

**MEMILIH PROSES *CLEANING CONDENSER STEAM TURBINE***

**PT. CIKARANG LISTRINDO YANG LEBIH EFISIEN**

Diajukan untuk memenuhi persyaratan mengikuti sidang sarjana Strata Satu (S-1)

Jurusan Teknik Mesin



Nama : Yoga Dwi Sutrisno

NIM : 1551057026

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS KRISTEN INDONESIA  
JAKARTA**

**2017**



**UNIVERSITAS KRISTEN INDONESIA  
FAKULTAS TEKNIK JURUSAN MESIN  
JAKARTA**

**SURAT TUGAS AKHIR**

1. Dengan persetujuan Kaprodi / Koordinator Tugas Akhir

Jurusan Mesin, maka :

N a m a : Yoga Dwi Sutrisno

N I M : 1551057026

Berjanji akan menyelesaikan tugas ini dalam waktu yang ditentukan dengan kesungguhan, kreatifitas dan penuh tanggung jawab sesuai dengan kepribadian seorang Sarjana Teknik yang diharapkan daripadanya.

2. Topik Tugas Akhir : Memilih proses *cleaning condenser steam*

*turbine* blok 1 PT. Cikarang Listrindo yang

lebih efisien

Diberikan pada tanggal :

Selesai pada tanggal :

Dosen Pembimbing : 1. Ir. Kimar Turnip, MS.  
2. Ir. Priyono Atmadi, M.Sc.

3. Pembayaran uang tugas tanggal :

4. Tugas selesai dan diterima  
pada tanggal :

Nomor .  
.../pts/jtm/ft.uki/....

T.Tangan :

---

Kaprodi

---

Yoga Dwi Sutrisno  
Mahasiswa ybs.

---

Ir. Kimar Turnip,MS.  
Dosen Pembimbing I

---

Ir. Priyono Atmadi, M.Sc.  
Dosen Pembimbing II

---

Bagian Keuangan

---

Ir. Kimar Turnip,MS.  
Kaprodi



## LEMBAR PENGESAHAN

**Nama** : Yoga Dwi Sutrisno  
**Nim** : 1551057026  
**Fakultas/Jurusan** : Teknik Mesin  
**Judul** : Memilih proses *cleaning condenser steam turbine*  
**PT.Cikarang Listrindo yang lebih efisien**

Diterima dan disahkan untuk memenuhi salah satu persyaratan guna memperoleh gelar Sarjana Strata Satu (S-1) Teknik Mesin.

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

(Ir. Kimar Turnip, MS.)

(Ir. Priyono Atmadi, M.Sc.)

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Mesin

(Ir. Kimar Turnip, MS.)

## LEMBAR PERNYATAAN

Dalam hal ini saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Yoga Dwi Sutrisno

NIM : 1551057026

Institusi/perguruan : Universitas Kristen Indonesia

Fakultas : Teknik

Jurusan : Teknik Mesin

Menyatakan :

Dalam tugas akhir dengan topik **Memilih proses *cleaning condenser steam turbine***

**PT. Cikarang Listrindo yang lebih efisien** adalah hasil karya saya sendiri.

Dalam hal topik tersebut baru pertama kali dilakukan di Teknik Mesin Univeersitas Kristen Indonesia. Demikian surat pernyataan ini saya buat.

Jakarta, 17 Juli 2017

Yoga Dwi Sutrisno

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa atas rahmat dan karunianya yang tiada batas sehingga penulisan Tugas Akhir ini dapat terselesaikan.

Tugas akhir ini dibuat untuk memenuhi syarat dalam menempuh ujian akhir sarjana Strata satu (S-1) pada program studi Teknik Mesin Universitas Kristen Indonesia, Jakarta.

Laporan tugas Akhir ini memang sangat jauh dari kesempurnaan, oleh karena itu penulis mengharapkan kritikan dari pembaca sekalian, yang akhirnya buku laporan Tugas Akhir ini nantinya semakin sempurna dan dapat berguna serta bermanfaat untuk kemajuan bersama.

Tugas akhir ini dapat diselesaikan berkat bimbingan dan bantuan baik secara moral dan moril dari berbagai pihak, dan pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terimakasih yang sebesar – besarnya kepada :

1. Kedua orang tua yang saya hormati, yang telah menguliahkan saya
2. Bapak Ir. Kimar Turnip, MS dan Bapak Ir. Priyono Atmadi, M.Sc selaku dosen pembimbing yang telah meluangkan waktu untuk membimbing serta memberikan pengarahan sehingga tugas akhir ini dapat terselesaikan dengan baik.
3. Bapak Gezak Akbar S.T, selaku Mechaical Engineer PT.Cikarang Listrindo yang telah membantu dalam mengumpulkan data.
4. Ella Annas Tasaya yang selalu memberikan dukungan serta doa sehingga Tuga Akhir ini dapat terselesaikan.
5. Teman-teman mekanik dan operasi PT.Cikarang Listrindo,

6. Serta semua pihak yang telah membantu dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini, yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu.

Akhir kata, semoga Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat dan berguna bagi kita semua.

Jakarta, 17 Juli 2017

( Yoga Dwi Sutrisno )

## ABSTRAK

Pembangkit Listrik Tenaga Gas dan Uap (PLTGU) milik PT.Cikarang Listrindo merupakan salah satu produsen tenaga listrik di Indonesia. Banyak hal untuk menjaga performa dari PLTGU agar selalu dalam kondisi terbaiknya, salah satunya adalah dengan selalu menjaga kebersihan dari komponen utamanya yaitu kondensor. Saat ini telah banyak penyedia layanan pembersihan kondensor menggunakan metode baru, dua diantaranya adalah menggunakan metode *water jet* dan *bullet shot*. Pada metode *water jet* pembersihan kondensor dimulai dengan merendam pipa-pipa kondensor menggunakan cairan kimia yang telah dicampur air dengan perbandingan 25% cairan kimia, 75% air. Kemudian disembur dengan air bertekanan 150-200 bar. Pada metode *bullet shot* pembersihan menggunakan peluru yang terbuat dari material plastik dan besi. Peluru-peluru tersebut memiliki ukuran yang sesuai dengan ukuran pipa kondensor. Peluru-peluru tersebut dipasang di lubang pipa kemudian di tekan menggunakan air bertekanan 13-20 bar. Setelah proses pembersihan dilakukan pemeriksaan bagian dalam pipa-pipa kondensor menggunakan alat *borescope*. Dari hasil penelitian yang telah dilakukan dapat dipilih bahwa pembersihan kondensor menggunakan metode *bullet shot* menghasilkan kenaikan daya yang lebih besar dibandingkan dengan metode *water jet*, walaupun biayanya lebih tinggi. Namun biaya proses tersebut dapat dipulihkan hanya dalam waktu 3.9 hari.

**Kata kunci:** *bullet shot*, *water jet*, efektifitas kondensor



## ***ABSTRACT***

Gas and Steam Power Plant owned by PT. Cikarang Listrindo is one of the power producers in Indonesia. Many things to keep the performance of the PLTGU to always in the best condition, one of them is always maintain the cleanliness of the main component that is condenser. Currently there are many condenser cleaning service providers with new methods, two of them are water jet method and bullet shot method. The water jet method of condenser cleaning begins by immersing condenser pipes using a water-mixed with chemical with a ratio of 25% of the chemical, 75% water. Then sprayed with pressurized water 150-200 psi. In the bullet shot cleaning method using bullets made from plastic material and iron. The bullets size are accordance with the size the condenser pipe. The bullets are mounted in the pipe hole then pressed using pressurized water 13-20 bar. After the cleaning process is done, check the inside of condenser pipes using a borescope tool. From the results can be selected that condenser cleaning is bullet shot method, because the power increase larger than the water jet method, even though the cost is higher. However the cost of the process can be recovered in 3.9 days.

\

**Key word : *bullet shot, water jet, condenser effective***

## DAFTAR ISI

|                                 | Halaman |
|---------------------------------|---------|
| LEMBAR JUDUL .....              | i       |
| SURAT TUGA SARJANA .....        | ii      |
| LEMBAR PENGESAHAN .....         | iii     |
| LEMBAR PERNYATAAN .....         | iv      |
| KATA PENGANTAR .....            | v       |
| ABSTRAK .....                   | vii     |
| DAFTAR ISI .....                | ix      |
| DAFTAR GAMBAR .....             | xiii    |
| DAFTAR TABEL .....              | xv      |
| DAFTAR NOTASI .....             | xvi     |
| <br>                            |         |
| BAB I PENDAHULUAN               |         |
| 1.1 Latar belakang .....        | 1       |
| 1.2 Tujuan Penelitian .....     | 2       |
| 1.3 Rumusan Masalah .....       | 3       |
| 1.4 Batasan Masalah .....       | 3       |
| 1.5 Ruang Lingkup.....          | 3       |
| 1.6 Sistematika Penulisan ..... | 4       |

## BAB II DASAR TEORI

|   |    |
|---|----|
| 2.1 Pembangkit Listrik Tenaga Gas dan Uap (PLTGU) ..... | 1  |
| 2.2 Siklus Rankine .....                                | 7  |
| 2.2.1 <i>Pump</i> .....                                 | 8  |
| 2.2.2 <i>Boiler</i> .....                               | 8  |
| 2.2.3 <i>Steam Turbine Generator (STG)</i> .....        | 9  |
| 2.2.4 <i>Condenser</i> .....                            | 10 |
| 2.3 Pengotor Pada Kondensor .....                       | 13 |
| 2.3.1 <i>Sedimentasi/Sedimentary fouling</i> .....      | 14 |
| 2.3.2 <i>Scale Deposit/ Precipitation</i> .....         | 14 |
| 2.3.3 <i>Microbiological Fouling</i> .....              | 14 |
| 2.3.4 <i>Macrobiological Fouling</i> .....              | 15 |
| 2.4 <i>Cleaning Condenser</i> .....                     | 16 |
| 2.4.1 <i>Metode Water Jet</i> .....                     | 16 |
| 2.4.2. <i>Metode Bullet Shot</i> .....                  | 19 |
| 2.5 Perpindahan Panas .....                             | 26 |
| 2.5.1 <i>Radiasi</i> .....                              | 26 |
| 2.5.2 <i>Konduksi</i> .....                             | 26 |
| 2.5.3 <i>Konveksi</i> .....                             | 26 |

|  |    |
|--|----|
| 2.6 Perhitungan Performa <i>Condenser</i> .....            | 27 |
| 2.6.1 Temperatur Kondensasi .....                          | 27 |
| 2.6.2 <i>Long Mean Temperature Difference (LMTD)</i> ..... | 27 |
| 2.6.3 Spesifikasi <i>Condensor</i> .....                   | 28 |
| 2.6.4 <i>Enthalpy</i> .....                                | 28 |
| 2.6.5 Efektifitas .....                                    | 28 |

### BAB III METODOLOGI PENELITIAN

|   |    |
|---|----|
| 3.1 Sistematika Penelitian .....  | 30 |
| 3.2 Rencana Penelitian .....  | 31 |
| 3.3 Alat dan Bahan .....  | 32 |
| 3.4 Pengumpulan dan Pengolahan Data .....   | 32 |
| 3.4.1 Spesifikasi <i>Condenser</i> .....  | 32 |
| 3.4.2 Data Temperatur Masuk dan Keluar Air Pendingin Serta<br>Daya Pada Proses <i>Cleaning Condenser</i> Menggunakan<br>Metode <i>Water Jet</i> .....   | 33 |
| 3.4.3 Data Temperatur Masuk dan Keluar Air Pendingin Serta<br>Daya Pada Proses <i>Cleaning Condenser</i> Menggunakan<br>Metode <i>Bullet Shot</i> ..... | 35 |
| 3.4.4 Data <i>Steam Flow Pressure (HP)</i> dan <i>Steam Flow Pressure (IP)</i><br>Bulan Juni-November 2015 .....  | 37 |

|                     |   |    |
|---------------------|---|----|
| 3.5.5               | Data <i>Steam Flow Pressure (HP)</i> dan <i>Steam Flow Pressure (IP)</i>              |    |
|                     | Bulan Juli-Desember 2016 .....  | 38 |
| 3.5                 | Analisa Perhitungan .....   | 38 |
| BAB IV ANALISA DATA |   |    |
| 4.1                 | Perhitungan Performa <i>Condenser</i> .....   | 40 |
| 4.2                 | Prosentase Kenaikan Daya .....  | 45 |
| 4.3                 | Pengaruh Terhadap Efektifitas .....   | 46 |
| 4.4                 | Pengaruh <i>Cleaning</i> Terhadap Perubahan Daya STG 1 .....                          | 47 |
| 4.5                 | Perbandingan Hasil Daya Dengan Biaya Proses <i>Cleaning</i><br><i>Condenser</i> ..... | 49 |
| BAB V KESIMPULAN    |   |    |
| 5.1                 | Kesimpulan .....  | 51 |
| 5.2                 | Saran .....   | 51 |
|                     | DAFTAR PUSTAKA .....  | 52 |
|                     | DAFTAR LAMPIRAN .....   | 53 |

## DAFTAR GAMBAR

|  |    |
|--|----|
| Gambar 2.1 Skema pembangkit listrik tenaga gas dan uap (PLTGU) .....         | 5  |
| Gambar 2.2 Siklus Rankine .....  | 7  |
| Gambar 2.3 Komponen-komponen pada diagram Rankine .....                      | 8  |
| Gambar 2.4 <i>Feed Water Pump (FWP)</i> .....                                | 8  |
| Gambar 2.5 <i>Heat Recovery Steam Generator</i> Pt. Cikarang Listrindo ..... | 9  |
| Gambar 2.6 <i>Flow</i> diagram HRSG .....                                    | 9  |
| Gambar 2.7 Turbin uap Pt. Cikarang Listrindo .....                           | 10 |
| Gambar 2.8 Skema <i>Condenser</i> .....                                      | 11 |
| Gambar 2.9 <i>Condenser</i> Pt. Cikarang Listrindo .....                     | 11 |
| Gambar 2.10 Sistem sekali lewat ( <i>once trough</i> ).....                  | 12 |
| Gambar 2.11 Sistem Menara pendingin .....                                    | 13 |
| Gambar 2.12 <i>Sedimentary fouling</i> .....                                 | 14 |
| Gambar 2.13 <i>Scale deposit/precipitation</i> .....                         | 14 |
| Gambar 2.14 <i>Microbiological fouling</i> .....                             | 15 |
| Gambar 2.15 <i>Macrobiological fouling</i> .....                             | 15 |
| Gambar 2.16 <i>Water Jet Process</i> .....                                   | 17 |
| Gambar 2.17 <i>Main Pump Water Jet</i> .....                                 | 17 |
| Gambar 2.18 Ilustrasi pemasangan <i>chamber</i> .....                        | 18 |

|   |    |
|---|----|
| Gambar 2.19 <i>Bullet Shot Method</i> .....   | 19 |
| Gambar 2.20 Pompa yang digunakan dalam metode <i>Bullet Shot</i> .....  | 23 |
| Gambar 2.21 <i>Water Gun</i> .....  | 23 |
| Gambar 2.22 <i>Check Light</i> .....  | 24 |
| Gambar 2.23 Selang .....  | 24 |
| Gambar 2.25 <i>Flexible Fiberglass Rod</i> .....  | 25 |
| Gambar 2.26 Diagram Moiler .....  | 29 |
| Gambar 3.1 Bagan metodologi penelitian .....  | 31 |
| Gambar 3.2 Data temperature air pendingin masuk dan keluar .....  | 34 |
| Gambar 3.3 Grafik perubahan daya menggunakan proses <i>cleaning water jet</i> .....                             | 34 |
| Gambar 3.4 Grafik perubahan daya menggunakan proses <i>cleaning bullet shot</i> .....                           | 36 |
| Gambar 3.5 Data daya yang dihasilkan STG 1 .....  | 36 |
| Gambar 4.1 Grafik perbandingan prosentase kenaikan daya STG 1 setelah proses<br><i>cleaning condenser</i> ..... | 46 |
| Gambar 4.2 Grafik LMTD vs Efektifitas pada metode <i>water jet</i> .....  | 46 |
| Gambar 4.3 Grafik LMTD vs Efektifitas pada metode <i>bullet shot</i> .....                                      | 47 |
| Gambar 4.4 Grafik nilai daya vs efektifitas pada metode <i>water jet</i> .....                                  | 48 |
| Gambar 4.5 Grafik nilai daya vs efektifitas pada metode <i>bullet shot</i> .....                                | 48 |
| Gambar 4.6 Grafik perbandingan waktu yang dibutuhkan STG 1 .....  | 50 |

## DAFTAR TABEL

|   |    |
|---|----|
| Tabel 2.1 Cairan kimia sesuai dengan bahan <i>tube condenser</i> .....                    | 16 |
| Tabel 2.2 Ukuran <i>bullet cal-buster tube cleaner</i> .....                              | 19 |
| Tabel 2.3 Ukuran C4S <i>tube cleaner</i> .....  | 21 |
| Tabel 3.1 Spesifikasi <i>condenser</i> STG 1 Pt. Cikarang Listrindo .....                 | 32 |
| Tabel 3.2 Data perbedaan temperature dan daya pada metode <i>water jet</i> .....          | 33 |
| Tabel 3.3 Data perbedaan temperature dan daya pada metode <i>bullet shot</i> .....        | 35 |
| Tabel 3.4 <i>Steam Flow HP</i> dan <i>IP</i> bulan Juni sampai dengan November 2015 ..... | 37 |
| Tabel 3.5 <i>Steam Flow HP</i> dan <i>IP</i> bulan Juli sampai dengan Desember 2016.....  | 38 |
| Tabel 4.1 Hasil perhitungan LMTD untuk metode <i>water jet</i> .....                      | 40 |
| Tabel 4.2 Hasil perhitungan efektifitas pada metode <i>water jet</i> .....                | 42 |
| Tabel 4.3 Hasil perhitungan LMTD untuk metode <i>bullet shot</i> .....                    | 43 |
| Tabel 4.4 Hasil perhitungan efektifitas pada metode <i>bullet shot</i> .....              | 44 |



## DAFTAR NOTASI

|                     |   |
|---------------------|---|
| <i>Active Power</i> | : Daya <i>output</i> dari generator (MW)                |
| LMTD                | : Log Mean Temperatur Difference ( $^{\circ}\text{C}$ ) |
| Efisiensi           | : Nilai efisiensi pada kompresor gas turbin (%)         |
| $h_1$               | : nilai <i>enthalpy out condenser</i> (kJ/kg)           |
| $h_2$               | : nilai <i>enthalpy in condenser</i> (kJ/kg)            |
| A                   | : Luas permukaan ( $\text{m}^2$ )                       |
| U                   | : Koefisien <i>Heat Transfer</i>                        |