

TUGAS AKHIR

**EVALUASI BILANGAN *EXCESS AIR* PADA VARIASI BEBAN
UNIT 2 PLTU 1 JAWA BARAT INDRAMAYU**



Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Ahli Madya

GALIH SATRIO NUGROHO

21050112083001

BIDANG TEKNIK MESIN

**PROGRAM DIII KERJASAMA FT. UNDIP – PT. PLN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS DIPONEGORO
SEMARANG
2015**

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.**

NAMA : GALIH SATRIO NUGROHO

NIM : 21050112083001

Tanda Tangan :

Tanggal :



**KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
UNIVERSITAS DIPONEGORO
FAKULTAS TEKNIK**

LEMBAR PERSETUJUAN

Telah disetujui Laporan Proyek Akhir mahasiswa DIII Kerjasama FT UNDIP – PT. PLN Bidang Mesin yang disusun oleh :

Nama : GALIH SATRIO NUGROHO
NIM : 21050112083001
Judul PA : EVALUASI BILANGAN EXCESS AIR PADA
VARIASI BEBAN UNIT 2 PLTU 1 JAWA BARAT INDRAMAYU

Disetujui pada tanggal :

Semarang, Juli 2015
Dosen Pembimbing,

Didik Ariwibowo, ST, MT
NIP 197007152003121001



**KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
UNIVERSITAS DIPONEGORO
FAKULTAS TEKNIK**

TUGAS PROYEK AKHIR

No. : 001 / V / PA / DIII TM / 2015

Dengan ini diberikan Tugas Proyek Akhir untuk Mahasiswa berikut :

N a m a : GALIH SATRIO NUGROHO

NIM : 21050112083001

Judul Proyek Akhir : EVALUASI BILANGAN EXCESS AIR PADA VARIASI
BEBAN UNIT 2 PLTU 1 JAWA BARAT
INDRAMAYU

Isi Tugas :

1. Inventarisasi karakteristik bahan bakar dan sistem pembakaran.
2. Kalkulasi excess air dengan metode O_2 content dan ASME PTC 19.10.
3. Pembuatan laporan.

Demikian agar diselesaikan selama-lamanya 6 bulan terhitung sejak diberikan tugas ini , dan diwajibkan konsultasi sedikitnya 12 kali demi kelancaran penyelesaian tugas.

Semarang , 10 Juli 2015
Ketua Program DIII Kerjasama
FT UNDIP – PT PLN

Ir. Bambang Winardi, M.Kom
NIP 19611016 199303 1 002

Tembusan :

- Koordinator Proyek Akhir
- Dosen Pembimbing

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh :

NAMA : GALIH SATRIO NUGROHO

NIM : 21050112083001

Program Studi : PSD III Teknik Mesin Kerjasama FT UNDIP – PT PLN

Judul Tugas Akhir : Evaluasi Bilangan Excess Air pada Variasi Beban Unit 2 PLTU
1 Jawa Barat Indramayu

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

TIM PENGUJI

Pembimbing : Didik Ariwibowo ST, MT (.....)

Penguji : Didik Ariwibowo ST, MT (.....)

Penguji : Ir. Sutomo, M. Si (.....)

Penguji : Ir. Murni, MT (.....)

Semarang,

Ketua Program DII Kerjasama

FT Undip - PT PLN

Ir. Bambang Winardi, M.Kom

NIP 196106161993031002

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademika Universitas Diponegoro, saya yang bertanda tangan di bawah ini
:

Nama : GALIH SATRIO NUGROHO

NIM : 21050112083001

Jurusan/Program Studi : D III Teknik Mesin Kerjasama PT. PLN (Persero)

Fakultas : Teknik

Jenis Karya : Tugas Akhir

demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Diponegoro **Hak Bebas Royalti Noneksklusif** (*None-exclusive Royalty Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul :

EVALUASI BILANGAN EXCESS AIR PADA VARIASI BEBAN UNIT 2 PLTU 1 JAWA BARAT INDRAMAYU

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti/Noneksklusif ini Universitas Diponegoro berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Semarang

Pada Tanggal : 29 Juni 2015

Yang menyatakan

(GALIH SATRIO NUGROHO)

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kepada Allah SWT, atas limpahan rahmat dan berkat-Nya sehingga penulis mampu menyelesaikan laporan Tugas Akhir yang dilaksanakan di PLTU Indramayu dengan Judul **“EVALUASI BILANGAN EXCESS AIR PADA VARIASI BEBAN UNIT 2 PLTU 1 JAWA BARAT INDRAMAYU”**.

Laporan Tugas Akhir ini disusun sebagai salah satu syarat bagi penulis untuk memperoleh gelar Ahli Madya pada Program DIII Kerjasama PT PLN. Pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan banyak terima kasih kepada:

1. Bapak Ir. Zainal Abidin, MS., selaku ketua Program Diploma III Fakultas teknik Universitas Diponegoro.
2. Bapak Bambang Setyoko, ST., M.Eng., selaku ketua Program Studi Diploma III Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Diponegoro.
3. Bapak Ir. Bambang Winardi, M.Kom selaku ketua program kerjasama FT UNDIP dengan PT. PLN (Persero).
4. Bapak Didik Ariwibowo, ST. MT., selaku dosen pembimbing penulis.
5. Bapak Judi Rahmani sebagai General Manager di PLTU Indramayu.
6. Bapak Deni Rahmat sebagai Supervisor Operasi A di PLTU Indramayu.
7. Bapak Rahardjo sebagai Supervisor Pemeliharaan Instrument di PLTU Indramayu.
8. Tim Operator produksi A dan tim pemeliharaan Mesin 1 di PLTU Indramayu.
9. Ibu dan Ayah penulis yang selalu mendukung penulis.
10. Semua pihak yang telah membantu penulisan laporan ini yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan laporan ini tak luput dari kesalahan dan kekurangan. Karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari semua pihak. Penulis berharap semoga laporan praktek kerja lapangan ini dapat berguna bagi kita semua.

Semarang, 20 Juni 2015

GALIH SATRIO NUGROHO

NIM: 21050112083001

ABSTRAK

EVALUASI BILANGAN EXCESS AIR UNIT 2 PADA VARIASI BEBAN PLTU 1 JAWA BARAT INDRAMAYU

Proses pembakaran sempurna batubara di dalam boiler sangat sulit dicapai karena pada kenyataannya tidak semua *oxygen* dapat bereaksi dengan unsur-unsur di dalam batubara. Oleh karena itu, untuk menjamin terlaksananya proses pembakaran sempurna diperlukan adanya udara berlebih (*excess air*). *Excess air* akan membawa panas keluar melalui cerobong, maka bilangan *excess air* harus tepat dan sesuai agar tidak menurunkan efisiensi boiler. Tugas Akhir ini bertujuan untuk mengevaluasi bilangan *excess air* secara kalkulasi berdasarkan metode O_2 content dan berdasarkan pengaruh dari O_2 content, udara teoritis, dan *volume of dry product* pada variasi beban PLTU 1 Jawa Barat Indramayu. Hasil evaluasi menunjukkan bahwa bilangan *excess air* mengalami kecenderungan untuk turun terhadap kenaikan beban. Bilangan *excess air* paling besar terjadi pada beban 158MW, sedangkan yang optimal menurut grafik *excess air – heat loss* adalah pada beban 320MW. Hasil kalkulasi *excess air* pada *economizer outlet* dan *air preheater outlet* memiliki selisih, hal ini mengindikasikan terjadinya kebocoran pada *air preheater*., maka dari itu dilakukan evaluasi, analisa, koreksi, terhadap unjuk kerja untuk mendapatkan hasil yang optimal.

Kata kunci: Excess Air, Pembakaran sempurna, O_2 content.

ABSTRACT

EVALUATION NUMBER OF EXCESS AIR AT VARIATION LOAD THE 2nd

UNIT OF PLTU 1 JAWA BARAT INDRAMAYU

Complete combustion process inside boiler is very difficult to achieve because in fact not all amount of oxygen can be reacted with elements of coal as fuel. Therefore, to guarantee the process of complete combustion, excess air is needed. Excess air will carry heat out by stack, then number of excess air should be ideal in order not to decrease boiler efficiency. This final project aims to evaluate the calculation of excess air number by O_2 method and by influence from O_2 content, theoretical air, and volume of dry product at variation load PLTU 1 Jawa Barat Indramayu. The evaluation shows that number of excess air tends to decrease with increasing of load. The highest number of excess air was at 158MW load, in other hand the optimum number was at 320MW load. The result of calculation at economizer outlet and air preheater shows a difference. The difference indicates there would be a leakage at air preheater, then it must be evaluated, analyzed, and corrected, towards the performance to get an optimal result.

Keyword: Excess Air, Complete combustion, O_2 content.

DAFTAR ISI

| | |
|--|----------|
| Halaman Judul | i |
| Halaman Pernyataan Orisinalitas | ii |
| Lembar Persetujuan | iii |
| Lembar Tugas Proyek Akhir | iv |
| Halaman Pengesahan | v |
| Halaman Pernyataan Persetujuan Publikasi | vi |
| Kata Pengantar | vii |
| Abstraksi | ix |
| Daftar Isi | xi |
| Daftar Gambar | xiii |
| Daftar Tabel | xiv |
| Daftar Notasi | xv |
| Daftar Lampiran | xvi |
| BAB I PENDAHULUAN | 1 |
| 1.1 Latar Belakang Masalah | 1 |
| 1.2 Pembatasan Masalah | 2 |
| 1.3 Tujuan Tugas Akhir | 3 |
| 1.4 Manfaat Tugas Akhir | 3 |
| 1.5 Sistematika Penulisan Laporan | 3 |
| BAB II TINJAUAN PUSTAKA | 5 |
| 2.1 Boiler | 5 |
| 2.2 Sistem Udara Pembakaran dan Gas Buang | 7 |
| 2.2.1 Peralatan pada Sistem Udara Pembakaran | 8 |
| 2.2.2 Peralatan pada Sistem Gas Buang | 12 |
| 2.3 Pembakaran | 16 |
| 2.4 Dasar-Dasar Pembakaran | 18 |
| 2.5 Bahan Bakar Batubara | 20 |
| 2.6 Stoikiometri Pembakaran Batubara | 22 |

| | |
|--|-----------|
| 2.7 Kebutuhan Udara Pembakaran | 25 |
| 2.8 <i>Volume of Dry Product</i> | 28 |
| 2.9 <i>Excess Air</i> | 27 |
| 2.10 Pengaruh <i>Excess Air</i> | 29 |
| 2.11 Emisi Pembakaran | 32 |
| BAB III PROSEDUR PELAKSANAAN TUGAS AKHIR | 37 |
| 3.1 Tujuan Tugas Akhir | 37 |
| 3.2 Parameter Terukur | 37 |
| 3.2 Data Pengamatan | 38 |
| 3.4 Alat dan Instrumen..... | 38 |
| 3.5 Media Pengambilan Data dan Formatnya..... | 39 |
| 3.6 Studi Literatur dan Studi Lapangan | 42 |
| 3.7 Pengambilan Data | 42 |
| 3.7.1 Perumusan Masalah | 44 |
| BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN | 45 |
| 4.1 Pengolahan Data | 45 |
| 4.2 Perhitungan Data..... | 45 |
| 4.3 Hasil Perhitungan..... | 50 |
| 4.3.1 Perhitungan <i>Theoretical Air</i> | 50 |
| 4.3.2 Perhitungan <i>Volume of Dry Product (VDP)</i> | 51 |
| 4.3.3 Perhitungan <i>Excess Air</i> dan <i>Air Leakage</i> | 53 |
| 4.4 Pembahasan | 57 |
| BAB V PENUTUP | 61 |
| 5.1 Kesimpulan | 61 |
| 5.2 Saran | 62 |
| DAFTAR PUSTAKA..... | 63 |

DAFTAR GAMBAR

| | |
|---|----|
| Gambar 2.1 Boiler | 6 |
| Gambar 2.2 Primary Air Fan | 9 |
| Gambar 2.3 Force Draft Fan..... | 10 |
| Gambar 2.4 Skema <i>Air Preheater</i> yang dipakai di PLTU 1 Jawa Barat Indramayu. 12 | |
| Gambar 2.5 Skema <i>Electrostatic Precipitator (ESP)</i> | 14 |
| Gambar 2.6 <i>Induced Draft Fan</i> PLTU 1 Jawa Barat Indramayu | 15 |
| Gambar 2.7 Stack PLTU 1 Jawa Barat Indramayu | 16 |
| Gambar 2.8 Segitiga api | 17 |
| Gambar 2.9 Grafik O_2 content terhadap <i>excess air</i> | 29 |
| Gambar 2.10 Proses Pembakaran tanpa menggunakan <i>Excess Air</i> | 30 |
| Gambar 2.11 Proses Pembakaran dengan menggunakan <i>Excess Air</i> 15% | 30 |
| Gambar 2.12 <i>Almost Complete Combustion</i> | 31 |
| Gambar 2.13 Kurva hubungan antara jumlah <i>excess air</i> dan <i>heat loss</i> | 32 |
| Gambar 3.1 Data <i>Performance Test</i> Kandungan Batubara | 43 |
| Gambar 3.2 Data <i>Performance Test Flue Gas</i> | 44 |
| Gambar 4.1 Grafik hasil perhitungan <i>Theoretical Air</i> terhadap variasi beban. | 51 |
| Gambar 4.2 Grafik hasil perhitungan <i>Volume of Dry Product</i> terhadap variasi beban | 52 |
| Gambar 4.3 Grafik hasil perhitungan <i>Excess Air</i> dan <i>Air Leakage</i> metode O_2 content terhadap variasi beban | 54 |
| Gambar 4.4 Grafik hasil perhitungan <i>excess air</i> dan <i>air leakage</i> metode pengaruh dari O_2 content pada <i>flue gas</i> yang keluar dari <i>economizer</i> maupun <i>air preheater</i> , <i>volume of dry product</i> (VDP) dan <i>theoretical air</i> (A_O) terhadap variasi beban | 56 |
| Gambar 4.5 Jalur kebocoran <i>air preheater</i> | 58 |

DAFTAR TABEL

| | |
|---|----|
| Tabel 2.1 Spesifikasi Boiler..... | 7 |
| Tabel 2.2 Spesifikasi <i>Primary Air Fan</i> | 10 |
| Tabel 2.3 Spesifikasi <i>Forced Draft Fan</i> | 11 |
| Tabel 2.4 Spesifikasi <i>air preheater</i> PLTU 1 Jawa Barat Indramayu | 13 |
| Tabel 3.1 Format data hasil analisa sampel laboratorium bahan bakar..... | 40 |
| Tabel 3.2 Format data <i>performance test</i> | 41 |
| Tabel 4.1 Data Perhitungan | 46 |
| Tabel 4.2 Hasil perhitungan <i>Theoretical Air</i> pada variasi beban..... | 50 |
| Tabel 4.3 Hasil perhitungan <i>Volume of Dry Product</i> pada variasi beban | 52 |
| Tabel 4.4 Hasil perhitungan <i>Excess Air</i> metode <i>O₂ content</i> pada variasi beban | 53 |
| Tabel 4.5 Hasil perhitungan <i>Excess Air</i> dan <i>Air Leakage</i> metode pengaruh dari <i>O₂ content</i> pada <i>flue gas</i> yang keluar dari <i>economizer</i> maupun <i>air preheater</i> , <i>volume of dry product</i> (VDP) dan <i>theoretical air</i> (<i>A_O</i>) pada variasi beban..... | 55 |

DAFTAR NOTASI

| Simbol | Keterangan | Halaman pertama digunakan |
|--------|-----------------------------|------------------------------|
| A_0 | Kebutuhan udara teoritis | 26 |
| VDP | Volume of Dry Product | 27 |
| A_x | Excess Air (udara berlebih) | 28 |

DAFTAR LAMPIRAN

| | |
|---|----|
| LAMPIRAN A-1 Data pengukuran hasil sampling kandungan batubara berdasarkan laboratorium bahan bakar | 63 |
| LAMPIRAN A-2 Data O ₂ content pada <i>flue gas outlet economizer</i> dan <i>outlet air preheater</i> | 64 |