

RANCANG BANGUN MODUL *ELECTRICAL POWER DEMAND* UNTUK SIMULATOR INSTALASI PLTN

Ikhsan Shobari, Dian Fitri Atmoko, Syahrudin Yusuf, dan Sutomo Budihardjo

PRPN-BATAN, Gd 71 Lt 2, Kawasan PUSPIPTEK, Serpong, Tangerang, Banten, 15310.
Telp. (021) 7560896, 7560575, Faks. (021) 7560921, E-mail: ishobary@batan.go.id

ABSTRAK

RANCANG BANGUN MODUL *ELECTRICAL POWER DEMAND* UNTUK SIMULATOR INSTALASI PLTN. Telah dilakukan kegiatan rancang bangun modul electrical power demand yang berfungsi untuk mensimulasikan perubahan beban listrik. Modul electrical power demand merupakan bagian dari simulator instalasi PLTN. Bagian lainnya adalah simulator teras reaktor dan simulator turbin generator, yang setelah diintegrasikan akan menjadi simulator instalasi PLTN. Bagian utama electrical power demand simulator instalasi PLTN adalah modul beban, modul summing amplifier, modul data akuisisi NI 6212, modul kendali PLC T100MD series, dan modul perangkat tampilan informasi proses dan perangkat lunak kendali. Modul perangkat lunak tampilan informasi proses dibangun dengan program Lab View 2009 Evaluation Version dan untuk modul kendali digunakan perangkat lunak Trilogi Versi 6.13. Dari hasil pengujian electrical power demand yang diintegrasikan, dapat difungsikan sebagai sarana pembelajaran pengoperasian sebuah instalasi PLTN dengan fluktuasi dan dinamika perubahan beban listrik.

Katakunci: Electrical Power Demand, Instalasi PLTN, Simulator.

ABSTRACT

THE DESIGN AND CONSTRUCTION OF *ELECTRICAL POWER DEMAND* MODULE FOR NPP SIMULATOR. The design and construction of the electrical power demand module have been carried out which is used for simulating the electrical load changes. The electrical power demand module is part of a nuclear power plant simulator. The other parts are reactor core simulator and turbine generator simulator, which after it's integration, it will be a nuclear power plant simulator. The main parts of electrical power demand module for nuclear power plant simulator are loading module, summing amplifier modules, NI 6212 data acquisition module, control module PLC T100MD series, and information display module device and process control software. The software process information display is built with the program Lab View 2009 Evaluation Version, and for control module software is built by Trilogi Version 6.13. From the experiments, the electrical power demand module it can be used as a means of learning the operation of a nuclear power plant by considering fluctuations and dynamics of electrical load changes.

Keywords: Electrical Power Demand, Nuclear Power Plant, Simulator.

PENDAHULUAN

Rencana pembangunan Pusat Listrik Tenaga Nuklir (PLTN) di Indonesia yang semakin dekat perlu dipersiapkan secara matang. Upaya untuk mendukung pembangunan tersebut secara fisik belumlah nampak tetapi persiapan mulai dari studi tapak, kelayakan pengoperasian dan keekonomian telah banyak menghasilkan makalah yang diterbitkan dalam skala nasional ataupun

cakupan regional. Persiapan yang tak kalah pentingnya adalah disiapkannya SDM (Sumber Daya Manusia) yang akan mendukung pengoperasian PLTN. Hal lainnya yang berkaitan dengan SDM adalah sosialisasi kepada masyarakat umum mengenai dampak pembangunan PLTN. Hal ini perlu dilakukan untuk mengurangi resistensi terhadap rencana pemanfaatan energi nuklir untuk tujuan damai di Indonesia^[1]. Salah satu sosialisasi pemanfaatan energi nuklir untuk tujuan damai

adalah dengan memberikan materi pelajaran yang mengenalkan proses pembangkitan energi nuklir dalam suatu Instalasi PLTN kepada para siswa setingkat SLTA atau kejuruan melalui kurikulum atau disisipkan dalam mata pelajaran tertentu. Hal lainnya adalah dengan menyediakan sarana informasi yang mudah diakses oleh publik, baik melalui media internet dalam suatu situs, atau dalam acara televisi dan radio.

Salah satu cara untuk menyampaikan pengertian pengoperasian instalasi PLTN tersebut adalah dengan cara memberi kesempatan pada masyarakat untuk mengoperasikan reaktor nuklir dan PLTN yang diwujudkan dalam suatu simulator untuk *edutainment* yang dapat ditempatkan di sekolah dan di taman rekreasi teknologi (teknowisata), seperti Taman Pintar di Yogyakarta, TMII di Jakarta, Pusat Peraga IPTEK di Taman Wisata Mekarsari, dan tempat-tempat lainnya yang strategis.

Simulator untuk *edutainment* ini cukup memperagakan fungsi atau cara kerja reaktor atau instalasi PLTN serta pengendaliannya. Simulator jenis ini mewujudkan gambaran fisik dari reaktor terutama bagian teras yang berisi bahan bakar dan batang kendali. Batang kendali dapat dikendalikan melalui konsol operator. Proses perubahan beban listrik yang dikonsumsi masyarakat disimulasikan dengan simulator *elektric power demand*. Pada umumnya simulator dapat dibedakan menjadi :

1. Simulator analisis: simulator diwujudkan terbatas pada komputer *display* berupa diagram alir proses dan *trend curve* dari parameter proses. Pada umumnya dipergunakan untuk analisis karakteristik dinamik pada keadaan gangguan atau kecelakaan.
2. *Full-scope simulator*: simulator diwujudkan sama persis sebagaimana PLTN yang disimulasi. Pada umumnya dipergunakan untuk pelatihan operator dan supervisor PLTN.
3. *Functional simulator*: simulator diwujudkan terbatas pada sistem kendali dan proteksi reaktor serta sistem informasi proses. Pada umumnya dipergunakan untuk pemahaman sistem kendali dan sistem proteksi reaktor, dan sistem informasi proses.

Pada makalah ini disampaikan suatu kegiatan kerekayasaan yang tujuannya adalah untuk membuat salah satu bagian dari suatu

simulator yang berfungsi untuk memberikan gambaran proses pembangkitan listrik yang dihasilkan dari suatu reaktor nuklir jenis PWR. Bagian yang dibahas dalam makalah ini adalah simulator *electrical power demand* yang berfungsi untuk mensimulasikan perubahan beban listrik yang harus dicukupi oleh suatu unit pembangkit.

Electrical power demand ini terdiri dari perangkat elektronik berupa modul beban, Modul *analog output*, modul *summing amplifier*, Modul *digital output*, dan modul data akuisisi dan kendali.

Modul beban terdiri dari lampu pijar, sistem trip, indikator tegangan arus dan frekuensi. Modul *analog output* yang berupa modul *summing amplifier*, yang berfungsi untuk memberikan informasi besarnya beban yang dikonsumsi. Modul *digital output* mengirimkan keluaran digital yang dihasilkan dari keluaran *relay-relay*, data digital ini berfungsi untuk memberikan informasi node (posisi beban) yang aktif (menyala) atau *trip* (mati). Modul data akuisisi adalah modul *build up* NI 6212 yang dihubungkan dengan komputer informasi proses. Untuk modul kendali digunakan modul PLC T100MD series, modul *ethernet card* Xserver untuk menghubungkan modul PLC dengan komputer kendali proses melalui jaringan *ethernet*. Dengan memanfaatkan jaringan *ethernet* ini pengendalian dan informasi prosesnya dimungkinkan dapat dilakukan melalui internet dari jarak jauh.

Di samping itu, perangkat dilengkapi dengan perangkat lunak berupa program aplikasi tampilan informasi proses yang di-*install* pada komputer tampilan informasi proses. Program aplikasi ini dibangun dengan program *Lab View 2009 Evaluation Version*. Program kendali PLC T100MD series dibuat dengan bahasa *ladder Trilogi Versi 6.13*. Program aplikasi dijalankan pada sistem operasi *Microsoft Windows XP Profesional Service Pack 3*.

METODE

Sebelum rancang bangun *electrical power demand* untuk simulator *plant* PLTN dibuat, terlebih dahulu dilakukan kajian untuk mendapatkan referensi jenis PLTN yang akan disimulasikan. Jenis PLTN yang ditentukan adalah PWR. Selanjutnya dilakukan

perancangan model perangkat simulator, yang diperinci menjadi empat bagian yaitu simulator teras reaktor, simulator turbin generator, dan simulator beban daya listrik (*Electrical power demand*), serta *steam generator* dan *re-heater*. Dalam makalah ini disampaikan pembahasan pada perancangan modul simulator beban daya listrik (*electrical power demand*)

Dilakukan *Survey* ketersediaan bahan dan komponen yang ada di pasaran. Hal ini untuk memudahkan dalam pengadaan bahan. Setelah proses pengadaan dan bahan tersedia selanjutnya dilakukan proses instalasi dan integrasi antara perangkat elektronik dan perangkat lunak. Tahap berikutnya adalah dilakukan uji fungsi untuk kendali, dan kalibrasi data akuisisi untuk tampilan informasi proses.

Bahan utama yang diperlukan berupa beberapa buah lampu pijar, MCB, sekering, indikator tegangan, arus, frekuensi, lampu indikator, *relay-relay*, modul catu daya, komponen elektronik, *switch push on*, konektor, terminal, resistor, kapasitor, IC LF356, DAQ NI 6212, PLC T100MD, modul *Xserver*. Peralatan yang digunakan adalah toolset elektronik, digital multimeter, komputer informasi proses dengan sistem operasi *Microsoft Windows XP Professional SP3*, komputer kendali *Microsoft Windows XP Professional SP3*, jaringan *ethernet* dan perangkat lunak diperlukan program *Lab View 2009 Evaluation Version*, serta bahasa *ladder Trilogi* Versi 6.13.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil rancang bangun ini berupa perangkat *electrical power demand* untuk memberikan simulasi perubahan beban pada simulator instalasi PLTN. Secara umum perangkat ini terdiri dari beberapa sub perangkat, yang dilakukan integrasi mengikuti gambar seperti pada Lampiran 1.

Prinsip kerja *electrical power demand* untuk simulator instalasi PLTN adalah mensimulasikan perubahan beban listrik yang seolah-olah mengikuti dinamika yang sesungguhnya. Terdapat 2 macam pilihan. Kemungkinan yang pertama adalah ketika terjadi beban yang melebihi kemampuan generator pembangkit yang disebabkan oleh tingginya beban maka sistem akan melakukan

interkoneksi dari dua generator yang tersedia, dan mengirimkan sinyal permintaan (sinyal analog 0-5 V) ke sistem simulator turbin dan generator atau langsung ke teras reaktor untuk menambah *supplay* uap yang akan menggerakkan generator atau diagram *control loop* untuk tipe turbin mengikuti reaktor (*turbin-follows-Reactor*).^[2]

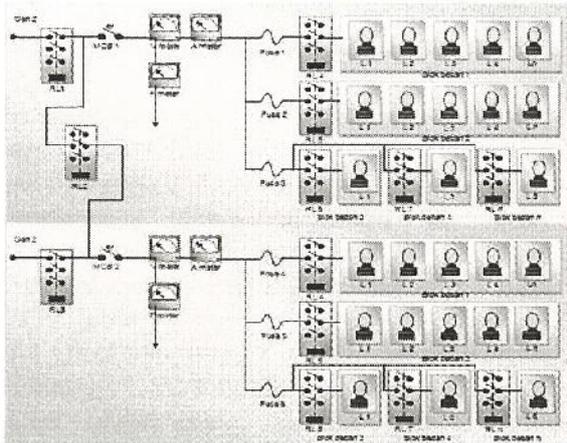
Kemungkinan yang kedua adalah ketika semua sistem sudah menghasilkan daya maksimal sementara permintaan listriknya terus meningkat, maka operator dapat melakukan pengurangan permintaan dengan melakukan pemadaman pada sub blok, blok, atau unit. Pemadaman dapat dilakukan dengan menekan tombol di tempat blok tersebut, atau dari unit kendali melalui tombol *keyboard manual (operator level)* dengan membaca tampilan informasi pada panel komputer informasi proses. Cara lainnya adalah pemadaman dari unit pusat, dengan memanfaatkan jaringan *ethernet (supervisor level)* dari komputer kendali.^[3] Pada level *supervisor*, pemadaman dapat diatur atau dijadwalkan untuk sub blok, blok, atau unit tertentu yang akan dilakukan pemadaman bila terjadi kelebihan permintaan beban.^[4]

Secara umum bagian-bagiannya dapat dijelaskan sebagai berikut.

Instalasi simulator panel daya

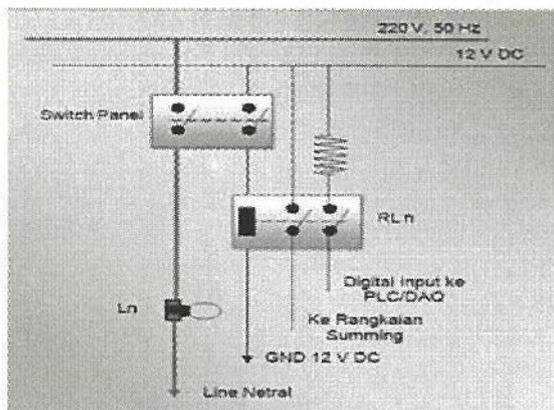
Instalasi simulator panel daya terdiri dari komponen utama lampu pijar yang berfungsi sebagai beban, sistem pengaman berupa MCB dan sekering. Panel indikator berupa volt meter, ampermeter, dan frekuensi meter. Pada panel ini terdapat juga sistem relay dan saklar. Gambar Diagram instalasi ditunjukkan pada Gambar 1.

Beban yang berubah-ubah disimulasikan dengan menekan tombol saklar pada panel sampai lampu menyala (satu lampu 100 Watt, pada tampilan informasi proses terbaca 2 kW). Informasi posisi (*node*) lampu (beban) aktif akan diinformasikan ke komputer informasi proses dan komputer kendali proses. Informasi besarnya daya yang dikonsumsi dikirimkan dari rangkaian *summing amplifier*, dan posisi beban aktif (nyala) diinformasikan melalui sinyal digital.



Gambar 1. Instalasi Plant simulator panel daya

Rangkaian *relay-relay* dan *summing amplifier*, diletakkan pada panel ini. Rangkaian instalasi digambarkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Instalasi lampu beban, kontak relay, dan *summing amplifier*

Rangkaian *summing amplifier* bertugas untuk memberikan informasi besarnya beban yang dikonsumsi. Sebenarnya dari informasi digital besarnya daya yang dikonsumsi dapat dibaca dengan menkonversi penjumlahan setiap sub blok, blok dan unit. Hal ini tidak dilakukan karena keterbatasan *channel* digital input pada DAQ NI 6212, yang berfungsi untuk mengolah data yang masuk ke komputer informasi proses. Informasi beban aktif dalam bentuk digital dikirim ke modul PLC T100 MD Series. Resolusi ADC DAQ NI 6212 adalah 0,1 Volt untuk setiap node (titik) beban. Dengan demikian bila terdapat 30 buah node beban menghasilkan 3 volt. Sebagai batas nol

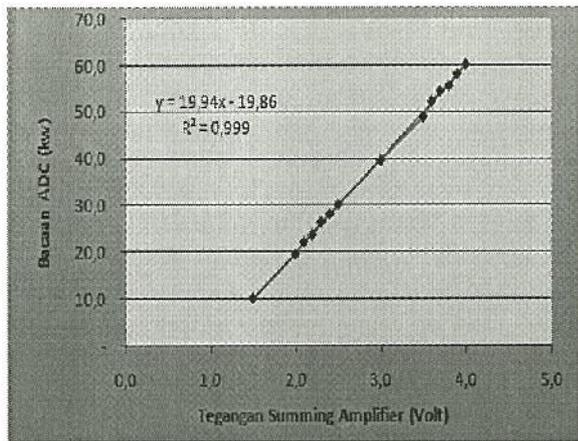
(tidak ada beban) digunakan 1 volt. Batas atas maksimum yang tercapai adalah 4 volt, hal ini tercapai bila semua beban aktif. Untuk informasi *setting* dan hasil pengukuran ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Data Hasil bacaan ADC dengan *setting Summing Amplifier*

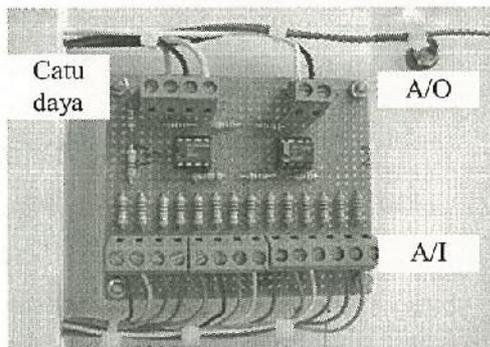
No	Node Aktif (lampu menyala)	Setting S Amp	Bacaan ADC (kW)
1	Unit 1 Blok 1	1,50	10,2
2	Unit 1 Blok 2	2,00	19,6
3	Unit 1 Blok 3 Sub blok 1	2,10	22,2
4	Unit 1 Blok 3 Sub blok 2	2,20	23,8
5	Unit 1 Blok 3 Sub blok 3	2,30	26,4
6	Unit 1 Blok 3 Sub blok 4	2,40	28,2
7	Unit 1 Blok 3 Sub blok 5	2,50	30,2
8	Unit 2 Blok 1	3,00	39,6
9	Unit 2 Blok 2	3,50	50,2
10	Unit 2 Blok 3 Sub blok 1	3,60	52,2
11	Unit 2 Blok 3 Sub blok 2	3,70	54,4
12	Unit 2 Blok 3 Sub blok 3	3,80	55,6
13	Unit 2 Blok 3 Sub blok 4	3,90	58,2
14	Unit 2 Blok 3 Sub blok 5	4,00	60,2

Penyimpangan dapat terjadi karena *setting* potensio pada *summing amplifier* tidak bisa seluruhnya sama. Hubungan antara bacaan ADC setelah dikonversi sebanding dengan persamaan $y = 19,94x - 19,86$. Grafik hubungannya ditampilkan pada Gambar 3.

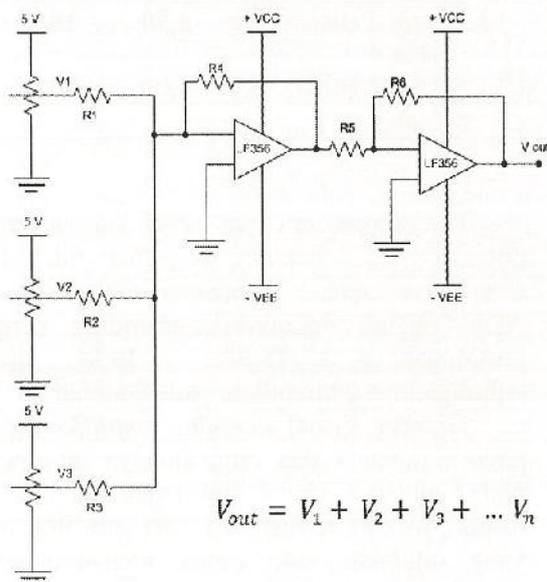
Gambar Visual *summing amplifier* seperti pada Gambar 4 dan rangkaianannya ditunjukkan pada Gambar 5. Unit 1 blok 1 dan unit 1 blok 2 masing-masing terdiri dari lima sub blok unit, yang dijadikan satu untuk mensimulasikan daya yang besar. Hal yang sama untuk unit 2 blok 1 dan blok 2.



Gambar 3. Hubungan antara tegangan keluaran *summing amplifier* dengan bacaan ADC



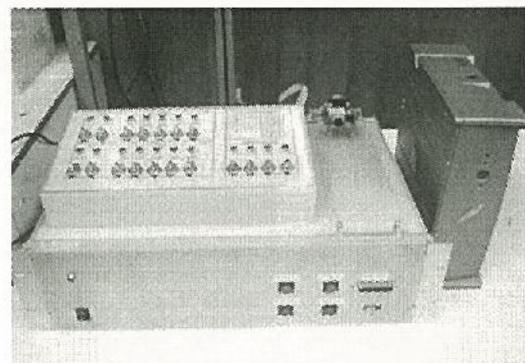
Gambar 4. Visual *summing amplifier*



Gambar 5. Skematik rangkaian *summing amplifier*

Subrack Sistem Instrumentasi dan Kendali (SIK)

Subrack SIK terdapat modul catu daya tegangan rendah yaitu +5 V, -5 V, dan +12 V. Modul ini berfungsi untuk mencukupi kebutuhan daya tegangan rendah seluruh sistem. Catu daya yang digunakan adalah catu daya dengan sistem *switching*. Modul PLC T100MD series, modul Xserver dan DAQ NI 6212 terletak di dalam *Subrack* SIK. Di dalam subrack juga terdapat *relay-relay* yang menghubungkan sistem interkoneksi dua pembangkit (generator). Gambar detail visualnya seperti pada Gambar 6. Kelengkapan yang termasuk di dalam subrack SIK adalah *keyboard* operasi manual. *Keyboard* ini berfungsi untuk mengontrol beban secara manual yang dilakukan oleh operator dari konsol komputer kendali proses. Hirarki pengendalian paling tinggi berada pada level supervisor pada komputer kendali proses (bisa melalui jaringan *ethernet*) dan operator dengan *keyboard* operasi manual.

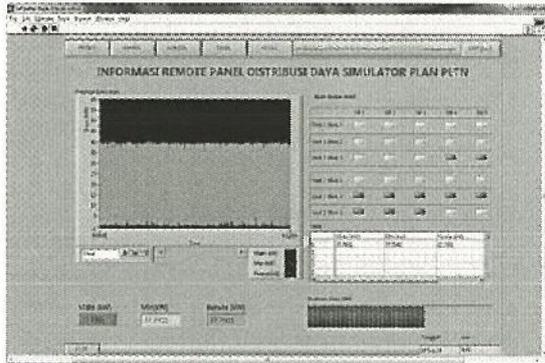


Gambar 6. Visual *subrack* SIK dengan *keyboard* operasi manual

Komputer Informasi Proses

Komputer informasi proses berfungsi untuk menampilkan parameter proses. Pada komputer ini di-*install* program aplikasi yang tampilan informasi proses. Program ini akan menampilkan beberapa parameter antara lain daya maksimum, daya minimum, daya rerata, dan grafik perubahan untuk setiap waktunya. Node atau titik beban yang sedang aktif (nyala) dan *shut down* (mati). Program aplikasi

dibangun dengan bahasa pemrograman *Lab View 2009 Evaluation Version*, dan dengan sistem operasi *Microsoft Windows Professional SP 3*. Data akuisisi dilakukan dari modul DAQ NI 6212 melalui *port USB*. Tampilan dibuat lebih informatif sehingga operator akan dengan mudah melakukan pemantauan dan melakukan tindakan bila diperlukan. Untuk lebih jelasnya pada Gambar 7 metunjukkan tampilan informasi proses.



Gambar 7. Visual program tampilan informasi proses panel distribusi daya

Fasilitas yang disediakan pada program aplikasi ini adalah simpan *file*, panggil *file*, dan cetak *file*.

Komputer Informasi dan Kendali

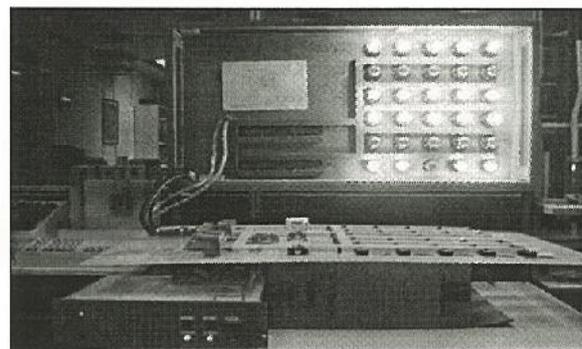
Komputer informasi dan kendali berfungsi untuk melakukan *monitoring* dan melakukan pengendalian dari jarak jauh. Data dikirim dan diterima dari subrack SIK melalui jaringan *Ethernet*. Akuisisi data dilakukan melalui modul PLC T100MD series, dan dihubungkan dengan modul *Xserver* melalui port serial RS 232. Selanjutnya dari modul *Xserver* data dapat diakses dengan jaringan *Ethernet*. Program dibuat dengan bahasa pemrograman *ladder Trilogi* Versi 6.13. Bahasa pemrograman ini merupakan bawaan dari modul PLC T100 MD Series.



Gambar 8. Visual program tampilan informasi dan kendali proses panel distribusi daya

Berdasarkan program yang di-*running*, operator dapat melakukan monitoring besarnya daya yang dicatu, node atau posisi beban yang aktif. Selain melakukan monitoring operator dapat melakukan pemadaman dan mengaktifkan kembali dari jarak jauh melalui program yang dibuat. Tampilan program ini masih kurang informatif dibandingkan dengan program aplikasi yang dijalankan pada komputer informasi proses. Untuk lebih jelasnya tampilan programnya dapat dilihat pada Gambar 8.

Setelah instalasi dan integrasi hasilnya dapat ditampilkan seperti pada Gambar 9. *Electrical power demand* simulator instalasi PLTN diintegrasikan dengan subrack SIK merupakan bentuk fisik setelah dilakukan instalasi dan integrasi. (Komputer informasi proses dan komputer kendali proses tidak nampak).



Gambar 9. Electrical power demand simulator instalasi PLTN diintegrasikan dengan subrack SIK

KESIMPULAN

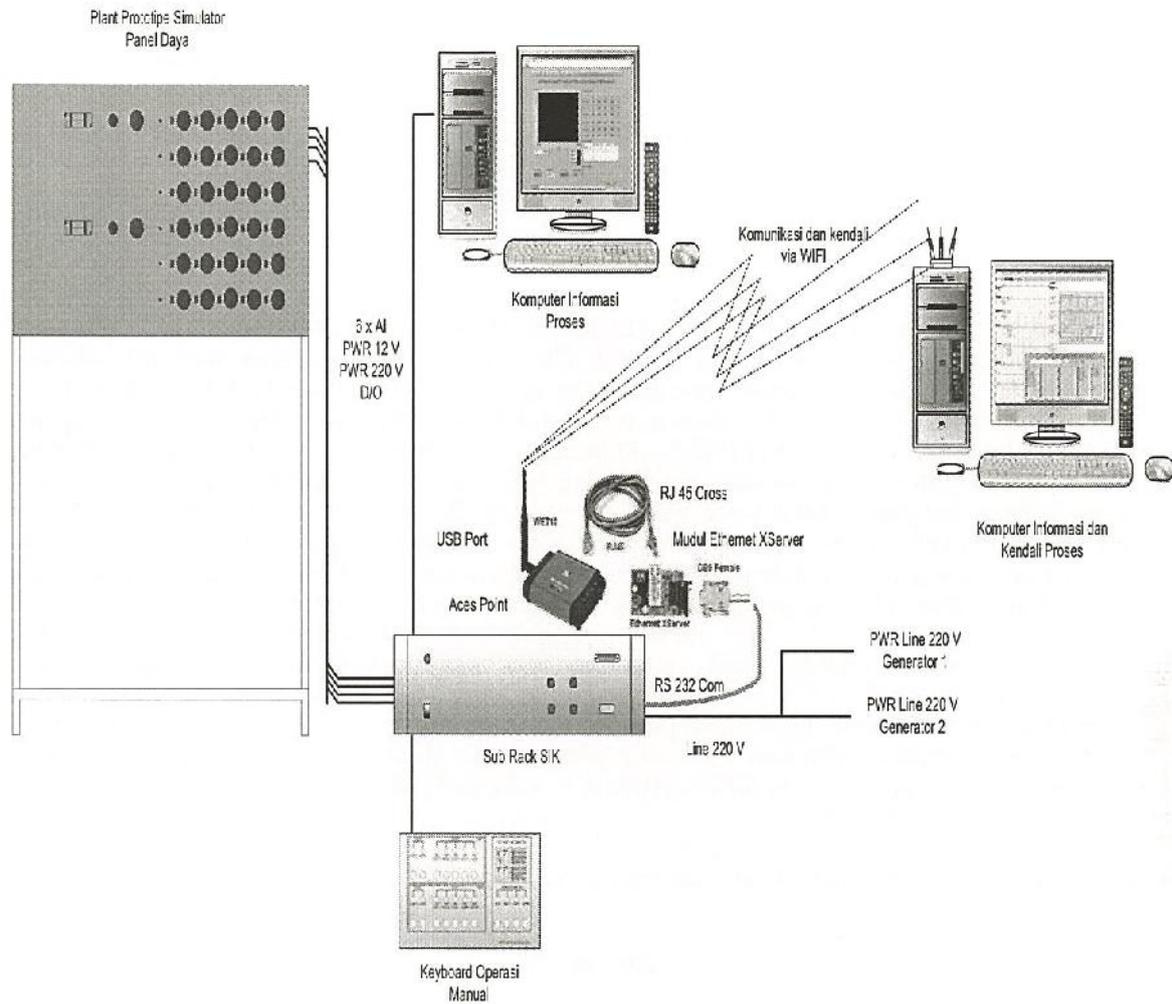
Berdasarkan uraian di atas dapat disimpulkan bahwa rancang bangun, instalasi dan integrasi *Electrical power demand* pada simulator *plant* PLTN telah dilakukan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem dapat berfungsi untuk memberikan simulasi perubahan beban yang selanjutnya direspon permintaan dengan perubahan penambahan produksi uap (disimulasikan dengan keluaran *analog output*). Keluaran dari simulator *Electrical power demand* untuk diolah ke simulator instalasi PLTN adalah sinyal analog 1 – 4 volt keluaran *summing amplifier* yang diparalel ke DAQ NI 6212. Keluaran sinyal 1 volt dikonversikan tidak ada permintaan daya, dan 4 volt dikonversikan permintaan daya penuh yang disimulasikan dengan daya 60 kW.

Pengolahan dan penampilan data disajikan pada komputer informasi proses pada lokal *plant* dan pengendaliannya secara manual melalui *keyboard* operasi. Pada level supervisor pengendalian dilakukan penuh dari *software* dan dilakukan dari komputer kendali proses melalui jaringan *ethernet*.

DAFTAR PUSTAKA

1. T.S034/S006/P003, Pembangunan PLTN timbulkan resistensi, <http://www.antaraneews.com/berita/1273232379/pembangunan-pltn-timbulkan-resistensi>
2. Jumat, 7 Mei 2010 18:39 WIB.
3. Anonim, Nuclear Power Plant Instrumentation and control, IAEA-TECDOC-973, IAEA, Vienna (1984).
4. Northcote Green and Robert Wilson, Control and automation of electric power distribution systems, CRC Press, Taylor & Francis Group, New York, (2006).
5. Shoaib Khan, Sheeba Khan, Ghariani Ahmed, Industrial power systems, CRC Press, Taylor & Francis Group, New York, (2008).
6. Malcom Plant and Jan Stuard, Schools Council Modular in Technology Instrumentation, Oliver & Bold, England (1983).
7. Anonim, Internet trilogi, Triangle Reseach International Inc, (2003).
8. Anonim, Pengantar Ilmu Pengetahuan dan teknologi Nuklir, Batan, Jakarta, (1986)

LAMPIRAN



Gambar Blok Diagram Rangkaian *Electrical Power Demand Simulator Instalasi PLTN*