

Rancang Bangun Sistem Kendali Operasional Boiler Berbasis Web Data Logger LAN dan PLC Pada PT. XYZ

Taufik Ridwan

Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Tangerang
Jl. Perintis Kemerdekaan No. 33, Kota Tangerang Banten 15118
Email : taufik.ridwan_umt@yahoo.com

Abstrak

This research aims to design a monitoring and control system architecture operations previously conventional boiler into remote access using a data logger applications as data acquisition, using a corporate LAN network as communication's media and PLC (Programmable Logic Controller) as the control brain. This research is realized by making the control circuit, and configuration of hardware devices and software related web data logger system. Design process is done with the installation of the supporting device, the manufacture of panels, mounting transducer which serves as input monitoring and modulating control. This design is applied to the boiler at one plant which is controlled by the PLC, while web data logger that will monitor and store all operational activities and processes that occur. Data can be accessed using a computer (server) that is connected to a LAN network that allows multiple computers (client) that connects the same LAN network can perform operations such as on the server's computer using the VNC viewer software application. The results show the design of the boiler activity can be monitored and controlled from a computer with the appearance in the form of tables and charts, while data storage results in a CSV file format.

Keywords: Boiler, Web Data Logger, PLC, LAN Communication, CSV File.

1. Pendahuluan

Selama bertahun – tahun permintaan untuk kualitas tinggi, efisiensi dan otomasi mesin telah meningkat dalam sektor industri yang membutuhkan pemantauan terus menerus dan pemeriksaan dengan interval sering yang meminimalkan interaksi manusia.

Mesin uap atau boiler sebagai mesin penghasil uap yang digunakan sebagai tenaga penggerak atau pemanas keberadaannya hampir selalu dibutuhkan di setiap industri, baik pembangkit tenaga listrik atau industri manufaktur.

Fakta mengenai boiler merupakan peralatan teknik spesifik yang berfungsi sebagai sarana industri yang memegang peranan penting dan mengandung sumber bahaya yang dapat berpotensi menimbulkan kecelakaan kerja, sehingga memerlukan kualitas tinggi baik dari segi teknik peralatan, maupun SDM yang menanganinya.

Mengingat fakta dan dampak bahaya tersebut penulis tertarik untuk memperbaiki sistem yang sebelumnya konvensional menjadi *remote access* menggunakan *web data logger* dan PLC dengan pemantauan dapat dilakukan secara periodik dan interval yang sering agar dampak tersebut tidak terjadi tanpa merubah sistem operasional sebelumnya yang masih menggunakan *mimic panel*.

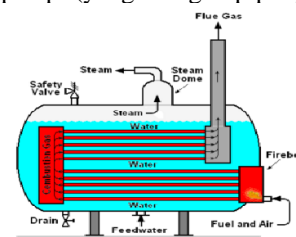
Ketika menggunakan *web data logger* semua parameter operasional yang dimasukan pada sistem akan terukur dan disimpan pada *database*-nya atau *external memory* agar dapat dianalisa secara *offline* jika terjadi kegagalan operasional.

2. Dasar Teori

2.1 Boiler

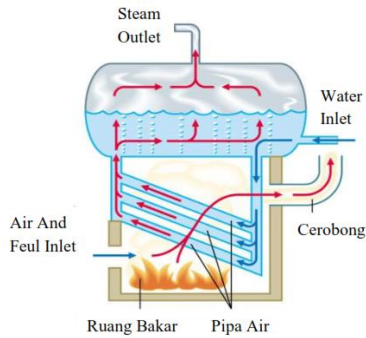
Boiler (bahasa Indonesia : ketel uap) disebut *steam generator* atau pembangkit uap adalah suatu unit mesin atau alat untuk menghasilkan *steam*. Jenis uap yang dihasilkan antara lain uap jenuh (*saturated steam*) dan uap lewat jenuh (*superheated steam*) untuk pemanasan yang dialirkan kedalam pipa – pipa alat penukar panas (*heat exchanger*) atau digunakan sebagai tenaga gerak, proses membuat uap ini disebut *steam raising*. Bahan bakar boiler bermacam-macam tergantung dari jenis burner yang digunakan seperti batubara, minyak tanah, solar, listrik, gas, biomasa, nuklir dan lain-lain. Berdasarkan bahan yang mengisi pipanya, boiler dibagi menjadi dua, antara lain :

1. Boiler pipa api (yang mengisi pipanya api)



Gbr. 1 – Boiler pipa api

2. Boiler pipa air (yang mengisi pipanya air)

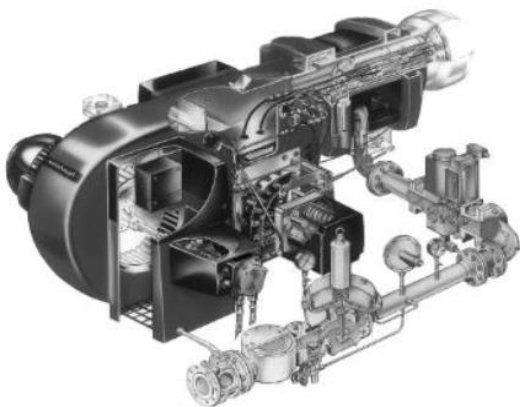


Gbr. 2 – Boiler pipa api

2.2 Burner Boiler

Burner adalah bagian pendukung utama yang berfungsi sebagai unit pembakar untuk memasak air pada mesin boiler, hasil pembakaran baik uap yang dihasilkan, sistem keamanan dari bahaya ledakan ataupun efisiensi bahan bakar sebuah mesin boiler ditentukan oleh cara operasional yang sesuai dengan prosedur dan kualitas burnernya itu sendiri, dengan urutan tahapan cara kerjanya dikendalikan oleh *burner control unit*, sebuah burner terdiri dari beberapa perangkat, diantaranya:

1. *Burner Control Unit*
2. *Flame sensor*
3. *Servo Motor*
4. *Solenoid valve bahan bakar*
5. *Magnetic coil coupling oil pump*
6. *Power supply DC 24 V*
7. *Electro motor blower*
8. *Gas pressure switch*
9. *Air pressure switch*
10. *Oil return pressure switch*

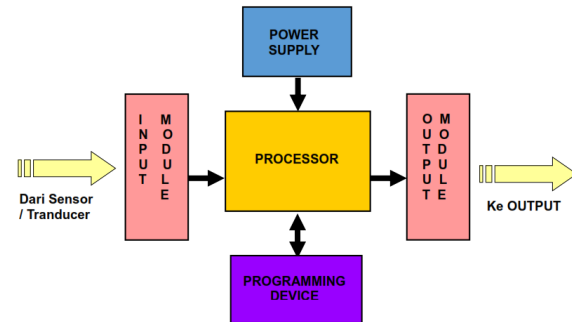


Gbr.3 - Burner boiler

2.3 PLC (Programmable Logic Controller)

Adalah modul sistem cerdas, yang digunakan pada teknik kendali, instrumentasi dan industri untuk menggantikan logika berbasis relay. Selama beberapa periode, baik I/O kemampuan penanganan dan elemen pemrograman telah ditambahkan bersama dengan peningkatan komunikasi.

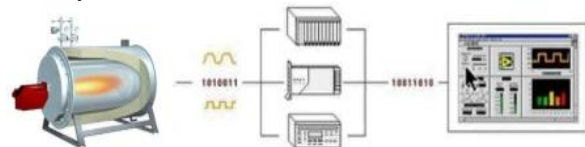
PLC sebagai otak kendali yang akan memberikan perintah atau output berdasarkan input yang diterima baik bersifat analog maupun diskrit.



Gbr.4 – Skema perangkat utama PLC

2.4 Sistem Web Data Logger

Gambar 5 merupakan cara kerja sebuah *data logger* yang bekerja dengan sensor atau *transducer* untuk merubah fenomena fisik seperti analog, digital dan pulsa menjadi sinyal listrik seperti tegangan atau arus. Sinyal-sinyal tersebut kemudian dirubah atau didigitalisasi menjadi data biner. kemudian dianalisa menggunakan *software* dan disimpan pada PC hard drive (*data base*) atau media penyimpanan lain seperti kartu memori.



Gbr.5 – Cara kerja web data logger

Berdasarkan definisi dan karakteristiknya sebuah *web data logger* mempunyai kemampuan untuk melakukan pengukuran dan menyimpan data untuk keperluan yang akan datang, namun aplikasi *data logger* tidak hanya membutuhkan akuisisi data dan penyimpanan, diperlukan juga kemampuan untuk menganalisis dan menyajikan data untuk menentukan hasil dan membuat keputusan berdasarkan *data logging*.

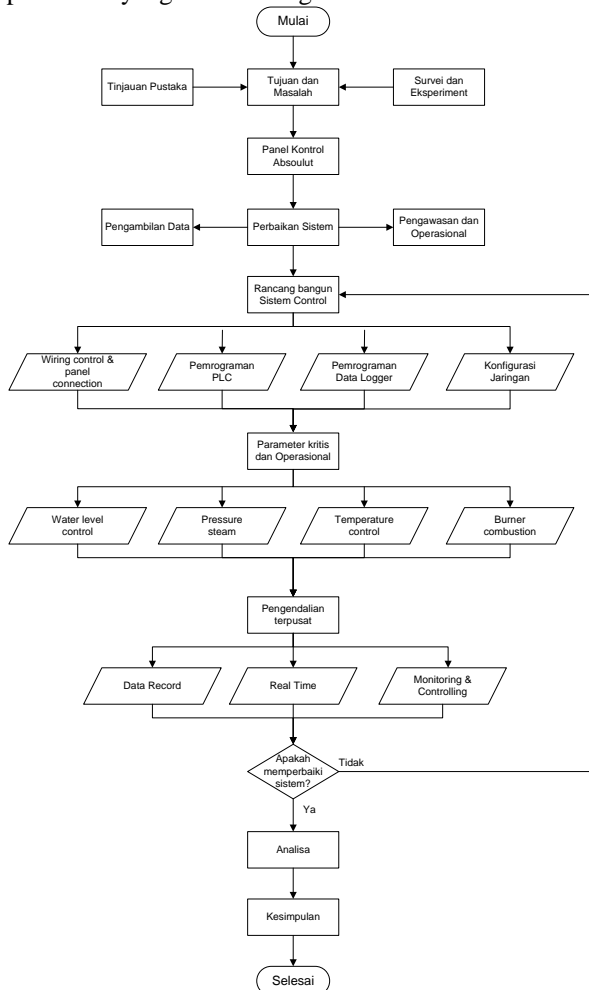
3. Metodologi Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen yaitu data diambil langsung dari lapangan untuk mendapatkan hasil penelitian, diawali dengan kajian pustaka tentang beberapa teori dasar PLC, *data logger* dan *SCADA system* baik perangkat atau *protocol hardware* dan *software* arsitektur yang digunakan, juga teori - teori lain yang terkait.

Selanjutnya adalah membuat rancangan program *software* PLC, *web data logger*, dan *remote I/O* berdasarkan susunan atau konfigurasi *hardware*, menentukan konfigurasi jaringan, setting *IP address web data logger*, *general setting parameter* berdasarkan *channel*, *scaling* dan *engineering unit*,

pembuatan panel kontrol, *wiring control* internal dan eksternal (koneksi menuju dan dari masing – masing part pada panel, *burner* dan *drum boiler*) dan pada bagian *supervisory control*-nya diuji coba dengan tes operasi, dilakukan pada saat boiler beroperasi yang menunjukkan kualitas performa masing - masing parameter yang digunakan.

Dilanjutkan dengan menghubungkan sistem komunikasi data yaitu melalui jaringan Ethernet menggunakan kabel UTP CAT5 dengan *connector* RJ-45 yang dapat digunakan untuk mengkonfigurasi ulang semua susunan *channel* dan parameter I/O, mensimulasikan dan membandingkan hasil rancang bangun apa yang sebaiknya diperbaiki untuk penelitian yang akan datang.



Gbr.6 – Flow chart penelitian

4. Parameter Kritis Boiler

4.1 Water Level

Level air pada tabung boiler dipertahankan pada level minimal 50% dan maksimal 85% menggunakan *water level control* (WLC) transducer sebagai kendali otomatis *start/stop feed pump* menggunakan *soft starter*. WLC juga sebagai monitoring level air ditampilkan pada panel kontrol dan desktop.

4.2 Pressure Steam

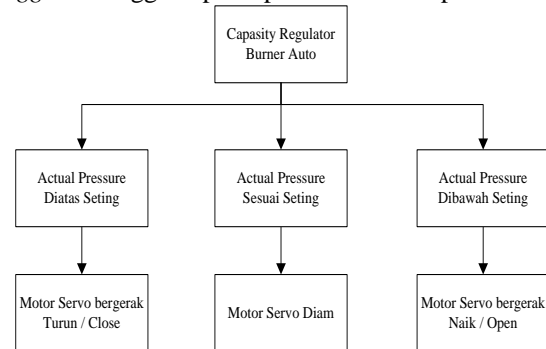
Tekanan uap output pada boiler dibatasi sesuai dengan kinerja atau kemampuan dan penggunaannya, dalam hal ini adalah 17,5 bar ($\pm 0,5$ bar) sesuai dengan proses steam output yang digunakan, seperti pada WLC kendali tekanan uap menggunakan *pressure transducer* yang mengendalikan pembakaran burner sehingga tekanannya stabil pada *setpoint* yang sudah ditetapkan.

4.3 Suhu Gas Buang

Kondisi normal suhu gas buang boiler pada saat beroperasi adalah kurang dari 200°C, jika melebihinya menandakan kelainan pada sistem pembakaran yang ditandai dengan *warning alarm* dan *event record* pada *web data logger*.

4.4 Burner Combustion

Pembakaran yang dihasilkan burner boiler besar kecilnya disesuaikan dengan *setpoint* parameter tekanan steam yang digunakan pada proses produksi, penggeraknya adalah actuator atau motor servo yang akan merubah pembakaran (0 – 100 %) dengan perputaran sudut 0 – 90 derajat dan kendali PID oleh *capacity regulator burner*. Pada actuator dipasang *potentiometer* dengan range 0 – 5 kΩ yang akan memberikan *feed back* pada *web data logger* sehingga dapat dipantau dari komputer.



Gbr.7 – Skema kendali burner combustion

5. Perancangan Sistem

5.1 Sistem Kerja

Boiler yang digunakan pada perancangan sistem ini sebagai penghasil uap untuk proses produksi dengan kapasitas pemakaian 20 Ton/jam dan tekanan kerja uap maksimal 24,5 bar menggunakan dua unit burner dengan salah satu bahan bakar antara gas atau solar.

Pada tahapan operasionalnya dirancang sedemikian rupa berdasarkan rancangan awal *maker* yang beberapa parameternya tidak direkomendasikan untuk diperbaharui agar terhindar dari dampak bahaya yang akan ditimbulkan, perancangan diutamakan pada sistem monitoring status operasional dan parameter kritis boiler, dan *remote* akses operasionalnya. Tabel 1 merupakan

sepuluh bagian pada operasional boiler yang akan dimasukkan kedalam sistem perancangan *web data*

logger yang dapat diakses secara *remote*.

Tabel 1 *Boiler operational remote access enable (digital output)*

| Remote Enable Access | Status | Keterangan |
|--------------------------------|----------|-------------------------------|
| 1. Feed Pump Hand | ON / OFF | operasional feed pump manual |
| 2. Feed Pump Auto | ON / OFF | operasional feed pump auto |
| 3. Feed Pump 1 | ON / OFF | pilihan Feed Pump 1 |
| 4. Feed Pump 2 | ON / OFF | pilihan Feed Pump 2 |
| 5. Burner ON | ON / OFF | start boiler |
| 6. Mode of Operation Gas | ON / OFF | menggunakan bahan bakar gas |
| 7. Mode of Operation Oil | ON / OFF | menggunakan bahan bakar solar |
| 8. Reset | ON / OFF | untuk reset fault dan alarm |
| 9. Output Control Partial Load | ON / OFF | manual pembakaran minimal |
| 10. Output Control Full Load | ON / OFF | manual pembakaran maksimal |

Kendali utama operasional boiler dirancang pada panel kontrolnya yang berada diruangan mesin, seperti pada tabel 1 parameter tersebut dapat diakses jika *selector switch* yang berada di panel pada posisi *remote enable* yang memungkinkan dikendalikan dari jarak jauh.

Untuk perancangan sistem pengawasan jarak jauh operasional boiler terdiri dari input digital dan analog berisi informasi status aktifitas boiler yang sedang berlangsung. Tabel 2 merupakan bagian – bagian parameter status operasional bersifat digital (*digital input*) dan tabel 3 untuk yang *analog input*.

Tabel 2 *Boiler monitoring status activity (digital input)*

| Monitor Status Boiler | Aktifitas | Keterangan |
|----------------------------|-----------|--|
| 1. Feed Pump Operation | ON / OFF | feed pump sedang beroperasi |
| 2. Full Load | ON / OFF | pembakaran burner maksimal |
| 3. Over Pressure | ON / OFF | tekanan uap boiler melebihi batas pertama |
| 4. Trouble Burner 1 | ON / OFF | gangguan pada burner 1 |
| 5. Trouble Burner 2 | ON / OFF | gangguan pada burner 2 |
| 6. Final Pressure | ON / OFF | tekanan uap boiler melebihi batas kedua |
| 7. Gas Pressure 1 | ON / OFF | tekanan gas pada burner 1 rendah |
| 8. Gas Pressure 2 | ON / OFF | tekanan gas pada burner 2 rendah |
| 9. Pre Warning | ON / OFF | peringatan awal level air pada drum boiler |
| 10. High / Low Water | ON / OFF | level air pada drum rendah atau tinggi |
| 11. Oil Operation Burner 1 | ON / OFF | burner 1 beroperasi menggunakan solar |
| 12. Gas Operation Burner 1 | ON / OFF | burner 1 beroperasi menggunakan gas |
| 13. Burner Operation | ON / OFF | blower burner sedang beroperasi |
| 14. Oil Operation Burner 2 | ON / OFF | burner 2 beroperasi menggunakan solar |
| 15. Gas Operation Burner 2 | ON / OFF | burner 2 beroperasi menggunakan gas |
| 16. Remote Enable | ON / OFF | boiler dapat dikendalikan dari jarak jauh |

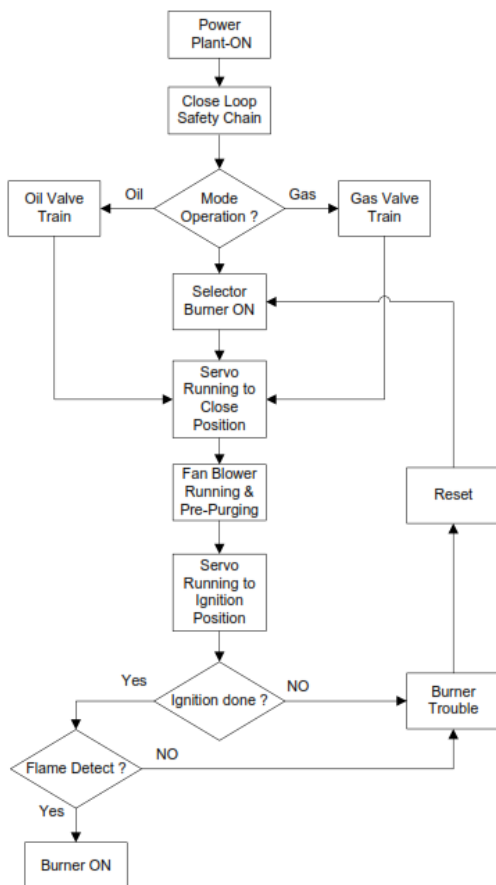
Tabel 3 *Boiler parameter monitoring status (analog input)*

| Monitor Status Boiler | Parameter Input | Keterangan |
|--------------------------|-----------------|--------------------------------|
| 1. Current | 0 - 200 amper | nilai arus keseluruhan panel |
| 2. Gas Pressure Burner 1 | 0 - 1000 mbar | tekanan gas pada burner 1 |
| 3. Oil Pressure Burner 1 | 0 - 25 bar | tekanan solar pada burner 1 |
| 4. Gas Pressure Burner 2 | 0 - 1000 mbar | tekanan gas pada burner 2 |
| 5. Oil Pressure Burner 2 | 0 - 25 bar | tekanan solar pada burner 2 |
| 6. Water Level | 0 - 100 % | level air pada tabung boiler |
| 7. Pressure Steam | 0 - 40 bar | tekanan uap pada boiler |
| 8. Flue Temperature | 0 - 300 °C | suhu pada gas buang pembakaran |
| 9. Pembakaran Burner 1 | 0 - 100 % | nilai pembakaran burner 1 |

5.1.1 Operasional Normal

Merupakan operasional kondisi normal tanpa gangguan, pada kondisi ini boiler bekerja berdasarkan parameter standar yang telah ditetapkan *maker* dan *set point* sesuai dengan kebutuhan proses produksi. Nampak gambar 8 saat boiler beroperasi kedua *burner* bekerja bersamaan menggunakan gas alam atau solar sebagai bahan bakarnya.

Gambar 8 menjelaskan deskripsi kerja operasional boiler secara normal. Ketika power tersedia dan sistem proteksi pada batasan aman boiler untuk dapat dihidupkan dengan dua pilihan bahan bakar antara gas atau solar, ketika mulai dihidupkan dengan memutar *selector switch burner* pada posisi ON, maka *servo* bergerak pada posisi *close* diikuti dengan *motor blower burner* bekerja untuk melakukan pembilasan, lalu *servo* bergerak pada posisi *ignition*, jika ada api terdeteksi oleh *flame sensor* maka boiler akan langsung beroperasi, tapi jika tidak ada api maka indikator *burner trouble* menyala yang menandakan ada masalah pada *burner system*. Untuk mengembalikannya pada kondisi normal tombol reset harus ditekan dan penyebab gangguan sudah benar – benar *realese*.



Gbr.8 – Flow chart deskripsi kerja operasional normal

Burner akan menyala dan boiler beroperasi secara normal jika parameter *safety* atau proteksi (*close loop safety chain*) terpenuhi dan *reliability* komponen *ignition* dengan menggunakan pilihan salah satu bahan bakar antara gas atau solar, jika beberapa parameter seperti disebutkan pada tabel 3.4 tidak terpenuhi maka burner tidak bisa *start* (gagal pembakaran) sampai penyebabnya *release*, parameter tersebut antara lain:

- Jika menggunakan gas, tekanannya pada masing – masing burner ≥ 100 mbar.
- Jika menggunakan solar, tekanannya pada masing – masing burner ≥ 17 bar.
- Level air pada drum boiler ≥ 40 %.
- Tekanan uap pada drum boiler < 18 bar.

Empat parameter tersebut harus selalu dijaga pada batasan aman operasional boiler, secara manual untuk *set point* parameter bahan bakar (*setting regulator valve*) dan secara otomatis untuk menjaga stabilitas level air dan tekanan uap.

5.1.2 Operasional Gangguan

Merupakan operasional pada saat boiler beroperasi mengalami gangguan, baik bersifat alarm peringatan atau yang menjadikan boiler *shut down*. Telah disebutkan diatas merupakan empat parameter yang harus dipenuhi, jika tidak maka boiler akan *shut down*. Sebelumnya akan ada alarm peringatan awal agar operator segera mengambil tindakan atas gangguan yang terjadi. Berdasarkan hasil pengamatan dilapangan dan kebutuhan sebuah boiler untuk proses produksi yaitu uap saturasi (*saturated steam*) yang dihasilkan berada pada kisaran 17,5 bar ($\pm 0,5$ bar) maka perancangannya menjaga agar pembakaran burner berdasarkan set point tekanan uap tersebut. Boiler tidak akan mengalami gangguan jika sistem bekerja sesuai rancangan kecuali ada faktor eksternal diluar perkiraan, misalnya ada kerusakan mekanis pada *feed pump* yang seharusnya pompa bekerja mengisi air drum pada level 60% tapi level tidak bertambah sedangkan burner masih bekerja yang mengakibatkan level akan turun terus sampai batas 45% alarm prewarning menyala, jika tidak ada tindakan dari operator maka boiler akan *shut down* pada level 40% (*low water*), tindakan ini sebagai *safety system* dari dampak bahaya boiler yang akan ditimbulkan.

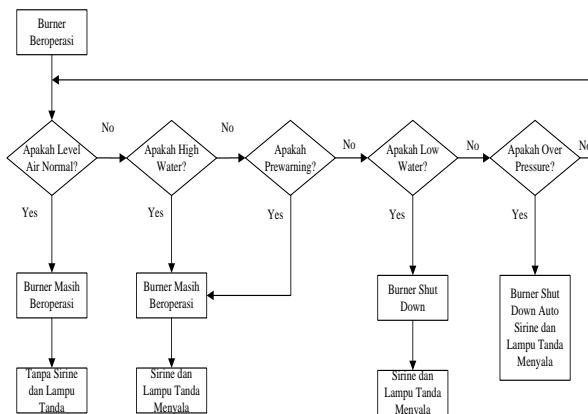
Tabel 4 dan gambar 9 *flow chart* menerangkan rancangan status boiler berdasarkan parameter aktual dan dampak yang diakibatkan dari parameter

tersebut, kecuali suhu gas buang pembakaran dipantau hanya untuk mengetahui seberapa tinggi nilainya sebagai acuan perawatan pipa api pada boiler. Nilai tersebut menunjukkan parameter ketika

boiler sedang beroperasi yang akan menyebabkannya *shutdown* (diluar bahan bakar) adalah level air dan tekanan uap pada tabung boiler yang melewati batasan aman operasionalnya.

Tabel 4 Boiler respon terhadap status parameter

| Monitor Status Parameter Boiler | | | Boiler Respon |
|---------------------------------|-----------|-----------------|------------------------------------|
| Water Level | 40% | low water | alarm boiler Shut down |
| | 45% | Prewarning | alarm boiler masih beroperasi |
| | 60% | start feed pump | boiler beroperasi normal |
| | 80% | stop feed pump | boiler beroperasi normal |
| | 85% | high water | alarm boiler masih beroperasi |
| Pressure Steam | 17,5 bar | pressure normal | boiler beroperasi normal |
| | >17,5 bar | pressure lebih | boiler beroperasi pembakaran turun |
| | <17,5 bar | pressure kurang | boiler beroperasi pembakaran naik |
| | 18 bar | over pressure | alarm boiler shut down secara auto |
| Flue Temperature | ≥290 °C | suhu tinggi | alarm boiler masih beroperasi |
| | <290 °C | suhu normal | boiler beroperasi normal |



Gbr. 9 Flow chart boiler respon terhadap status parameter

6. Konfigurasi

Untuk menjadikan rancangan berdasarkan parameter – parameter tersebut ada beberapa konfigurasi yang harus dibuat agar sistem bekerja sesuai fungsinya yang menggambarkan bentuk atau susunan *hardware*, *software* dan jaringan yang digunakan.

Ada beberapa boiler pada ruang mesin, tapi hanya satu unit yang akan dimonitor oleh PC diruang kendali, PC tersebut terhubung dengan LAN *Corporate*, sehingga memungkinkan koneksi dengan PC lainnya dalam satu jaringan (interkoneksi). Pada konfigurasi dan arsitektur hardwarenya PLC dan *transducer* memberikan input pada *data logger* yang akan diteruskan ke PC melalui jaringan, dan sebaliknya PC bisa mengendalikan output *data logger* untuk operasional boiler (interaksi dua arah).

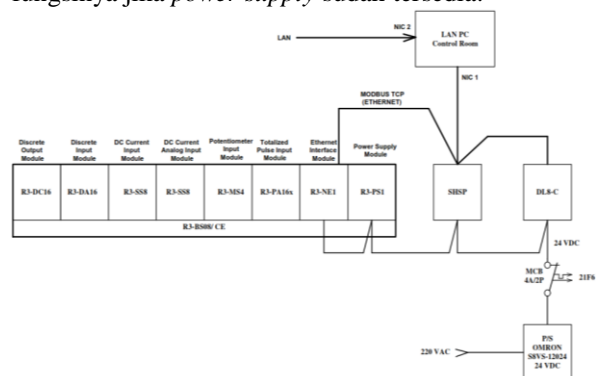
Software yang digunakan untuk rancang bangun konfigurasi menggunakan Windows PC dengan

operating system Windows XP yang sudah diinstal *software* antara lain, driver untuk *PC configurator cable*, *configurator software web data logger*, *remote I/O configurator*, *PLC software programmer*, dan *VNC viewer* sebagai *server* agar operasionalnya dapat dimonitor oleh PC yang menggunakan jaringan LAN yang sama.

6.1 Konfigurasi Hardware

Pada sisi *hardware* rancangan konfigurasi terdiri dari beberapa komponen utama dan pendukung yang saling berkorelasi satu dan lainnya sehingga kegagalan salah satu perangkat atau modul akan mempengaruhi sistem secara keseluruhan.

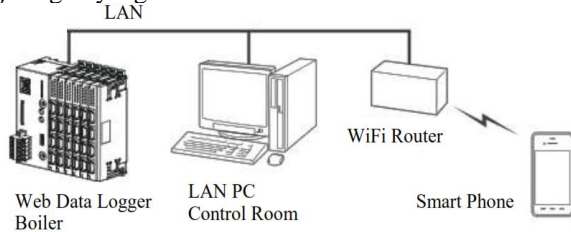
Gambar 10 menjelaskan bahwa semua parameter input boiler baik digital atau analog masuk ke *data logger modul* melalui *Ethernet interface module* yang diteruskan ke LAN PC yang ada di ruang kendali melalui *Ethernet switch* menggunakan *Ethernet cable* UTP CAT5. Begitu sebaliknya ketika LAN PC mengendalikan boiler secara *remote*, maka yang bekerja adalah *output modul* dari *data logger*. Modul – modul tersebut akan bekerja sesuai fungsinya jika *power supply* sudah tersedia.



Gbr. 10 konfigurasi hardware web data logger

6.2 Konfigurasi Jaringan

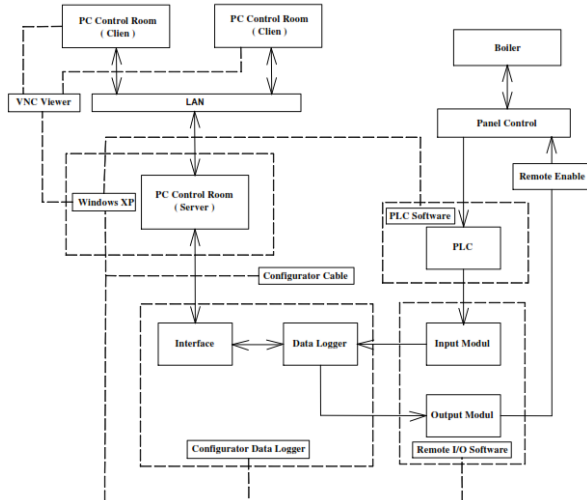
Seperti pada gambar 11 perancangan ini menggunakan konfigurasi jaringan LAN *corporate* yang bertujuan agar setiap PC yang terhubung dengan LAN dapat memantau aktifitas operasional boiler bahkan dapat mengontrolnya jika *selector switch* pada panel kontrol diposisi *remote enable*. Penggunaan jaringan ini juga sebagai cara untuk menghubungkan lebih dari satu unit *web data logger device*, dan mengizinkan untuk mengaksesnya dengan sebuah terminal yang terhubung pada jaringan yang sama.



Gbr. 11 Perancangan konfigurasi jaringan LAN

6.3 Konfigurasi Software

Pada sisi software konfigurasinya seperti pada gambar 12 terlihat dari masing – masing software memiliki peranan penting agar sistem berfungsi sesuai rancangan. Semua *software* diinstal pada PC yang berada pada ruang kendali hanya untuk konfigurasi awal karena harus disesuaikan dengan susunan slot pada base plate I/O, *channel hardware* dan pengalamatan I/O dan IP *web data logger*. Pengalamatan susunan I/O menggunakan *remote I/O software* sedangkan untuk pengalamatan IP menggunakan *configurator data logger*.



Gbr 12 Perancangan konfigurasi software

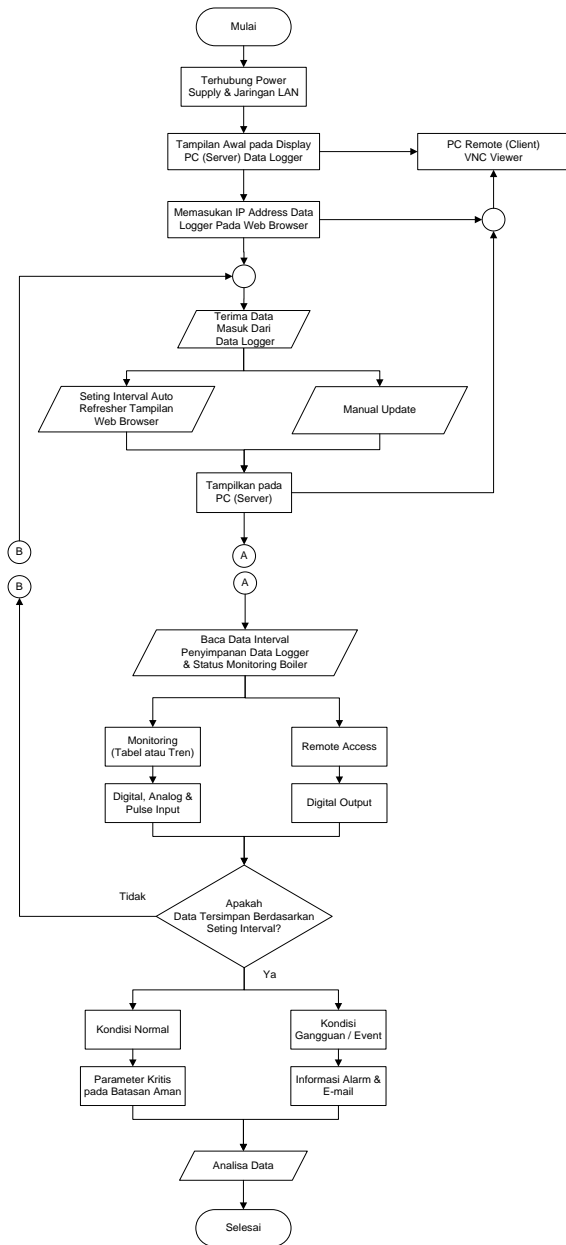
Dari gambar 12 dijelaskan bahwa panel kontrol terdapat PLC sebagai kendali utama operasional boiler, output dari PLC akan menjadi input bagi *data logger* sedangkan output data logger langsung ke panel kontrol untuk *remote access* operasional boiler

jika posisi *selector switch*-nya pada posisi *remote enable*. Semua modul baik I/O, *Ethernet interface modul* atau *data logger device* memerlukan konfigurasi awal untuk pertama kali penggunaannya menggunakan *configurator software*. Melalui *interface modul*, komunikasi antara masing – masing modul dan komputer yang terdapat di *control room (desktop server)* dapat terhubung. Jaringan LAN adalah media komunikasi data yang digunakan dalam rancangan ini sehingga dengan menggunakan *software VNC viewer* memungkinkan setiap komputer (*client*) yang terhubung dengan jaringan LAN dapat mengakses aktifitas operasional boiler.

7. Hasil dan Analisa

Mengambarkan hasil pemantauan sistem operasional dan status boiler yang sebelumnya secara *direct on-site* pada panel kendalinya menjadi *remote access*, menampilkan hasil *data logging system (trend display)* pada PC dengan hasil penyimpanan aktivitas boiler di *data base* atau memori eksternal berikut analisisnya. Sistem pemantauan dan kendali jarak jauhnya diakses oleh PC *server* dan *client* dengan *VNC viewer* yang terhubung LAN.

Seperti nampak pada gambar 13 merupakan *flow process chart* hasil dari rancangan tampilan dan penyimpanan data *web data logger*.



Gbr. 13 Flow chart proses tampilan dan penyimpanan data web data logger

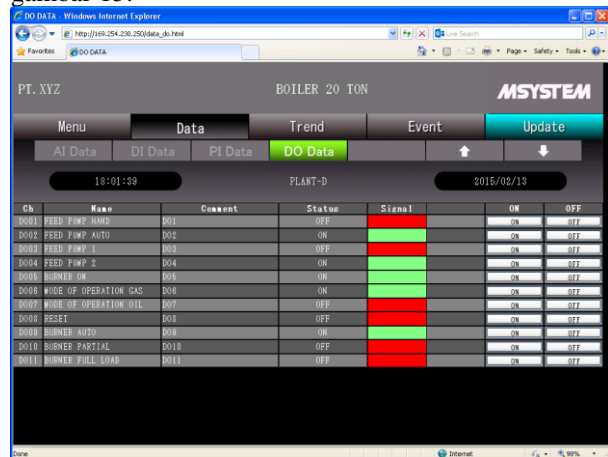
Gambar 13 diatas menjelaskan mulai dari memasukan alamat IP *data logger* yang bisa dilakukan PC *server* atau *client* data yang masuk dari *data logger* ditampilkan di PC dengan interval perubahan tampilan berdasarkan seting IE *refresher* atau dengan menekan tombol *update* pada monitor PC. Data yang dibaca adalah semua status aktifitas mesin boiler yang akan disimpan pada *data base* atau *external memory (SD card)*.

Tampilan yang akan diperlihatkan pada PC berupa tabel dan grafik untuk semua input modulnya, sedangkan digital output hanya berupa tabel. Pada kondisi normal operasi menandakan boiler bekerja pada batasan amannya, jika terjadi

gangguan maka sistem warning akan langsung menginformasikannya.

7.1 Remote Access Control

Untuk kendali jarak jauh mengacu pada hasil perancangan sistem kerjanya yang disusun berdasarkan tabel 1. Gambar 14 adalah *overview* pada monitor PC yang merupakan keseluruhan bagian panel yang dapat dikendalikan secara *remote*. *Remote acces control* dapat dilakukan apabila posisi *selector switch* pada panel kontrol di posisi *remote enable* yang ditandai dengan menyalanya tanda ON pada baris *remote enable* seperti pada gambar 15.



Gbr. 14 Overview PC display remote access control (digital output)

Gambar 14 diatas menjelaskan sebelas bagian parameter boiler yang dapat diakses oleh PC secara *remote*. Pada tampilannya terlihat beberapa tombol *main menu* dengan zona waktu yang telah ditetapkan. Pada *main menu* "Data" terdiri dari "sub data" antara lain, AI Data (*analog input data*), DI Data (*data digital input*), PI Data (*pulse input data*) dan DO Data (*digital output data*). Terlihat tombol DO Data yang ditampilkan pada PC dalam bentuk tabel, status ON atau OFF dibedakan berdasarkan tampilan warna pada kolom.

7.2 Monitoring Status Operasional

Untuk memantau status operasionalnya berdasarkan susunan parameter yang telah ditetapkan pada tabel 2 dan 3.

Seperti pada gambar 15 merupakan *overview* status operasional aktual boiler yang sedang berlangsung dalam bentuk tampilan tabel yang ditampilkan pada PC yang menjelaskan enambelas status parameter (*digital input data*) yang dapat dipantau oleh PC. Status ON atau OFF dibedakan berdasarkan tampilan warna pada kolom (hijau adalah ON dan merah adalah OFF).



Gbr. 15 Overview PC display monitoring status operational (digital input)

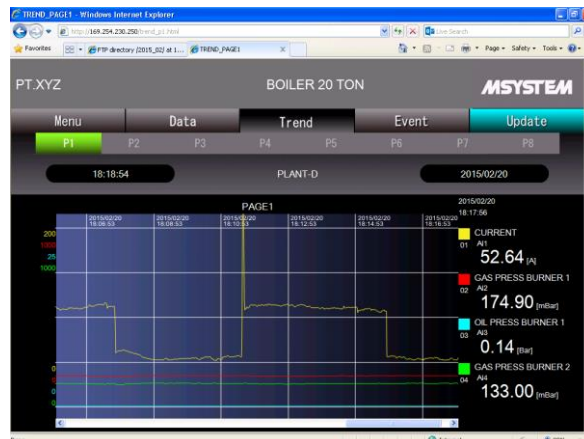
Seperti nampak pada gambar 16 merupakan *overview* status operasional aktual boiler yang sedang berlangsung dalam bentuk tampilan tabel yang ditampilkan pada PC menjelaskan sepuluh status parameter (*analog input data*) yang dapat dipantau oleh PC. Pada kolom data diperlihatkan nilai aktual parameter dan kolom unit adalah satuan dari nilai data tersebut.



Gbr. 16 Overview PC display monitoring status operational (analog input)

7.3 Trend Display

Tren display merupakan tampilan dalam bentuk grafik berdasarkan *time interval* atau *sampling rate* yang telah ditentukan untuk memantau semua parameter input (*digital* dan *analog input*) yang terekam pada monitor PC dan melihat status operasional waktu sebelumnya. Seperti nampak pada gambar 17 merupakan tampilan parameter *analog input* yang pada tampilannya PC hanya mampu menampilkan maksimal empat parameter.

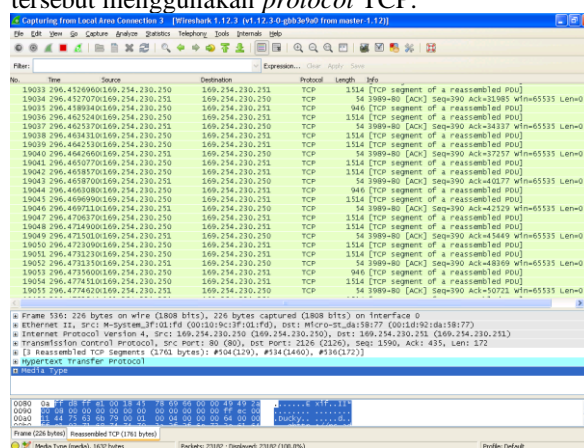


Gbr. 17 Overview PC trend display monitoring status operational four parameter (analog input)

Pada gambar 17 menjelaskan empat tampilan parameter *analog input* pada main menu "Trend" dengan tampilan pada sub menu "P1" berdasarkan susunan pada tabel 3. Pada tampilannya terlihat skala parameter masing – masing input dengan *time interval* dua menit untuk setiap *time scale partition*-nya. Diperlihatkan pada tampilan sebelah kanan nilai aktual operasional arus, tekanan gas pada burner 1, tekanan bahan bakar solar burner 1 dan tekanan gas pada burner 2, sedangkan pada tampilan sebelah kiri merupakan skala berdasarkan *setting* parameter dan kemampuan maksimal *transducer*. Terlihat pada tampilan grafiknya nilai arus bergerak fluktuatif menandakan *feed pump* bekerja ON/OFF berdasarkan *level* air aktual pada *drum boiler*.

7.4 Analisa Jaringan

Pada gambar 18 memperlihatkan hasil *capture* dari *network protocol analyzer* memperlihatkan *IP address data logger modul* menunjukkan 169.254.230.250 dan *IP address* untuk *Ethernet interface modul* adalah 169.254.230.251 pada gambar 18 juga memperlihatkan komunikasi dua arah pada jaringan LAN antara kedua modul tersebut menggunakan *protocol TCP*.



Gbr. 18 Overview capture network protocol analyzer - Wireshark software

7.5 Data Storage

Telah dijelaskan sebelumnya bahwa penyimpanan data aktivitas operasional boiler melalui *web data logger* disimpan pada *data base* atau *memory external (SD card)* dalam bentuk format CSV. Data diambil dan disimpan dengan tujuan memudahkan analisa ketika terjadi gangguan pada operasionalnya, sehingga dengan mengetahui penyebabnya, kegagalan operasional dapat ditanggulangi dan tidak terulang kembali.

Pada gambar 19 memperlihatkan tampilan data yang terekam dalam format CSV yang menjelaskan urutan waktu berdasarkan *setup time interval (sampling rate)* yang sudah ditentukan (di-*setup* sebelumnya) dan data record aktifitas operasional boiler berdasarkan urutan konfigurasi modul I/O yang sudah ditetapkan.

Pembacaan data yang terekam dimulai dari kiri yang merepresentasikan waktu setempat data diambil dengan urutannya seperti pada tampilan sub menu data pada komputer antara lain data analog input, data digital input, data pulse input, dan data digital output.

| Time | Pressure | Temperature | Flow | Status 1 | Status 2 | Status 3 | Status 4 | Status 5 | Status 6 | Status 7 | Status 8 | Status 9 | Status 10 | |
|-----------------------|----------|-------------|-------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------|-----|
| 2019/02/20 05:10:00 | 115.0 | 178.4 | 0.15 | 100.0 | 0.10 | 64.61 | 17.36 | 202.7 | 40 | 30.0N | OFF | OFF | OFF | OFF |
| 2019/02/20 05:01:15.1 | 171.5 | 0.15 | 128.8 | 0.10 | 62.76 | 17.6 | 202.9 | 40 | 40.0N | OFF | OFF | OFF | OFF | OFF |
| 2019/02/20 05:10:00 | 115.0 | 178.4 | 0.15 | 100.0 | 0.10 | 64.61 | 17.36 | 202.7 | 40 | 30.0N | OFF | OFF | OFF | OFF |
| 2019/02/20 05:04:34 | 171.9 | 0.15 | 132.6 | 0.10 | 63.57 | 17.67 | 203.0 | 40 | 50.0N | OFF | OFF | OFF | OFF | OFF |
| 2019/02/20 05:05:46.4 | 171.6 | 0.15 | 134.5 | 0.10 | 63.37 | 17.6 | 202.9 | 39 | 20.0N | OFF | OFF | OFF | OFF | OFF |
| 2019/02/20 05:06:58 | 172.2 | 0.15 | 127.9 | 0.10 | 75.99 | 17.26 | 202.8 | 47 | 40.0N | OFF | OFF | OFF | OFF | OFF |
| 2019/02/20 05:07:58.9 | 171.8 | 0.15 | 132.2 | 0.10 | 76.79 | 17.5 | 202.9 | 39 | 20.0N | OFF | OFF | OFF | OFF | OFF |
| 2019/02/20 05:09:36.0 | 171.9 | 0.15 | 133.6 | 0.10 | 67.23 | 17.6 | 204.1 | 39 | 20.0N | OFF | OFF | OFF | OFF | OFF |
| 2019/02/20 05:09:59.4 | 171.6 | 0.15 | 132.2 | 0.10 | 69.62 | 17.46 | 202.2 | 47 | 20.0N | OFF | OFF | OFF | OFF | OFF |
| 2019/02/20 05:10:17.3 | 171.9 | 0.15 | 135.2 | 0.10 | 58.98 | 17.52 | 202.9 | 46 | 30.0N | OFF | OFF | OFF | OFF | OFF |
| 2019/02/20 05:11:14.8 | 172 | 0.15 | 130.9 | 0.10 | 72.24 | 17.6 | 202.9 | 42 | 40.0N | OFF | OFF | OFF | OFF | OFF |
| 2019/02/20 05:12:13.6 | 171.8 | 0.15 | 131.2 | 0.10 | 74.85 | 17.56 | 202.9 | 42 | 37.0N | OFF | OFF | OFF | OFF | OFF |
| 2019/02/20 05:13:11.7 | 171.6 | 0.15 | 130.9 | 0.10 | 61.25 | 17.48 | 202.2 | 42 | 20.0N | OFF | OFF | OFF | OFF | OFF |
| 2019/02/20 05:14:30.0 | 172.7 | 0.15 | 139.9 | 0.10 | 83.38 | 17.75 | 204.3 | 43 | 30.0N | OFF | OFF | OFF | OFF | OFF |
| 2019/02/20 05:15:48.2 | 172.6 | 0.15 | 134.4 | 0.10 | 61.25 | 17.48 | 202.2 | 37 | 20.0N | OFF | OFF | OFF | OFF | OFF |
| 2019/02/20 05:16:48.6 | 171.1 | 0.15 | 132 | 0.10 | 68.86 | 17.61 | 203.5 | 43 | 20.0N | OFF | OFF | OFF | OFF | OFF |
| 2019/02/20 05:17:13.0 | 171.8 | 0.15 | 131.2 | 0.10 | 68.61 | 17.6 | 204.4 | 42 | 30.0N | OFF | OFF | OFF | OFF | OFF |
| 2019/02/20 05:18:18.2 | 171.1 | 0.15 | 131.1 | 0.10 | 63.76 | 17.67 | 203.0 | 40 | 30.0N | OFF | OFF | OFF | OFF | OFF |
| 2019/02/20 05:19:23.6 | 171.6 | 0.15 | 132.7 | 0.10 | 68.28 | 17.6 | 204.4 | 39 | 20.0N | OFF | OFF | OFF | OFF | OFF |
| 2019/02/20 05:20:31.8 | 171.7 | 0.15 | 130.4 | 0.10 | 73.95 | 17.46 | 204.1 | 46 | 34.0N | OFF | OFF | OFF | OFF | OFF |
| 2019/02/20 05:21:34.9 | 171.8 | 0.15 | 129 | 0.10 | 61.44 | 17.52 | 204.4 | 41 | 20.0N | OFF | OFF | OFF | OFF | OFF |

Gbr. 19 Isi file hasil penyimpanan web data logger

8. Kesimpulan

Tujuan penelitian ini adalah merancang sistem pemantauan, kendali dan penyimpanan data operasional sebuah *industrial boiler* terutama pada parameter kritisnya yang berpotensi menimbulkan kecelakaan. Hasil rancang bangun menunjukkan boiler dapat bekerja sesuai dengan rancangan dan tahapan operasinya yang dapat dipantau dan dikendalikan komputer dari jarak jauh dengan LAN sebagai media komunikasi yang dibuktikan dengan adanya interaksi IP address antara *web data logger* dan *Ethernet interface modul* dengan TCP sebagai *protocol*-nya menggunakan *software wireshark*. Hasil perancangan juga menunjukkan otomasi sistem bekerja agar parameter kritisnya berada pada batasan aman operasional sebuah boier, terutama pada *system pressure*-nya yang merupakan *key performance indicator* sebuah boiler untuk proses *manufacturing* harus stabil pada tekanan *set point*.

Data aktifitas operasionalnya disimpan pada *data base* komputer atau *memory external web data logger* dengan format CSV yang dapat dibaca berbagai format *text-editor*.

Teknologi PLC sebagai kendali utama *system control* saat ini lazim digunakan karena fleksibilitasnya yang mampu menyesuaikan dengan perangkat lain termasuk *web data logger* yang merupakan salah satu metode untuk pemantauan dan kendali suatu mesin atau sistem yang memanfaatkan jaringan *Ethernet corporate*. Secara konsep sistem ini mampu diakses secara *real time* kapan dan dimana saja selama terhubung dengan jaringan *internet*. Digunakannya jaringan LAN *corporate* demi keamanan dengan tujuan agar sistem tidak bisa diakses dari luar area perusahaan. Sistem ini memiliki keterbatasan dalam visualisasinya dibandingkan dengan sistem SCADA yang mampu menunjukkan *plant overview* secara keseluruhan, sedangkan *web data logger* hanya menampilkan data tabel dan grafik yang hanya dapat dipahami oleh orang yang terlibat didalamnya.

9. Saran

Sistem perancangan ini dapat dikembangkan untuk penelitian yang akan datang dengan memanfaatkan *web data logger* sebagai komunikasi RTU ekstensi sistem SCADA dan PLC sebagai kendali utamanya, sehingga diharapkan akan lebih memudahkan jika akan membangun arsitektur sistem SCADA dengan melanjutkan sistem ini.

Tema *energy management system* saat ini menjadi *trending topic* penelitian termasuk untuk sistem kendali, dengan tema ini diharapkan penelitian mengenai sistem *monitoring and control* dapat dikembangkan agar sistem bekerja optimal dengan efisiensi tinggi, misalkan untuk sistem kendali boiler pada parameter kritisnya dapat memanfaatkan VSD sebagai kendali PID pada pengendalian putaran *electro motor AC burner* dan *feed pump* sehingga motor bekerja optimal sesuai kebutuhannya, burner bekerja berdasarkan *pressure steam* dan *feed pump* bekerja sesuai level air, dan diharapkan nilai – nilai parameter kritis pada boiler akan stabil berdasarkan *set point* yang dikehendaki.

Daftar Pustaka

- [1]. Deepthi, K., & Prasad, A. M. (2012). Wireless Data logging and Supervisory Control of Process Using LabVIEW. *Journal of Electronics and Communication Engineering*, Vol. 1, no. 2, (pp. 15-19).
- [2]. Tugino, Purwanto, Y., & Handayani, Tri. (2011). Rancang Bangun Sistem Pengendalian Tinggi Permukaan Air dan Suhu Cairan Berbasis PLC – SCADA. *Jurnal Teknik Elektro*, Vol. 3, no. 1, (pp. 14-19).

- [3]. Shankar, Gowri, K. (2008). Control of Boiler Operation using PLC – SCADA. *Proceedings of the International Multi Conference of Engineers and Computer Scientists*, Vol. 2, (pp. 19-21). Hong kong.
- [4]. Marpaung, N. L., & Ervianto, Edy. (2012). Data Logger Sensor Suhu Berbasis Mikrokontroler ATmega 8535 dengan PC sebagai Tampilan. *Jurnal Ilmiah Elite Elektro*, Vol. 3, no.1, (pp. 37-42).
- [5]. Bhaiswar, Roshan., & Kshirasagar, P. (2008). Optimization of Energy for Industrial Heater Using PLC and SCADA. *International Journal of Computer Technology and Electronics Engineering*, Vol. 2 no. 1, (pp. 200-204).
- [6]. Kumar, S. R., & Rameshkumar, S. (2013). Industrial Temperature Monitoring and Control System Through Ethernet LAN. *International Journal Of Engineering And Computer Science*, Vol. 2 no. 6, (pp. 1988-1991).
- [7]. Poman, A, Gundras, Mahesh., & Pujari, Prashant. (2012). GSM Based LAN Monitoring System. *International Journal of Computer Science and Information Technologies*, Vol. 3, no. 3, (pp. 3848-3851).
- [8]. Sunardi, Joko, Sutanto, & Prihantono, Singgih Eko. (2009). Rancang Bangun Antarmuka Mikrokontroler ATMEGA32 dengan Multimedia Card. *Seminar Nasional V SDM Teknologi Nuklir*, (pp. 135-141).
- [9]. Alihussein, A. M. (2010). *A Supervisory Control and Data Acquisition (SCADA) for Water Distribution System of Gaza City*. Master Thesis, The Islamic University of Gaza.
- [10]. Agrawal, Roopal. (2012). *Internet Based Data Logging and Supervisory Control of Boiler Drum Level Using LabVIEW*. Master Thesis, Department of Electronics & Communication Engineering National Institute of Technology, Rourkela Odisha, India.
- [11]. Atabani, A. E. (2012). *Energy Economical and Environmental Analysis of Industrial Boiler*. Academic Publishing doctoral dissertation, University of Malaya, Malaysia.
- [12]. Beecher, Henry Ward. (1999). *Introduction to PLC Programming and Implementation—from relay logic to PLC logic*. Marietta, Georgia: Industrial Text and Video Company.
- [13]. Wong, K. Daniel. (2005). *Wireless Internet Telecommunication*. Boston, London: Artech House.
- [14]. Jack, Hugh. (2008). *Automating Manufacturing Systems with PLCs Version 5.1*. Boston: Free Software Foundation, Inc.
- [15]. Boyer, Stuart A. (2004). *SCADA: Supervisory Control and Data Acquisition 3rd Edition*. United State of America: ISA – The Instrumentation, Systems and Automation Society.
- [16]. Awaludin, Asif, Nugroho, G. A., Latief, C., & Budiyo, Afif. (2010). Rancang Bangun Alat Pengukur dan Sistem Jaringan Data CO₂ di Indonesia Berbasis Web. *Jurnal Sains Dirgantara*, Vol. 8, no. 1, (pp. 79-101).