



UNIVERSITAS DIPONEGORO

**RANCANG BANGUN DAN INSTALASI SISTEM
KONTROL BOILER KAPASITAS 155 KG/JAM
DENGAN TEKANAN KERJA 3 BAR**

TUGAS AKHIR

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Ahli madya

1. Johan Felani	LOE 007 037
2. Mohammad Arifin	LOE 007 045
3. Muhamad Syahrudin	LOE 007 046
4. Muhammad Arwani	LOE 007 047
5. Yulius Widiardi P.W	LOE 007 070

**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI DIPLOMA III TEKNIK MESIN
SEMARANG
JANUARI 2011**

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Tugas akhir ini adalah hasil karya saya sendiri, dan semua sumber baik yang dikutip maupun yang dirujuk telah saya nyatakan dengan benar.

- | | |
|------------------------|-------------|
| 1. Johan Felani | LOE 007 037 |
| 2. Mohammad Arifin | LOE 007 045 |
| 3. Muhamad Syahrudin | LOE 007 046 |
| 4. Muhammad Arwani | LOE 007 047 |
| 5. Yulius Widiardi P.W | LOE 007 070 |

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : MOHAMMAD ARIFIN
Nim : LOE 007 045
Program Studi : DIPLOMA III TEKNIK MESIN
Judul Tugas Akhir : RANCANG BANGUN DAN INSTALASI
SISTEM KONTROL BOILER KAPASITAS 155
KG/JAM DENGAN TEKANAN KERJA 3 BAR

Telah berhasil dipertahankan dihadapan Tim Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Ahli madya pada Program Studi Diploma III T.Mesin Fakultas Teknik Universitas Diponegoro.

TIM PENGUJI

Pembimbing I : Ir. Rahamat ()
Pembimbing II : Didik Ariwibowo, ST ()
Penguji : ()

Semarang, Januari 2011
Program Studi Diploma III Teknik Mesin
Ketua

Ir. Sutomo, M.si
NIP. 1952032211987031001

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

MOTTO :

- ✚ Tiadanya keyakinanlah yang membuat orang takut menghadapi tantangan; dan saya percaya pada diri saya sendiri. **Muhammad Ali**
- ✚ Kebanyakan dari kita tidak mensyukuri apa yang sudah kita miliki, tetapi kita selalu menyesali apa yang belum kita capai. **Schopenhauer**
- ✚ Sesuatu yang belum dikerjakan, seringkali tampak mustahil; kita baru yakin kalau kita telah berhasil melakukannya dengan baik. **Evelyn Underhill**
- ✚ Banyak kegagalan dalam hidup ini dikarenakan orang-orang tidak menyadari betapa dekatnya mereka dengan keberhasilan saat mereka menyerah. **Thomas Alva Edison**
- ✚ Knowledge and skills are tools, the workman is character.

PERSEMBAHAN

- Ibu dan ayahku tercinta
- Bapak dan ibu dosen yang terhormat
- Segenap karyawan dan staf PSD III Teknik Mesin
- Teman-teman yang tersayang

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini dengan baik dan lancar tanpa ada halangan yang berarti. Laporan ini penulis susun sebagai syarat untuk menyelesaikan studi di Program Studi Diploma III Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Diponegoro Semarang.

Terselesaikannya penulisan laporan tugas akhir ini tidak terlepas dari bantuan, bimbingan, kritik, dan saran serta dorongan dari berbagai pihak baik bantuan secara moril maupun materiil. Penulis menyampaikan banyak terima kasih kepada semua pihak yang secara langsung maupun tidak langsung terlibat dalam penyelesaian tugas akhir ini. Ucapan terima kasih penulis tujukan kepada :

1. Bapak Ir. H. Zainal Abidin. MS, selaku Ketua Program Diploma Fakultas Teknik Universitas Diponegoro.
2. Bapak Ir. Sutomo M.Si selaku Ketua PSD III Teknik Mesin Universitas Diponegoro.
3. Bapak Drs. Juli Mrihardjono, selaku Dosen Wali yang telah memberikan petunjuk dengan sabar dan bijaksana.
4. Bapak Ir. Rahmat dan Bapak Didik Ariwibowo, ST selaku Dosen Pembimbing yang telah sabar membimbing.
5. Bapak dan Ibu dosen beserta staf pengajar pada Program Studi Diploma III Teknik Mesin Universitas Diponegoro yang telah banyak memberikan arahan.
6. Bapak dan Ibu tersayang, atas do'a dan bantuan yang tak terhingga baik dari segi moral maupun material.
7. Bapak Joko yang telah membantu dalam proses pembuatan sistem kontrol.
8. Teman-teman satu angkatan PSD III Teknik Mesin Universitas Diponegoro.
9. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu yang telah membantu dalam penulisan laporan ini.

Penulis menyadari bahwa laporan ini masih jauh dari sempurna karena keterbatasan pengetahuan dan pengalaman penulis miliki. Oleh karena itu, saran dan kritik yang membangun sangat penulis harapkan guna penyusunan laporan selanjutnya.

Akhirnya penulis berharap semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi penulis sendiri khususnya maupun bagi pembaca pada umumnya..

Semarang, Januari 2011

Penulis

ABSTRAKSI

Pada Laboratorium Konversi Energi PSD III Teknik Mesin terdapat fasilitas unit *boiler* dengan tekanan kerja maksimal 3 bar sebagai hasil rancang bangun tahap I yang dilakukan oleh team mahasiswa terdahulu.

Hasil rancang bangun tahap I tersebut belum dilengkapi dengan sistem kontrol. Oleh karena itu team penyusun tahap II bertugas untuk menyempurnakan hasil rekayasa tahap I dalam bentuk rancang bangun sistem kontrol. Untuk menyelesaikan tugas tersebut, digunakan beberapa pendekatan teori dan mengadopsi pengalaman praktis bidang otomasi dan ternyata mampu menghasilkan sistem kendali yang memenuhi persyaratan prosedur operasi dan keselamatan kerja .

Dari hasil percobaan menunjukkan bahwa pengoperasian *boiler* menjadi lebih mudah dan aman, tekanan kerja dapat diset sesuai kehendak, air umpan dapat disuplai sesuai kebutuhan *boiler* oleh pompa air umpan secara otomatis dan manual. Level air yang *abnormal* dapat mematikan *burner* secara otomatis dan membunyikan alarm serta menyalakan lampu low water sebagai peringatan untuk operator. Bila terjadi kegagalan pengapian atau pembakaran (*overload*) maka lampu indikator overload pada panel box menyala. Pada saat kerja *boiler* abnormal dapat dilakukan langkah pengamanan dengan cara menekan tombol emergency stop untuk mematikan sistem kontrol pada *boiler*.

Dari sampel percobaan yang telah dilakukan menggunakan sistem kontrol pada *boiler* diperoleh data $p = 1,92 \text{ kg/cm}^2$ pada suhu $T = 160 \text{ }^\circ\text{C}$, $m_{\text{bahan bakar}} = 11,93 \text{ kg/jam}$, $m_{\text{uap}} = 119,23 \text{ kg/jam}$, $h_{\text{uap}} = 2789,98 \text{ kJ/kg}$, $h_{\text{air}} = 150,86 \text{ kJ/kg}$ dan nilai HHV (*high heating value*) = 44775 kJ/kg. Sehingga didapat efisiensi *boiler* tersebut 58,90% untuk waktu pengoperasian *boiler* selama 1 menit setelah pembukaan katup steam pada tekanan kerja 2 kg/cm^2 .

Kata kunci: boiler, sistem kontrol, efisiensi.

ABSTRACT

In conversion energy laboratorium PSD III mechanical engineering found boiler unit facility with maximal working pressure 3 bar as result engineering phase I performed by team of student earlier.

Result design and construction in phase 1 is not equipped with control system. Therefore, team of student phase II assigned to complete engineering result phase I in the form of design and construction control system. To accomplish these task, which used several theoretical approach and practical experience adopted the fielf of automation and able to be produced control system which up to standart operation standart and safety standart.

Experimental results indicate that performance data is retrieved can be done easily, limit working pressure can be set in accordance with the will, abnormal water levels automatically turn off the burner and ringing in alarm with turn on low water lamp indicator to take warning for operator. If it happen ignition failure or combustion failure then overload indikator lamp in panel box turn on. If boiler in condition abnormal working can be done safety step pushed emergency stop button to turn off control system in boiler.

From sample test that has been done used control system in boiler obtained: $P = 1,92 \text{ kg/cm}^2$ in temperatur $T = 36 \text{ }^\circ\text{C}$, $m_{\text{fuel}} = 11,93 \text{ kg/hour}$, $m_{\text{steam}} = 119,23 \text{ kg/hour}$, $h_{\text{steam}} = 2789,98 \text{ kJ/kg}$, $h_{\text{water}} = 150,86 \text{ kJ/kg}$ and value of HHV (high heating value) = 44775 kJ/kg. With the result that efficiency boiler 58,90% in operation time for 1 minute after opening steam valve at 2 kg/cm^2 working pressure.

Keyword: boiler, control system, efficiency

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	.....
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	.....
HALAMAN PENGESAHAN	.....
HALAMAN MOTTO DAN PERSEMBAHAN	.....
KATA PENGANTAR	.....
ABSTRAKSI	.....
ABSTRACT	.....
DAFTAR ISI	.....
BAB I PENDAHULUAN	.....
1.1 Latar Belakang	
1.2 Tujuan Tugas Akhir	
1.3 Batasan Masalah	
1.4 Metode Penyusunan Tugas Akhir	
1.5 Sistem Penulisan Laporan	
BAB II DASAR TEORI	.....
2.1 Pengertian Boiler	
2.2 Klasifikasi Boiler	
2.3 Proses Pembentukan Uap	
2.4 Bahan Bakar yang Digunakan dalam Boiler	
2.5 Perlengkapan Boiler	
2.6 Perhitungan	
2.7 Sistem Kontrol Pada Boiler	
2.8 Pengertian Sistem Kontrol	
2.9 Kontrol Loop	
2.10 Kontrol Berurutan (Sequence)	
2.11 Standarisasi diagram kontrol	
BAB III RANCANGAN SISTEM KONTROL BOILER	.....
3.1 Penerapan Sistem Kontrol Boiler	
3.2 Perencanaan diagram Sistem Kontrol Boiler	
3.3 Rancangan diagram kelistrikan	
3.4 Spesifikasi Instrumen	
3.5 Perencanaan Panel Kontrol	
BAB IV PENGUJIAN DAN PENGAMBILAN DATA	.....
4.1 Langkah – Langkah Pengoperasian	
4.1 Prosedur Pengambilan Data	
4.2 Pengolahan Data	
4.4 Pembahasan dan Analisa	
BAB V PENUTUP	.....
Kesimpulan	.....
Saran	.....
DAFTAR PUSTAKA	

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar belakang

Boiler atau ketel uap adalah suatu peralatan yang dioperasikan agar memproduksi uap air yang kemudian dapat digunakan sebagai sumber tenaga penggerak, alat pemanas, pembersih, penguap cairan dan kegunaan lainnya. Demikian luasnya peranan dan kegunaan *boiler*, sehingga tanpa adanya *boiler* suatu pabrik atau industri tidak dapat beroperasi dengan sempurna. Namun dilihat dari segi negatifnya dan tidak mengikuti prosedur kerja dengan benar, maka dapat menimbulkan kecelakaan berupa ledakan yang dapat merusak bangunan, menelan korban jiwa manusia yang bekerja disekitar industri tersebut. Dan apabila *boiler* dioperasikan secara manual membuat operator *boiler* akan menemui hambatan – hambatan atau kesulitan – kesulitan di dalam mengoperasikan *boiler*. Agar *boiler* lebih mudah dioperasikan dan lebih menjamin keselamatan serta mengurangi kemungkinan – kemungkinan dari bahaya yang dapat timbul maka dalam pengoperasian *boiler* digunakan sistem kontrol terhadap peralatan – peralatan *boiler* tersebut (Direktorat pengawasan norma keselamatan dan keselamatan kerja, 1999).

Boiler yang ada di Laboratorium Konversi Energi adalah *boiler* pipa air (*water tube boiler*) kapasitas 155 kg/jam dengan tekanan kerja 3 bar. Sistem air umpan (*feedwater*) dan sistem pembakarannya (*burner*) dioperasikan secara manual, kondisi *burner* tidak memungkinkan untuk dilakukan pengontrolan terhadap rasio bahan bakar dan udara, cerobong yang digunakan membutuhkan sistem tarikan paksa untuk sirkulasi udara dalam ruang bakar dan keamanan *boiler* hanya menggunakan *safety valve*.

Tujuan dari tugas akhir ini adalah membuat desain rancangan sistem kontrol, menentukan alat dan bahan yang akan digunakan untuk keperluan sistem kontrol untuk *boiler* tersebut serta merakit instrumen yang akan digunakan sesuai desain yang dibuat sehingga rangkaian kontrol tersebut dapat bekerja sesuai dengan fungsinya.

Pada penelitian ini akan dirancang sebuah sistem kontrol dan panel kontrol untuk *boiler* di Laboratorium Konversi Energi. Dimana fungsinya agar *boiler* mudah dan aman dioperasikan serta kerja dari kontrol dapat termonitor.

Target yang ingin dicapai dari tugas akhir ini adalah *boiler* dapat bekerja dengan baik. Kinerja dari sistem kontrol termonitor pada panel kontrol. Alat pembakar (*burner*) dan sistem air umpan dapat dioperasikan secara otomatis sesuai *set point* dengan *pressure* dan *level* air umpan sebagai variabel kontrol. Pengendalian penggunaan *steam* dapat dilakukan dengan pembukaan *valve* pada pipa *steam*.

1.2 Tujuan Tugas Akhir

Tujuan dari Tugas Akhir ini adalah:

1. Membuat instalasi sistem kontrol pada *boiler*.
2. Evaluasi terhadap kinerja sistem kontrol *boiler*.

1.3 Batasan Masalah

Dalam penyusunan tugas akhir ini mempunyai beberapa batasan – batasan diantaranya:

1. *Boiler* yang digunakan mempunyai kapasitas uap 155 kg/jam dengan tekanan kerja 3 bar.
2. Kerja kontrol sistem *boiler* berdasarkan tinggi rendahnya *level* air di dalam drum dan tekanan uap.
3. *Water Level Control* (WLC) yang digunakan menggunakan tipe elektroda, berfungsi mematikan dan menghidupkan pompa air umpan (*feedwater pump*) dan digunakan untuk mematikan *burner* pada saat *level* air mencapai batas paling bawah.
4. *Pressure switch* digunakan sebagai kontrol tekanan uap, bekerja mematikan dan menghidupkan *burner* sesuai *set point*.
5. Kajian yang dibahas, di pusatkan pada evaluasi kinerja sistem kontrol *boiler* dan perhitungan kemampuan kerja dari *boiler* pipa air yang di dapat dari perbandingan antara energi yang dipindahkan atau diserap oleh fluida kerja didalam *boiler* dengan masukan energi kimia dari bahan bakar.

1.4 Metode Penyusunan Tugas Akhir

Adapun langkah – langkah yang dilakukan dalam pelaksanaan tugas akhir, adalah:

- a. Studi pustaka
Adalah pengumpulan data yang di peroleh dari literatur – literatur atau karya ilmiah, catatan – catatan kuliah, dan buku – buku penunjang yang berhubungan dengan permasalahan yang di bahas.
- b. Desain
Adalah membuat rancangan sistem kontrol yang akan dibuat serta menentukan spesifikasi bahan, alat – alat otomatisasi dan instrumen yang akan digunakan.
- c. Instalasi
Adalah proses pembuatan dan perakitan instrumen yang akan digunakan sesuai dengan desain yang dibuat sehingga rangkaian kontrol tersebut dapat bekerja sebagaimana fungsinya.
- d. Pengujian
Uji coba alat yang dibuat, di fokuskan terhadap kinerja sistem kontrol *boiler*. Kemudian mengevaluasi serta menganalisa kinerja sistem kontrol selama *boiler* dioperasikan.
- e. Laporan
Penyusunan laporan berorientasi pada waktu pelaksanaan pembuatan alat, analisa dari kinerja alat dan evaluasi dari keseluruhnya. Laporan

berupa informasi yang dituangkan berupa angka atau huruf untuk menerangkan bagaimana kinerja dan evaluasi dari alat tersebut.

1.5 Sistem Penulisan Laporan

Dalam penulisan laporan ini, penulis mencoba mengupas secara terperinci dan sistematis sehingga mudah untuk dipahami. Sistematika penulisan yang dibuat terdiri dari:

- BAB I PENDAHULUAN**
Bab ini berisi latar belakang, tujuan penelitian, batasan masalah, metode penelitian dan sistematika penulisan.
- BAB II DASAR TEORI**
Bab ini membahas tentang pengertian umum *boiler*, klasifikasi *boiler*, bagian – bagian *boiler*, proses pembentukan uap, bahan bakar yang digunakan dalam *boiler*, perlengkapan *boiler*, persamaan – persamaan yang digunakan dalam perhitungan, sistem kontrol pada *boiler*, pengertian sistem kontrol, penjelasan control loop dan kontrol berurutan.
- BAB III RANCANGAN SISTEM KONTROL**
Bab ini membahas perencanaan rangkaian sistem kontrol *boiler*, perencanaan desain kontrol *boiler*, spesifikasi peralatan kontrol, perencanaan panel kontrol dan proses pembuatannya.
- BAB IV PENGUJIAN DAN PENGAMBILAN DATA**
Bab ini menerangkan cara langkah – langkah pengoperasian *boiler*, prosedur pengambilan data, pengolahan data, pembahasan dan analisa.
- BAB V PENUTUP**
Bab ini berisi tentang kesimpulan dan saran.