06-02 10:16:30	1001
21	2017-06-02 10:16:31	1000
22	2017-06-02 10:16:33	1000
23	2017-06-02 10:16:35	1000
24	2017-06-02 10:16:36	1000
25	2017-06-02 10:16:38	1001
26	2017-06-02 10:16:40	1000
27	2017-06-02 10:16:41	1000
28	2017-06-02 10:16:43	1001
29	2017-06-02 10:16:45	1000
30	2017-06-02 10:16:46	1000
31	2017-06-02 10:16:48	1001
32	2017-06-02 10:16:50	1000
33	2017-06-02 10:16:51	1000
34	2017-06-02 10:16:53	1000
35	2017-06-02 10:16:55	1000
36	2017-06-02 10:16:56	1000
37	2017-06-02 10:16:58	1000

No	Waktu Akuisisi	Waktu Komputasi
38	2017-06-02 10:17:00	1000
39	2017-06-02 10:17:01	1001
40	2017-06-02 10:17:03	1000
41	2017-06-02 10:17:04	1000
42	2017-06-02 10:17:06	1000
43	2017-06-02 10:17:08	1000
44	2017-06-02 10:17:09	1000
45	2017-06-02 10:17:11	1000
46	2017-06-02 10:17:13	1000
47	2017-06-02 10:17:14	1000
48	2017-06-02 10:17:16	1000
49	2017-06-02 10:17:18	1000
50	2017-06-02 10:17:19	1000

## Lampiran 4

**Tabel 1** Data pengujian sensor Mercoid ULT-11

No	Tegangan (V)	Level (mm)
1	4.96	209.67
2	4.92	215.33
3	4.81	222.00
4	4.76	226.00
5	4.65	234.33
6	4.59	239.67
7	4.51	245.33
8	4.48	248.00
9	4.41	254.00
10	4.35	258.67
11	4.28	263.67
12	4.18	270.67
13	4.13	275.33
14	4.07	280.00
15	3.99	286.00
16	3.93	291.33
17	3.89	294.00
18	3.80	301.33
19	3.72	307.67
20	3.65	312.67
21	3.61	315.67
22	3.55	320.67
23	3.47	326.33
24	3.37	333.67
25	3.35	336.00
26	3.27	342.00
27	3.21	347.00
28	3.16	351.00
29	3.11	355.00
30	3.01	361.33
31	2.98	364.67
32	2.91	370.00
33	2.84	376.33
34	2.75	383.00
35	2.71	386.00
36	2.65	390.67
37	2.58	395.33
38	2.51	401.33
39	2.45	406.00
40	2.46	410.67
41	2.31	416.33
42	2.23	423.00
43	2.19	426.00
44	2.14	430.33
45	2.07	435.00
46	2.00	441.00
47	1.93	446.00
48	1.88	450.00

No	Tegangan (V)	Level (mm)
49	1.81	455.67
50	1.72	462.33
51	1.68	465.67
52	1.61	471.00
53	1.54	475.67
54	1.50	478.67
55	1.43	485.33
56	1.34	493.00
57	1.30	495.00
58	1.21	501.67
59	1.14	507.67
60	1.06	513.67

**Tabel 2** Pengujian sensor SIKA DiTemp D-34260

No	Tegangan (V)	Suhu (°C)
1	1.203	6
2	1.221	6.5
3	1.251	7
4	1.271	7.5
5	1.288	8
6	1.294	8.6
7	1.313	9
8	1.325	9.5
9	1.341	10
10	1.35	10.5
11	1.39	11
12	1.42	11.5
13	1.438	12
14	1.441	12.5
15	1.459	13
16	1.466	13.5
17	1.477	14
18	1.485	14.5
19	1.525	15
20	1.548	15.5
21	1.565	16
22	1.579	16.5
23	1.594	17
24	1.608	17.5
25	1.633	18
26	1.649	18.5
27	1.666	19
28	1.679	19.5
29	1.681	20
30	1.697	20.5
31	1.729	21
32	1.749	21.5
33	1.767	22
34	1.783	22.5
35	1.809	23
36	1.823	23.5
37	1.837	24
38	1.848	24.5
39	1.858	25
40	1.88	25.5

No	Tegangan (V)	Suhu (°C)
41	1.895	26
42	1.916	26.5
43	1.932	27
44	1.948	27.5
45	1.97	28
46	1.982	28.5
47	1.995	29
48	2.021	29.5
49	2.029	30
50	2.033	30.5
51	2.036	31
52	2.071	31.5
53	2.097	32
54	2.118	32.5
55	2.124	33
56	2.139	33.5
57	2.146	34
58	2.167	34.5
59	2.185	35
60	2.21	35.5
61	2.225	36
62	2.232	36.5
63	2.242	37
64	2.251	37.5
65	2.276	38
66	2.297	38.5
67	2.32	39
68	2.345	39.5
69	2.36	40
70	2.381	40.5
71	2.395	41
72	2.414	41.5
73	2.435	42
74	2.443	42.5
75	2.46	43
76	2.478	43.5
77	2.493	44
78	2.507	44.5
79	2.522	45
80	2.534	45.5
81	2.552	46

No	Tegangan (V)	Suhu (°C)
82	2.575	46.5
83	2.587	47
84	2.6	47.5
85	2.62	48
86	2.643	48.5
87	2.664	49
88	2.684	49.5
89	2.698	50
90	2.708	50.5
91	2.719	51
92	2.728	51.5
93	2.743	52
94	2.77	52.5
95	2.794	53
96	2.815	53.5
97	2.841	54
98	2.857	54.5
99	2.867	55
100	2.881	55.5
101	2.892	56
102	2.903	56.5
103	2.92	57
104	2.933	57.5
105	2.959	58
106	2.973	58.5
107	2.995	59
108	3.002	59.5
109	3.032	60
110	3.047	60.5
111	3.06	61
112	3.082	61.5
113	3.102	62
114	3.115	62.5
115	3.124	63
116	3.135	63.5
117	3.155	64
118	3.166	64.5
119	3.185	65
120	3.208	65.5
121	3.23	66
122	3.254	66.5

No	Tegangan (V)	Suhu (°C)
123	3.273	67
124	3.279	67.5
125	3.288	68
126	3.304	68.5
127	3.315	69
128	3.341	69.5
129	3.364	70
130	3.4	70.5
131	3.41	71
132	3.42	71.5
133	3.439	72
134	3.444	72.5
135	3.458	73
136	3.467	73.5
137	3.475	74
138	3.493	74.5
139	3.515	75
140	3.55	75.5
141	3.57	76
142	3.58	76.5
143	3.594	77
144	3.596	77.5
145	3.603	78
146	3.61	78.5
147	3.629	79
148	3.666	79.5
149	3.682	80
150	3.691	80.5
151	3.71	81
152	3.725	81.5
153	3.745	82
154	3.753	82.5
155	3.78	83
156	3.803	83.5
157	3.817	84
158	3.839	84.5
159	3.86	85
160	3.891	85.5
161	3.908	86
162	3.928	86.5
163	3.937	87

No	Tegangan (V)	Suhu (°C)
164	3.944	87.5
165	3.96	88
166	3.985	88.5
167	3.993	89
168	3.999	89.5
169	4.013	90
170	4.017	90.5
171	4.036	91
172	4.053	91.5
173	4.081	92
174	4.077	92.5
175	4.099	93
176	4.118	93.5
177	4.15	94
178	4.167	94.5
179	4.188	95
180	4.192	95.5
181	4.208	96
182	4.232	96.5
183	4.238	97
184	4.248	97.5
185	4.258	98
186	4.279	98.5

**Tabel 3** Pengujian Autonics TC

No	Tegangan (V)	Suhu (°C)
1	1.748	26.5
2	1.75	27
3	1.751	27.5
4	1.753	28
5	1.754	28.5
6	1.756	29
7	1.758	29.5
8	1.76	30
9	1.762	30.5
10	1.763	31
11	1.765	31.5
12	1.766	32
13	1.768	32.5
14	1.769	33
15	1.771	33.5
16	1.773	34
17	1.775	34.5
18	1.776	35
19	1.778	35.5
20	1.78	36
21	1.781	36.5
22	1.783	37
23	1.785	37.5
24	1.786	38
25	1.788	38.5
26	1.789	39
27	1.791	39.5
28	1.793	40
29	1.795	40.5
30	1.796	41
31	1.798	41.5
32	1.8	42
33	1.801	42.5
34	1.803	43
35	1.805	43.5
36	1.806	44
37	1.808	44.5
38	1.809	45
39	1.811	45.5
40	1.813	46

No	Tegangan (V)	Suhu (°C)
41	1.815	46.5
42	1.816	47
43	1.818	47.5
44	1.819	48
45	1.821	48.5
46	1.822	49
47	1.824	49.5
48	1.826	50
49	1.828	50.5
50	1.83	51
51	1.831	51.5
52	1.832	52
53	1.834	52.5
54	1.836	53
55	1.837	53.5
56	1.839	54
57	1.841	54.5
58	1.843	55
59	1.844	55.5
60	1.846	56
61	1.848	56.5
62	1.849	57
63	1.851	57.5
64	1.853	58
65	1.855	58.5
66	1.856	59
67	1.858	59.5
68	1.859	60
69	1.861	60.5
70	1.863	61
71	1.865	61.5
72	1.866	62
73	1.868	62.5
74	1.87	63
75	1.871	63.5
76	1.873	64
77	1.875	64.5
78	1.876	65
79	1.878	65.5
80	1.88	66
81	1.881	66.5

No	Tegangan (V)	Suhu (°C)
82	1.883	67
83	1.884	67.5
84	1.886	68
85	1.888	68.5
86	1.89	69
87	1.891	69.5
88	1.893	70
89	1.894	70.5
90	1.896	71
91	1.898	71.5
92	1.899	72
93	1.901	72.5
94	1.902	73
95	1.904	73.5
96	1.906	74
97	1.908	74.5
98	1.909	75
99	1.91	75.5
100	1.913	76
101	1.914	76.5
102	1.916	77
103	1.918	77.5
104	1.919	78
105	1.921	78.5
106	1.923	79
107	1.924	79.5
108	1.925	80
109	1.927	80.5
110	1.929	81
111	1.931	81.5
112	1.932	82
113	1.934	82.5
114	1.936	83
115	1.937	83.5
116	1.939	84
117	1.94	84.5
118	1.942	85
119	1.944	85.5
120	1.946	86
121	1.948	86.5
122	1.949	87

No	Tegangan (V)	Suhu (°C)
123	1.951	87.5
124	1.952	88
125	1.954	88.5
126	1.955	89
127	1.957	89.5
128	1.958	90
129	1.961	90.5
130	1.963	91
131	1.964	91.5
132	1.966	92
133	1.967	92.5
134	1.969	93
135	1.971	93.5
136	1.972	94
137	1.974	94.5
138	1.976	95
139	1.977	95.5
140	1.979	96
141	1.98	96.5
142	1.982	97
143	1.984	97.5
144	1.986	98
145	1.987	98.5
146	1.989	99
147	1.991	99.5
148	1.992	100

**Tabel 4** Pengujian Dynasonic DTFXL-A11-NN

No	Tegangan Off (V)	Tegangan On (V)	Flow Off (L/m)	Flow On (L/m)
1	0.999	4.93	0	1692.703
2	0.998	4.94	0	1696.999
3	0.999	4.94	0	1696.999
4	0.999	4.94	0	1696.999
5	0.999	4.94	0	1696.999
6	0.998	4.94	0	1696.999
7	0.998	4.93	0	1692.703
8	0.999	4.94	0	1696.999
9	0.999	4.94	0	1696.999
10	0.998	4.94	0	1696.999

## Lampiran 5

**Tabel 1** Pengujian data serial terhadap baudrate

No	Baudrate (bps)	Data Serial Diterima	Panjang Data
1	9600	µYxy	4
2	14400	„„„„	6
3	19200	Â!a#)aaa+ÿ	10
4	28800	!1¥_1!_Ö!1±Ð	12
5	38400	8•pâbáàpax ðpñàfý	17
6	56000	!ÈÈ`¥HI½JŠjNŠ • þ	24
7	57600	!ÈHJÉJŠjNŠ • þ	26
8	115200	#0.0000.050-0.000.0120.0170.023 13:37:06 26/05/2017 1	53
9	128000	cpNpppp^pup pnpppnppvpNpqyp^pquüqszswzpvürv_pu Orpqwüq	53

**Tabel 2** Pengujian Data serial terhadap *delay loop*

No	Delay Loop (ms)	Data diterima	Panjang Data
1	50	#0.0000.9950.1130.0190.	28
2	100	#0.0000.9950.1130.0190.0100.020 hh:mm:ss dd/mm/yyyy !	55
3	150	#0.0000.9950.1130.0190.0100.020 hh:mm:ss dd/mm/yyyy !	88
4	200	#0.0000.9950.1130.0190.0100.020 hh:mm:ss dd/mm/yyyy !	110
5	250	#0.0000.9950.1130.0190.0100.020 hh:mm:ss dd/mm/yyyy !	137
6	300	#0.0000.9950.1130.0190.0100.020 hh:mm:ss dd/mm/yyyy !	165
7	400	#0.0000.9950.1130.0190.0100.020 hh:mm:ss dd/mm/yyyy !	220
8	500	#0.0000.9950.1130.0190.0100.020 hh:mm:ss dd/mm/yyyy !	275
9	1000	#0.0000.9950.1130.0190.0100.020 hh:mm:ss dd/mm/yyyy !	550
10	1500	#0.0000.9950.1130.0190.0100.020 hh:mm:ss dd/mm/yyyy !	825

## Lampiran 6

Tabel Database Pengujian Online

id	dtime	htime	ctime	NP-1000	NLW-2	period	safe	shim	reg	Trip stat	triptime	tripdate	Trip param	Intube temp	Inplat temp	Atr temp	Outplat temp	Outtube temp	Outplat flow	Outtube flow	Prim flow	Atr level	Ife temp	opstat
33271	2017-06-07 09:44:26	07/06/2017 09:43:04.893	1000.000	0	1.9E-06	-42.821	0	0	0	1	09:27:33	07/06/2017	1	27.469	24.762	26.867	25.664	28.071	647.665	0	604.087	13.989	32.5	Start Up
33272	2017-06-07 09:44:28	07/06/2017 09:43:06.701	1000.000	0	0.000002	459.545	1	0	0	1	09:27:33	07/06/2017	1	27.469	24.762	26.867	25.664	28.071	647.665	0	601.59	13.989	32.5	Start Up
33273	2017-06-07 09:44:29	07/06/2017 09:43:08.343	1000.000	0	1.9E-06	-942.068	4	0	0	1	09:27:33	07/06/2017	1	27.469	24.762	26.867	25.664	28.071	647.665	0	601.59	13.989	32.5	Start Up
33274	2017-06-07 09:44:31	07/06/2017 09:43:09.992	1000.000	0	2.1E-06	554.158	6	0	0	1	09:27:33	07/06/2017	1	27.469	24.762	26.867	25.664	28.071	649.581	0	601.59	13.989	32.5	Start Up
33275	2017-06-07 09:44:32	07/06/2017 09:43:11.643	1000.000	0	2.1E-06	71.369	9	1	0	1	09:27:33	07/06/2017	1	27.469	24.762	26.867	25.664	28.071	647.665	0	604.087	13.989	32.5	Start Up
33276	2017-06-07 09:44:34	07/06/2017 09:43:13.293	1000.000	0	1.9E-06	-471.034	12	1	0	1	09:27:33	07/06/2017	1	27.469	24.762	26.867	25.664	28.071	647.665	0	604.087	13.989	32.5	Start Up
33277	2017-06-07 09:44:36	07/06/2017 09:43:14.945	1000.000	0	1.9E-06	-125.609	15	0	0	1	09:27:33	07/06/2017	1	27.469	24.762	26.867	25.664	28.071	649.581	0	604.087	13.989	32.5	Start Up
33278	2017-06-07 09:44:37	07/06/2017 09:43:16.595	1000.000	0	1.9E-06	-41.870	18	0	0	1	09:27:33	07/06/2017	1	27.469	24.762	27.469	25.664	28.071	647.665	0	606.583	13.989	32.5	Start Up
33279	2017-06-07 09:44:39	07/06/2017 09:43:18.246	1001.000	0	1.8E-06	-117.758	21	0	1	1	09:27:33	07/06/2017	1	27.469	24.762	27.469	25.664	28.071	647.665	0	606.583	13.989	32.5	Start Up
33280	2017-06-07 09:44:41	07/06/2017 09:43:19.905	1000.000	0	1.8E-06	221.663	23	0	0	1	09:27:33	07/06/2017	1	27.469	24.762	27.469	25.664	28.071	645.749	0	604.087	14.066	32.5	Start Up
33281	2017-06-07 09:44:42	07/06/2017 09:43:21.555	1000.000	0	1.9E-06	112.823	26	0	0	1	09:27:33	07/06/2017	1	27.469	24.762	27.469	25.664	28.071	647.665	0	606.583	14.066	32.5	Start Up
34086	2017-06-07 10:06:51	07/06/2017 10:05:29.889	1000.000	100.416	73	-628.045	100	71	42	1	09:27:33	07/06/2017	1	27.469	24.762	26.867	25.664	28.071	651.497	0	609.079	14.066	153.87	Daya
34087	2017-06-07 10:06:52	07/06/2017 10:05:31.547	1000.000	100.824	74	-628.045	100	71	42	1	09:27:33	07/06/2017	1	27.469	24.762	26.867	25.664	28.071	651.497	0	611.575	14.066	153.87	Daya
34088	2017-06-07 10:06:54	07/06/2017 10:05:33.216	1000.000	100.992	73	1884.136	100	71	42	1	09:27:33	07/06/2017	1	27.469	24.762	27.168	25.664	28.071	651.497	0	611.575	14.066	153.87	Daya
34089	2017-06-07 10:06:56	07/06/2017 10:05:34.874	1001.000	100.584	73	3768.272	100	71	42	1	09:27:33	07/06/2017	1	27.469	24.762	26.867	25.664	28.071	653.413	0	611.575	14.066	153.87	Daya
34090	2017-06-07 10:06:57	07/06/2017 10:05:36.533	1000.000	100.92	74	897.208	100	71	42	1	09:27:33	07/06/2017	1	27.469	24.762	26.867	25.664	28.071	655.329	0	614.072	14.066	153.87	Daya
34091	2017-06-07 10:06:59	07/06/2017 10:05:38.165	1000.000	100.512	73	991.650	100	71	42	1	09:27:33	07/06/2017	1	27.469	24.762	27.168	25.664	28.071	651.497	0	611.575	14.066	153.87	Daya
34092	2017-06-07 10:07:01	07/06/2017 10:05:39.816	1000.000	100.776	73	1449.335	100	71	42	1	09:27:33	07/06/2017	1	27.469	24.762	27.168	25.664	28.071	651.497	0	609.079	14.066	153.87	Daya
34093	2017-06-07 10:07:02	07/06/2017 10:05:41.465	1000.000	101.064	75	3768.272	100	71	42	1	09:27:33	07/06/2017	1	27.469	24.762	26.867	25.664	28.071	653.413	0	611.575	13.989	153.87	Daya
34094	2017-06-07 10:07:04	07/06/2017 10:05:43.108	1000.000	100.992	73	1046.742	100	71	42	1	09:27:33	07/06/2017	1	27.469	24.762	27.168	25.664	28.071	653.413	0	611.575	13.989	153.87	Daya
34095	2017-06-07 10:07:06	07/06/2017 10:05:44.758	1001.000	100.44	73	9420.680	100	71	42	1	09:27:33	07/06/2017	1	27.469	24.762	27.168	25.664	28.071	651.497	0	611.575	13.989	153.87	Daya

id	dtime	htime	ctime	NP-1000	NLW-2	period	safe	shim	reg	Trip stat	triptime	tripdate	Trip param	Intube temp	Inplat temp	Atr temp	Outplat temp	Outtube temp	Outplat flow	Outtube flow	Prim flow	Atr level	Ife temp	opstat
34096	2017-06-07 10:07:07	07/06/2017 10:05:46.401	1000.000	100.68	73	-Inf	100	71	42	1	09:27:33	07/06/2017	1	27.469	24.762	26.867	25.664	28.071	651.497	0	611.575	13.989	153.87	Daya
34848	2017-06-07 10:27:49	07/06/2017 10:26:27.761	1000.000	0	0.057	-20.260	17	0	0	1	09:27:33	07/06/2017	1	27.469	24.762	27.168	25.664	28.071	647.665	0	616.568	13.833	43.539	Shutdown
34849	2017-06-07 10:27:50	07/06/2017 10:26:29.411	1001.000	0	0.053	-20.260	14	0	0	1	09:27:33	07/06/2017	1	27.469	24.762	27.168	25.664	28.071	649.581	0	611.575	13.833	43.539	Shutdown
34850	2017-06-07 10:27:52	07/06/2017 10:26:31.062	1000.000	0	0.05	-21.909	11	0	0	1	09:27:33	07/06/2017	1	27.469	24.762	27.168	25.664	28.071	645.749	0	611.575	13.833	43.539	Shutdown
34851	2017-06-07 10:27:54	07/06/2017 10:26:32.712	1001.000	0	0.047	-22.977	9	0	0	1	09:27:33	07/06/2017	1	27.469	24.762	27.168	25.664	28.071	645.749	0	611.575	13.833	43.539	Shutdown
34852	2017-06-07 10:27:55	07/06/2017 10:26:34.361	1000.000	0	0.044	-22.166	5	0	0	1	09:27:33	07/06/2017	1	27.469	24.762	27.469	25.664	28.071	647.665	0	611.575	13.833	43.539	Shutdown
34853	2017-06-07 10:27:57	07/06/2017 10:26:35.996	1000.000	0	0.041	-23.850	2	0	0	1	09:27:33	07/06/2017	1	27.469	24.762	27.469	25.664	28.071	647.665	0	611.575	13.833	43.539	Shutdown
34854	2017-06-07 10:27:59	07/06/2017 10:26:37.645	1000.000	0	0.038	-24.156	0	0	0	1	09:27:33	07/06/2017	1	27.469	24.762	27.469	25.664	28.071	647.665	0	611.575	13.833	43.539	Shutdown
34855	2017-06-07 10:28:00	07/06/2017 10:26:39.297	1000.000	0	0.035	-28.121	0	0	0	1	09:27:33	07/06/2017	1	27.469	24.762	27.77	25.664	28.071	645.749	0	611.575	13.833	43.539	Shutdown
34856	2017-06-07 10:28:02	07/06/2017 10:26:40.946	1000.000	0	0.035	-32.485	0	0	0	1	09:27:33	07/06/2017	1	27.469	24.762	27.77	25.664	28.071	645.749	0	611.575	13.833	43.539	Shutdown
34857	2017-06-07 10:28:04	07/06/2017 10:26:42.597	1000.000	0	0.033	-34.257	0	0	0	1	09:27:33	07/06/2017	1	27.469	24.762	27.77	25.664	28.071	645.749	0	611.575	13.833	43.539	Shutdown
34858	2017-06-07 10:28:05	07/06/2017 10:26:44.263	1000.000	0	0.031	-35.550	1	0	0	1	09:27:33	07/06/2017	1	27.469	24.762	27.77	25.664	28.071	647.665	0	614.072	13.833	43.539	Shutdown

## Lampiran 7



**Gambar 1** Sensor suhu air tanki reaktor



**Gambar 2** Sensor suhu *inlet* (kiri) dan *outlet* (kanan) HE *Tube*



**Gambar 3** Sensor suhu *inlet* (kiri) dan *outlet* (kanan) HE Plat



**Gambar 4** Sensor aliran pendingin primer



**Gambar 6** Sensor aliran pendingin sekunder

