

PERANCANGAN ALAT PENGUKUR WAKTU JATUH BATANG KENDALI DI RSG-GAS BERBASIS LABVIEW V8.5 DAN DAQ6009

Heri Suherkiman, Sukino, Ranji Gusman

ABSTRAK

PERANCANGAN ALAT PENGUKUR WAKTU JATUH BATANG KENDALI DI RSG-GAS BERBASIS LABVIEW V8.5 DAN DAQ6009. Reaktor RSG-GAS mempunyai 8 batang kendali yang berfungsi untuk mengendalikan laju reaksi fisi. Batang kendali merupakan sistem keselamatan teknis terpenting dan alat proteksi terakhir untuk memadamkan reaktor apabila terjadi kejadian tidak normal. Pengujian waktu jatuh batang kendali adalah salah satu cara untuk memastikan bahwa batang kendali dapat berfungsi sesuai dengan syarat operasi reaktor. Alat uji yang ada saat ini mempunyai keterbatasan yaitu hanya dapat mengukur satu batang kendali pada setiap pengukuran. Kendala lainnya adalah kesulitan mendapatkan alat pengganti dengan fungsi sama dipasaran untuk menggantikan alat yang ada jika mengalami kerusakan. Oleh karena itu maka dilakukanlah perancangan alat pengukur waktu jatuh batang kendali berbasis LabView V 8.5 dan akuisisi data DAQ6009. Perancangan tersebut telah menghasilkan desain, spesifikasi komponen dan hasil pemrograman yang diharapkan dapat diaplikasikan untuk pembuatan alat ukur waktu jatuh batang kendali baru yang mempunyai fungsi yang sama dengan alat sebelumnya dengan fasilitas yang lebih baik.

Kata kunci : Waktu jatuh batang kendali, labview, akuisisi data

ABSTRACT

MEASURING TOOLS DESIGN OF CONTROL RODS DROP TIME AT THE RSG-GAS BASED ON LABVIEW V8.5 AND DAQ6009. The RSG-GAS reactor has 8 control rods that serve to control the rate of fission. Control rods are the most important technical safety systems and the last protective equipment to shut down the reactor in the event of abnormal incident. Testing of the control rods drop time is one way to ensure that the control rods can function in accordance with the requirements reactor operations. Existing test tools have limitations that can only measure one control rod at each measurement. Another problem is the difficulty of getting a replacement device with the same functionality in the market to replace existing tools if damaged. Therefore, then we do design of control rods drop time based on Labview v8.5 and DAQ6009. The design has resulted design, components specification and programming that are expected to be applied to the manufacture of new control rods drop time measuring devices that have the same functionality as the previous tool with better facilities.

Keywords: Control rods drop time, Labview, data acquisition

PENDAHULUAN

Pada pengoperasian reaktor nuklir, batang kendali memegang peranan penting pada keselamatan reaktor. Reaktor Serba Guna G.A Siwabessy (RSG-GAS) mempunyai 8 batang kendali yang berfungsi untuk mengendalikan laju reaksi fisi/daya dan memadamkan reaktor bila terjadi situasi yang tidak normal. Perawatan dan pengujian batang kendali secara periodik harus dilakukan untuk memastikan bahwa batang kendali dapat berfungsi dengan baik sesuai dengan syarat pengoperasian reaktor.

Pengujian batang kendali terdiri dari pengujian secara visual dan pengujian waktu jatuh. Syarat waktu jatuh yang dibutuhkan oleh batang kendali dari posisi tertinggi 100% ke posisi 20% adalah paling lama 400 ms yang merupakan hasil analisa

keselamatan operasi reaktor. Pengukuran waktu jatuh batang kendali dilakukan pada awal siklus operasi atau pada selang waktu tertentu bila reaktor tidak beroperasi untuk jangka waktu lama. Waktu yang diperlukan untuk menaikkan/menurunkan batang kendali dari posisi terbawah ke posisi teratas adalah sekitar 20 menit. Saat ini alat yang ada untuk mengukur waktu jatuh, hanya dapat mengukur satu batang kendali pada setiap pengukuran. Alat tersebut dirasa masih kurang efektif karena banyak menyita waktu saat proses instalasi dan memindahkan alat ukur dari satu titik ukur batang kendali ke titik lainnya. Kendala lainnya adalah sulitnya mendapatkan alat pengganti yang memiliki spesifikasi dan karakteristik yang sama jika alat yang ada mengalami kerusakan. Dipasaran alat pengukur waktu jatuh batang kendali dengan tipe *Schurig Universal Zahler CU72ZN* buatan Siemens

Jerman yang saat ini masih dipakai reaktor RSG-GAS sudah tidak diproduksi.

Dari alasan tersebut diatas, maka diperlukan perancangan pembuatan alat pengukur waktu jatuh batang kendali reaktor RSG GAS. Rancangan tersebut diharapkan dapat diaplikasikan untuk pembuatan alat ukur waktu jatuh batang kendali baru yang mempunyai fungsi yang sama dengan alat sebelumnya dan dapat mengukur waktu jatuh beberapa batang kendali sekaligus (Pengerjaan pengukuran dilakukan sesuai dengan kondisi dan prosedur yang telah ditentukan).

TEORI

Sistem batang kendali reaktor RSG-GAS

Batang kendali adalah sistem keselamatan teknis terpenting yang mempunyai fungsi sebagai berikut:

- a. Pengendalian reaktor pada waktu *start-up* dan menaikkan atau menurunkan daya serta mempertahankan daya reaktor baik secara manual maupun otomatis.
- b. Memadamkan reaktor dan atau menjaga kondisi sub-kritikalitas reaktor.

- c. Menjaga kesetimbangan distribusi fluks neutron (kesetimbangan reaksi pembelahan) di teras reaktor.

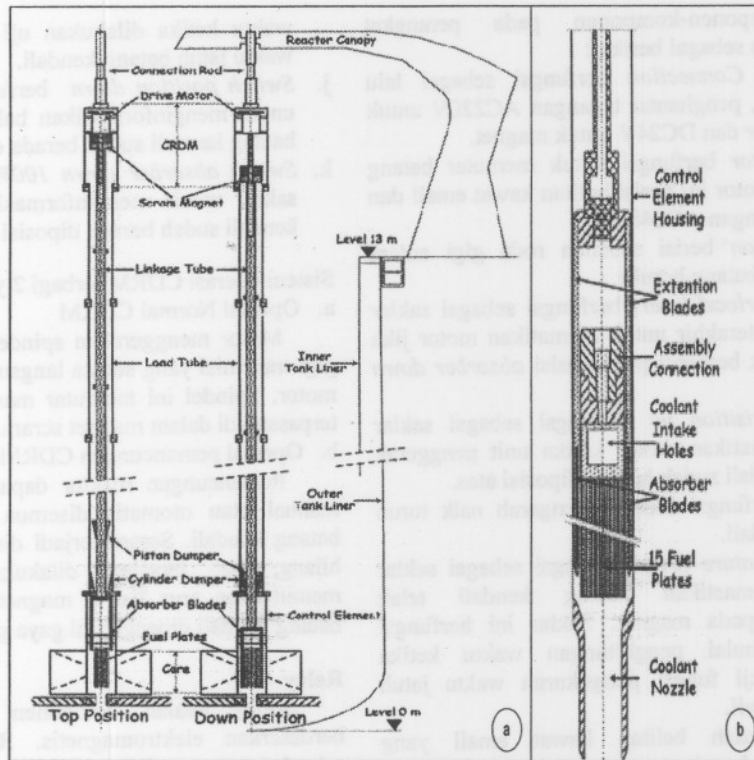
Waktu jatuh batang kendali di reaktor RSG-GAS yang dipersyaratkan adalah antara 350 ms – 400 ms. penentuan waktu terlama 400 ms itu merupakan hasil analisa keselamatan desain reaktor. Apabila waktu jatuh batang kendali lebih besar dari 400 ms dikhawatirkan mempengaruhi keselamatan pada pengoperasian reaktor RSG-GAS. Waktu tersebut juga menunjukkan terjadinya penyimpangan secara mekanis pada batang kendali yang mungkin terjadi perkaratan dan atau pembengkokkan pada salah satu komponen batang kendali. Apabila waktu jatuh batang kendali kurang dari 350 ms dikhawatirkan akan menyebabkan terjadi kerusakan pada batang kendali akibat kecepatan waktu jatuh batang kendali yang melebihi kemampuan mekanisnya. Alat pengukuran waktu jatuh batang kendali tipe *Schurig Universal Zahler CU72ZN* yang masih dipakai reaktor RSG-GAS ditunjukkan pada gambar 1 dibawah ini :



Gambar 1. *Schurig Universal Zahler CU72ZN*

Batang kendali mempunyai panjang sekitar 13 m dan berat 15 kg. Pada batang kendali terdapat perangkat bilah penyerap yang memiliki bagian penyerap neutron bertipe garpu yang terdiri atas pelat penyerap dengan lebar 65 mm dan tebal 5,08 mm serta panjang aktif 625 mm. Setiap pelat penyerap terdiri atas kelongsongan luar yang dibuat dari baja tahan karat, kelongsong luar tersebut

membungkus pelat bahan penyerap yang terbuat dari campuran (*alloy*) Ag-In-Cd (80% Ag, 15% In, 5% Cd) dengan tebal 3,38 mm. Dua pelat penyerap disekrup sampai dasarnya dengan pelat ekstensi. Diagram sistem batang kendali dan bilah penyerap dalam elemen kendali reaktor RSG-GAS ditunjukkan pada gambar 2 dibawah ini :

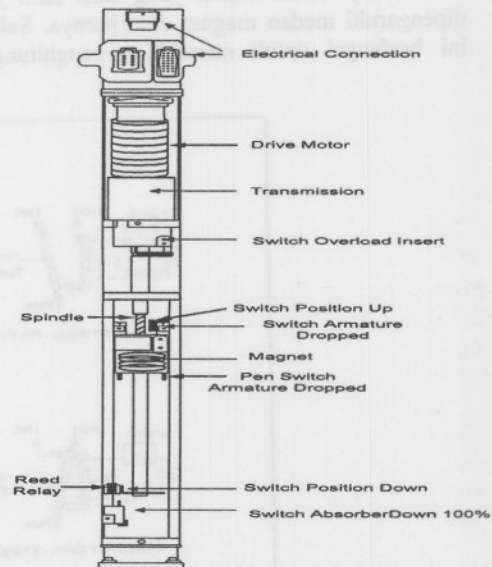


Gambar 2. Diagram sistem batang kendali dan bilah penyerap dalam elemen kendali.

Fungsi pengendalian dan pemadaman reaktor oleh batang kendali diperoleh dengan cara menggerakkan keatas dan kebawah pelat-pelat penyerap didalam elemen kendali.

Mekanisme Penggerak Batang Kendali

Mekanisme unit penggerak batang kendali (CRDM - Control Rod Drive Mechanism) adalah sistem untuk menggerakkan batang penyerap neutron keluar (naik) atau masuk (turun) dari dan kedalam teras. Unit CRDM ditunjukkan pada gambar 3 dibawah ini :



Gambar 3. Unit CRDM

Fungsi komponen-komponen pada perangkat CDRM adalah sebagai berikut:

- a. *Electrical Connection* berfungsi sebagai lalu lintas data, penghantar tegangan AC220V untuk *drive motor* dan DC24V untuk magnet.
- b. *Drive Motor* berfungsi untuk memutar batang *spindle*. Motor ini berisi belitan kawat email dan dialiri tegangan AC240V.
- c. *Transmission* berisi susunan roda gigi antara motor dan batang berulir.
- d. *Switch overload insert* berfungsi sebagai saklar pengaman terakhir untuk mematikan motor jika motor tidak berhenti pada posisi *absorber down 100%*.
- e. *Switch position up* berfungsi sebagai saklar untuk mematikan motor ketika unit penggerak batang kendali sudah berada diposisi atas.
- f. *Spindle* berfungsi sebagai pengarah naik turun batang kendali.
- g. *Switch armature drop* berfungsi sebagai saklar untuk memastikan batang kendali telah menempel pada magnet. Saklar ini berfungsi untuk memulai penghitungan waktu ketika dilakukan uji fungsi pengukuran waktu jatuh batang kendali.
- h. *Magnet* adalah belitan kawat email yang berfungsi sebagai magnet untuk mengangkat batang kendali. Belitan kawat ini diberi tegangan DC24V.
- i. *Reed Relay* adalah saklar yang akan aktif jika dipengaruhi medan magnet disekitarnya. Saklar ini berfungsi untuk mematikan penghitungan

waktu ketika dilakukan uji fungsi pengukuran waktu jatuh batang kendali.

- j. *Switch position down* berfungsi sebagai saklar untuk menginformasikan bahwa unit penggerak batang kendali sudah berada diposisi bawah.
- k. *Switch absorber down 100%* berfungsi sebagai saklar untuk menginformasikan bahwa batang kendali sudah berada diposisi paling bawah.

Sistem operasi CDRM terbagi 2 yaitu:

- a. Operasi Normal CDRM

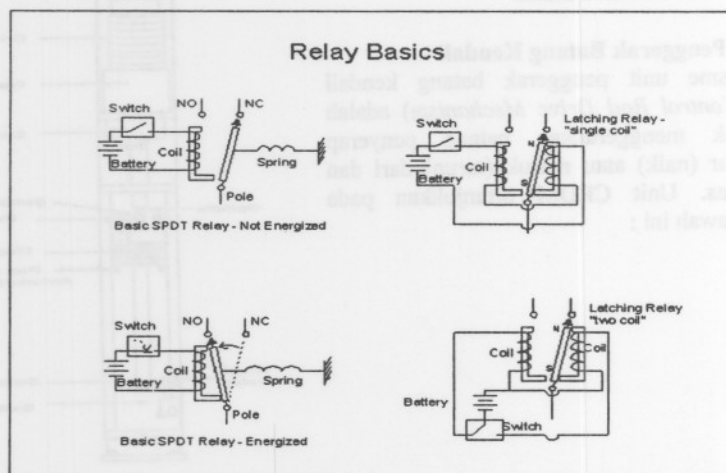
Motor menggerakkan spindel mur-bola melalui gigi transmisi yang secara langsung dihubungkan ke motor. Spindel ini memutar masuk mur bola yang terpasang di dalam magnet scram.

- b. Operasi pemancungan CDRM

Pemancungan reaktor dapat dilakukan secara manual atau otomatis disemua posisi ketinggian batang kendali. Scram terjadi disaat energi magnet hilang, hal tersebut dilakukan dengan cara memutuskan arus listrik magnet batang. Jatuhnya batang kendali dipengaruhi gaya grafitasi.

Relay

Relay adalah komponen yang beroperasi berdasarkan elektromagnetis. Relay terdiri dari sebuah kumparan dengan sebuah inti besi yang bila dialiri arus listrik maka daerah disekitar kumparan akan timbul medan magnet sehingga inti besi akan menarik lengan besi dari jangkar yang menyebabkan terjadinya proses buka dan tutup kontak. Macam-macam konstruksi relay ditunjukkan pada gambar 4 berikut:



Gambar 4. Macam-macam konstruksi relay

Perangkat Lunak LabVIEW V8.5

Program LabVIEW dapat disebut juga Vis (*Virtual Instrument*), karena menampilkan dan mengoperasikan contoh bentuk instrumentnya, seperti saklar, lampu, osciloskop dan multimeter. LabVIEW (*Laboratory Virtual Instrument*

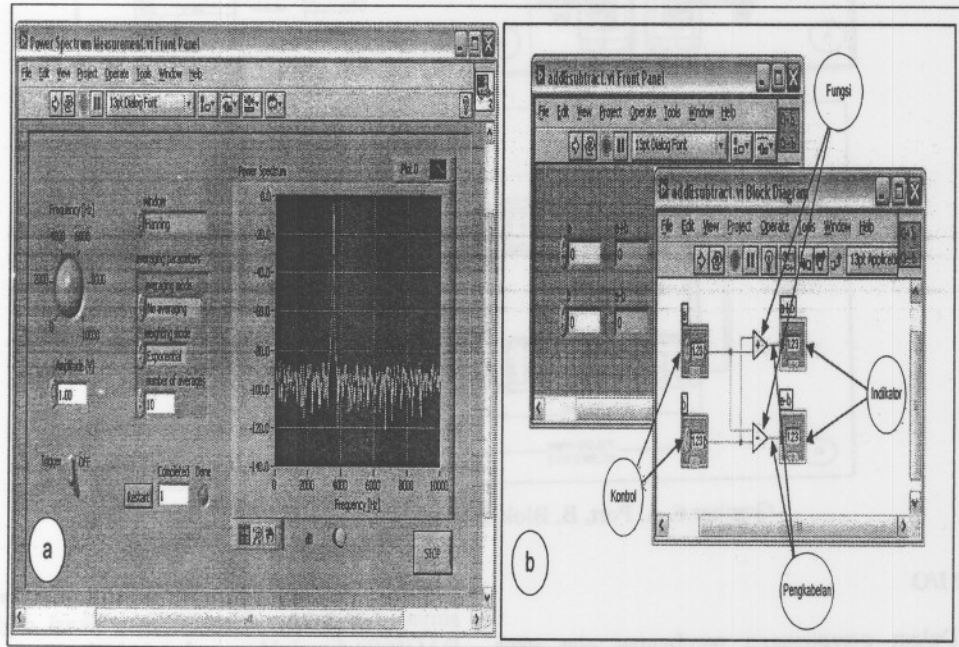
Engineering Workbench) adalah perangkat lunak secara grafis yang menggunakan aliran data pemrograman untuk menginstruksikan fungsi-fungsi kontrol sehingga membentuk suatu *block diagram*. Keseluruhan proses elektronika dapat ditampilkan dengan keadaan sebenarnya secara real-time serta

dapat dihubungkan dengan perangkat luar untuk menghasilkan sistem akuisisi data berupa pengkondisi sinyal dengan menggunakan DAQ6009.

Front Panel dan Block diagram

Front panel merupakan *user interface* dari VIs. Front panel berisi tampilan kontrol dan indikator. Kontrol dapat berupa saklar, tombol dan perintah input lainnya. Sedangkan tampilan indikator dapat berupa grafik, lampu, angka dan huruf. Block

diagram adalah blok diagram yang berisi sumber kode grafik. Objek pada *front panel* memperlihatkan terminalnya, pada *block diagram*. Objek *block diagram* memasukkan terminal, subVI, fungsinya, nilai konstan, struktur, dan pengawatannya, yang mana memindahkan data diantara perintah dari objek pada *block diagram*. Contoh tampilan *front panel* dan *block diagram* ditunjukkan pada gambar 5 berikut :

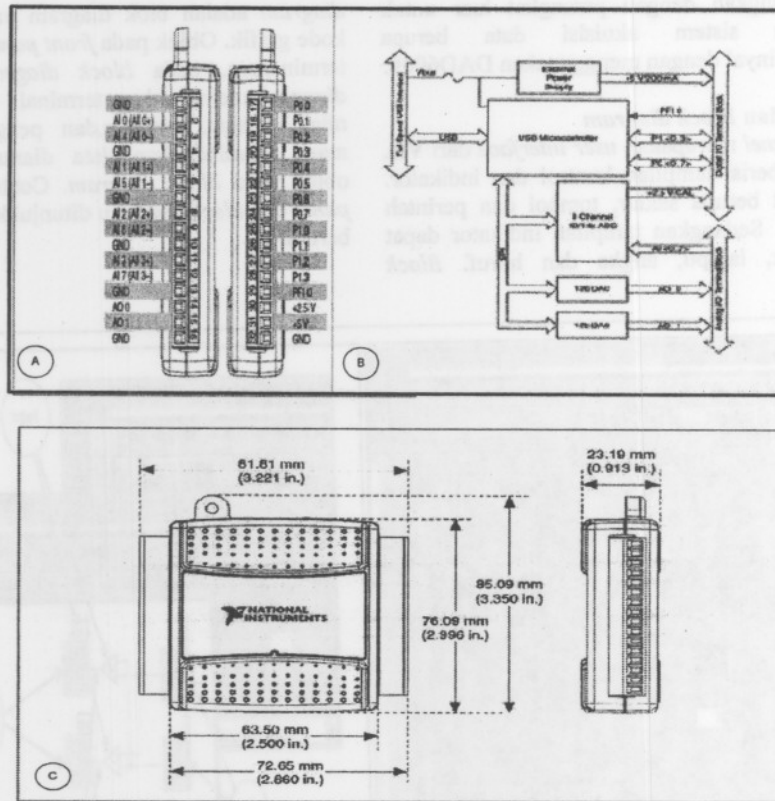


Gambar 5. a. Front panel b. Block diagram

DAQ6009

DAQ6009 adalah modul antarmuka (*interface*) untuk menghubungkan sinyal digital dari batang kendali agar dapat dibaca dan diolah oleh LabView. Modul ini memiliki keunggulan dalam konektivitas USB sehingga sistem ini secara otomatis dapat dideteksi dan dikonfigurasi oleh komputer sesuai

setelah terjadinya komunikasi. Semua sinyal input yang masuk akan dilewatkan melalui kabel USB untuk kemudian di analisa dan ditampilkan dalam LabView V8.5. DAQ6009 mempunyai 12 input/output sinyal digital. Port, diagram blok dan dimensi DAQ6009 ditunjukkan pada gambar 6 berikut ini :



Gambar 6. A. Port, B. Blok diagram, C. Dimensi DAQ6009

Digital I/O

Dalam perancangan pembuatan alat ukur waktu jatuh batang kendali ini, hanya port digital

DAQ 6009 yang akan digunakan untuk membaca sinyal dari batang kendali. Spesifikasi digital I/O DAQ6009 ditunjukkan pada tabel 1 berikut:

Tabel 1 : Spesifikasi digital I/O DAQ6009

P0.<0..7>	8 lines,	PI.<0..3>	4 lines
Compatibility	TTL, LVTTTL, CMOS		
Input low voltage (v).....	min = -0.3 max = 0.8		
Input high voltage (v)	min = 2.0 max = 5.8		
USB specification/bus speed.....	USB 2.0 full-speed/12MB/s		

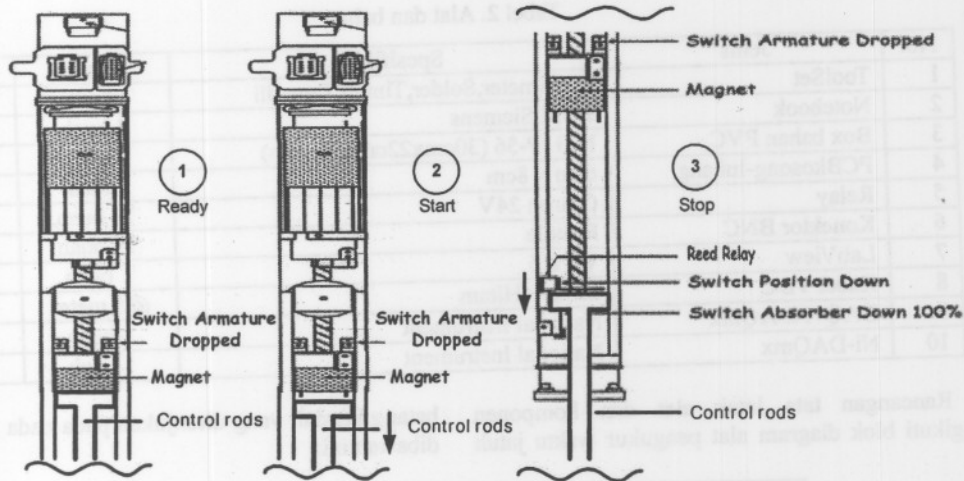
Komunikasi antara DAQ6009 dengan Windows

Komunikasi DAQ6009 dengan windows dilakukan oleh NI-DAQ.NI-DAQ adalah perangkat lunak yang berisikan driver untuk modul DAQ (NI-DAQmx) beserta konfigurasi hardwarenya. Driver ini berfungsi agar modul DAQ dapat dikenali oleh windows. NI-DAQmx juga dapat mengkonfigurasi

channel-channel virtual dalam MAX (Measurement & Automation Explorer).

PERANCANGAN PEMBUATAN ALAT UKUR WAKTU JATUH BATANG KENDALI

Posisi batang kendali pada prinsip kerja pengukuran waktu jatuh batang kendali ditunjukkan pada gambar 7 dibawah ini :



Gambar 7. Prinsip kerja pengukuran waktu jatuh batang kendali

Tahapan pengukuran waktu jatuh batang kendali adalah sebagai berikut :

1. Posisi "ready" dimulai saat batang kendali (*control rods*) diangkat dan berada di atas. Prinsip kerjanya yaitu dengan memberikan tegangan DC24V pada salah ujung saklar *armature dropped*, ujung saklar *reed relay* dan belitan kawat email magnet untuk menghasilkan medan magnet. Medan magnet yang telah terbentuk akan menarik bagian atas batang kendali sehingga menempel pada magnet dan secara bersamaan akan mendorong *pen* (batang besi) *switch armature dropped* dan sekaligus menekan *switch armature dropped* (saklar aktif). Saklar *armature dropped* yang telah aktif akan mengalirkan tegangan DC24V melalui ujung saklar yang terhubung dengan konektor BNC posisi "start" alat ukur. Saklar *reed relay* posisi awalnya adalah nonaktif dan terhubung dengan konektor posisi "stop" alat ukur. Kondisi input "start" bertegangan DC24V dan "stop" DC0V menunjukkan alat siap melakukan pengukuran.
2. Perintah "start" dimulai saat batang kendali dijatuhkan. Prinsip kerjanya yaitu dengan cara menghilangkan tegangan DC24V yang masuk ke belitan kawat email magnet, maka secara otomatis medan magnet yang telah terbentuk akan hilang. Batang kendali akan jatuh. Saat batang kendali jatuh maka *pen switch armature dropped* kembali keposisi semula dan saklar nonaktif. Saklar yang telah nonaktif akan memutuskan tegangan yang masuk ke konektor BNC posisi "start" alat ukur. Hilangnya tegangan

akan memerintahkan program pada alat ukur untuk memulai penghitungan waktu.

3. Perintah "stop" dimulai ketika ujung atas batang kendali yang sebelumnya menempel pada magnet telah dijatuhkan dan melewati *reed relay*. Pada bagian paling atas ujung batang kendali juga terdapat magnet permanen berbentuk lapisan tipis. Magnet permanen tersebut akan mengaktifkan *reed relay* ketika batang kendali jatuh dan melewati *reed relay*. *Reed relay* yang telah aktif akan mengalirkan tegangan DC24V masuk ke konektor BNC posisi "stop" pada alat ukur. Masuknya tegangan 24V akan memerintahkan program untuk menghentikan penghitungan waktu.
4. Hasil penghitungan waktu yang didapat akan ditampilkan pada alat ukur sebagai hasil pengukuran waktu jatuh batang kendali.

Tahapan perancangan pembuatan alat ukur waktu jatuh batang kendali adalah sebagai berikut :

1. Perancangan perangkat keras
2. Perancangan perangkat lunak

Perancangan Perangkat Keras

Tahapan perancangan perangkat keras adalah sebagai berikut

- a) Pemilihan alat dan bahan dan perancangan tata letak komponen
- b) Perancangan rangkaian relay

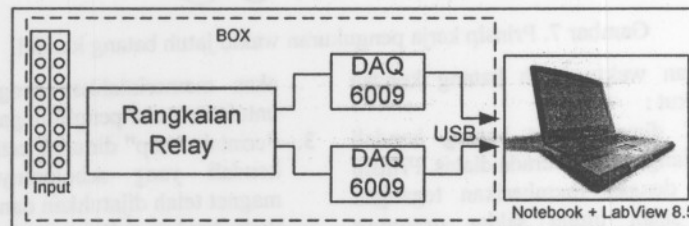
Pemilihan alat dan bahan serta perancangan tata letak komponen

Dalam perancangan pembuatan alat pengukur waktu jatuh batang kendali ini dibutuhkan alat dan bahan seperti ditunjukkan pada tabel 2 dibawah ini :

Tabel 2. Alat dan bahan

No.	Jenis	Spesifikasi	Jumlah	Ket
1	ToolSet	Multimeter,Solder, Timah, Tang, dll	1 set	
2	Notebook	PGM Siemens	1 buah	
3	Box bahan PVC	MG IP-56 (30cmx22cmx12,5cm)	1 buah	
4	PCBkosong-lubang	6cm x 8cm	2 buah	
5	Relay	Omron 24V	16 buah	
6	Konektor BNC	Female	16 buah	
7	LabView	Ver 8.5	1 buah	
8	Kabel VDC	Merah+Hitam	@5 meter	
9	DAQ+Ni-AQmx	National Instrument	1 buah	
10	Ni-DAQmx	National Instrument	1 buah	

Rancangan tata letak alat dan komponen batang kendali yang ditunjukkan pada gambar 8 mengikuti blok diagram alat pengukur waktu jatuh dibawah ini:



Gambar 8. Blok diagram alat pengukur waktu jatuh batang kendali

Perancangan Rangkaian Relay

Rangkaian relay berfungsi sebagai perubah input DC24V yang berasal dari batang kendali menjadi output yang akan digunakan sebagai inputan untuk digital DAQ6009. Prinsip kerja rangkaian ini adalah mengaktifkan/menonaktifkan relay DC24V oleh tegangan DV24V yang diambil dari salah satu ujung saklar armature dropped dan reed relay batang kendali. Selanjutnya anak relay tersebut akan meneruskan/membuang tegangan DC0V(GND) yang telah disediakan DAQ untuk digunakan sebagai inputan digital DAQ6009.

Perancangan Perangkat Lunak

Tahapan perancangan program adalah sebagai berikut :

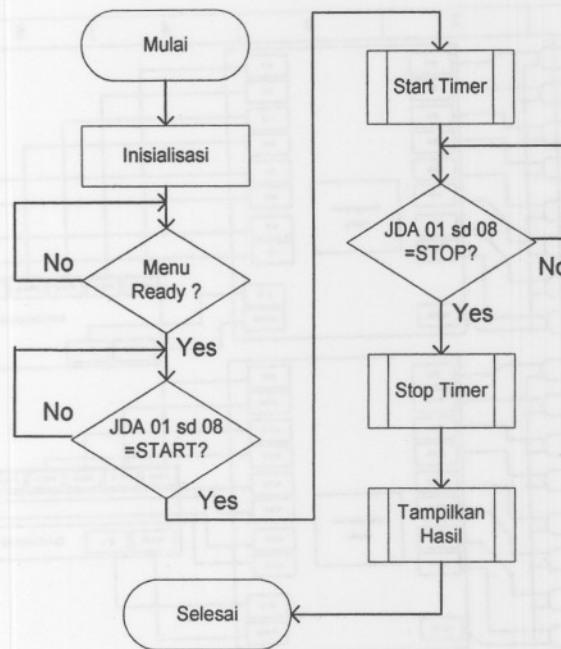
1. Instalasi LabVIEW V8.5 dan driver NI-DAQ
2. Pemrograman LabVIEW V8.5

Instalasi LabView V8.5 dan driver NI-DAQ

Instalasi Program LabVIEW dan driver serta driver NI-DAQ dilakukan pada *notebook* dengan cara menjalankan file "setup" yang terdapat pada CD/DVD software yang akan diinstal. Langkah selanjutnya adalah dengan mengikuti perintah instalasi yang tersedia setelah file "setup" dijalankan.

Pemrograman LabView V8.5

Flowchart pemrograman waktu pengukuran batang kendali ditunjukkan pada gambar 9 dibawah ini :



Gambar 9. Flowchart program waktu jatuh batang kendali

Tahapan pemrograman di LabView V8.5 adalah sebagai berikut:

a. Konfigurasi DAQ6009 pada MAX. Tahapannya adalah sebagai berikut :

1. Hubungkan DAQ6009 ke port USB pada notebook
2. Jalankan program MAX, pilih modul USB-6009, lakukan konfigurasi DAQ6009 pada kolom sebelah kanan atas MAX
3. Data koneksi dan pengkabelan dapat dilihat di kolom "device pinouts"
4. Tes setiap channel secara langsung pada kolom "test panels:NI-USB-6009:(Dev1)" untuk memastikan semua port yang akan dipakai dapat berfungsi dengan baik sebelum dihubungkan dengan LabVIEW

b. Pembuatan file baru "New VI"

c. Tempatkan kontrol (start,stop,reset) dan indikator (angka,lampu,dan informasi lainnya) yang diperlukan pada front panel.

d. Melakukan perancangan program pada block diagram dengan tahapan berikut :

1. Buat blok pengukuran waktu dalam satu loop tertutup dan diisi perintah start timer, stop timer dan menampilkan hasilnya pada indikator angka
2. Masuk ke bagian "Function", pilih "input", pilih "DAQ Assist" lalu klik 2x pada

"DAQ Assist".

3. Pilih "Acquire Signals" lalu pilih "digital input", lalu "line input", dan terakhir pilih "port0/line0" sebagai "StartJDA01" dan "port0/line0" sebagai "Stop-JDA01"
4. Hubungkan data DAQ6009 dengan "Index Array" yang telah di expanded
5. Hubungkan satu persatu data output "Index Array" sesuai dengan fungsi (start/stop) ke bagian blok pengukuran waktu jatuh JDA-01.
6. Buat blok pengukuran baru dan ulangi point-point diatas untuk program Start dan Stop JDA lainnya.
7. Simpan (save) lembar kerja dengan nama file yang telah dibuat diawal.

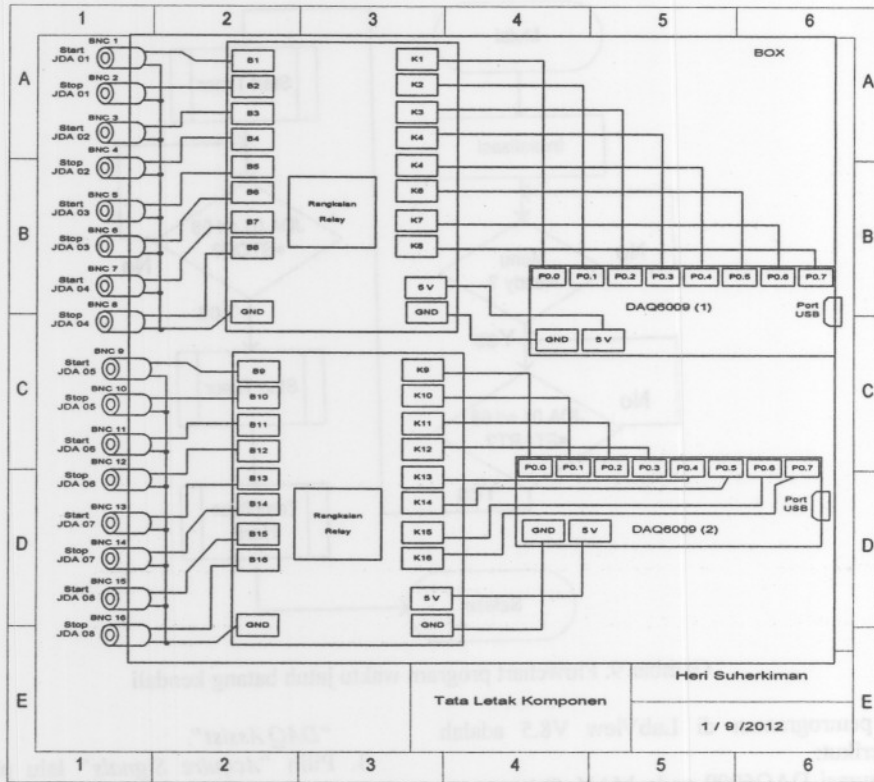
HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari hasil tata kerja diatas, diperoleh hasil perancangan sebagai berikut :

1. Perancangan tata letak komponen
2. Perancangan rangkaian relay
3. Perancangan perangkat lunak

Perancangan tata letak komponen

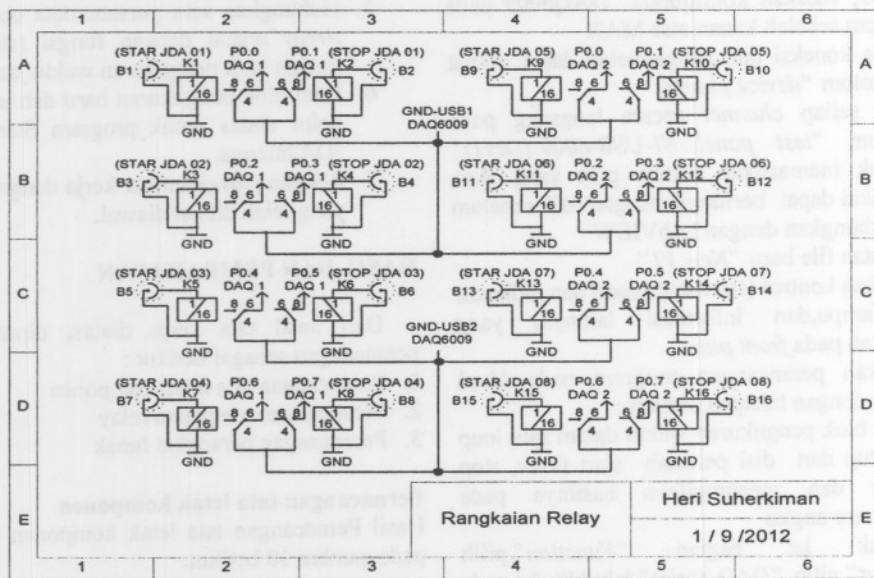
Hasil Perancangan tata letak komponen ditunjukkan pada gambar 10 berikut:



Gambar 10. Hasil perancangan tata letak komponen

Perancangan rangkaian relay

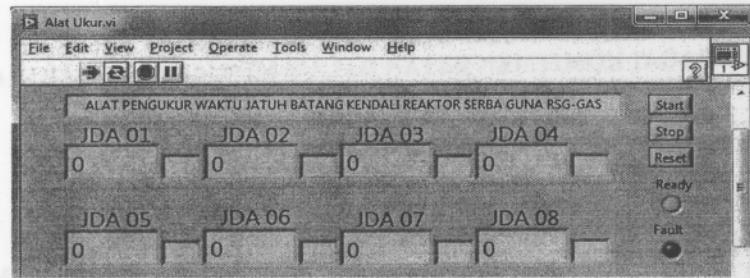
Hasil perancangan rangkaian relay ditunjukkan pada gambar 11 berikut:



Gambar 11. Hasil perancangan rangkaian relay

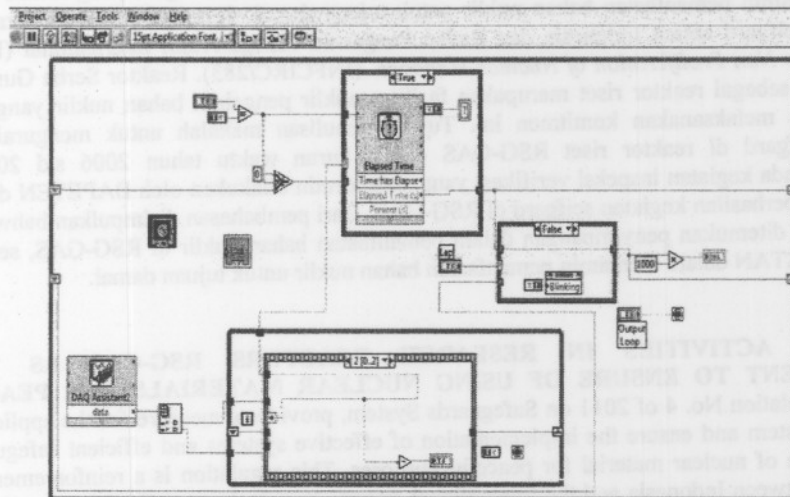
Perancangan pemrograman perangkat lunak

Hasil perancangan pemrograman *front panel* LabVIEW ditunjukkan pada gambar 12 dibawah ini:



Gambar 12 : Hasil perancangan pemrograman *front panel*

Hasil perancangan pemrograman *block diagram* LabVIEW ditunjukkan pada gambar 13 berikut:



Gambar 13 : Hasil perancangan pemrograman *blok diagram*

KESIMPULAN

Dari hasil perancangan alat pengukur waktu jatuh batang kendali, telah diperoleh gambar-gambar berupa :

- a) Perancangan tata letak komponen
- b) Perancangan rangkaian relay
- c) Perancangan pemrograman *front panel* dan *block diagram* LabVIEW

Gambar-gambar yang didapat dapat berguna untuk diaplikasikan pada pembuatan alat ukur waktu jatuh batang kendali reaktor RSG-GAS baru yang mempunyai fungsi yang sama dengan alat sebelumnya dengan fasilitas yang lebih baik

DAFTAR PUSTAKA

1. WIJAYA, E, *LabVIEW Course, Pelatihan LabVIEW Dasar, Industrial Electronics Laboratory and Workshop Electrical Department – State Polytechnic of Jakarta*, Jakarta, 2010.
2. *LabVIEW Measurements Manual*, National Instruments, Texas USA 2000
3. CAHYANA., *Pelatihan Penyegaran Operator dan Supervisor Reaktor*, Serpong, 2006.
4. SAPTOADI, D. *Reaktor dan Energi Nuklir*, PRSG-Serpong, 2005.
5. www.ni.com