

**ANALISIS EFEKTIVITAS PEMANAS UDARA PADA PLTU SICANANG  
UNIT 3 BELAWAN DENGAN KAPASITAS 75 KG/DETIK**



**UNIVERSITAS  
ROBERTO BAGIO SIMANJUNTAK  
NIM: 41319120004  
MERCU BUANA**

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MERCUBUANA  
JAKARTA 2021**

## **LAPORAN TUGAS AKHIR**

**ANALISIS EFEKTIVITAS PEMANAS UDARA PADA PLTU SICANANG UNIT  
3 BELAWAN DENGAN KAPASITAS 75 KG/DETIK**



Disusun Oleh:

Nama : Roberto Bagio Simanjuntak  
NIM : 41319120004  
Program Studi : Teknik Mesin

**DIAJUKAN UNTUK MEMENUHI SYARAT KELULUSAN MATA KULIAH  
TUGAS AKHIR PROGRAM SARJANA STRATA SATU (S1)  
AGUSTUS 2021**

## HALAMAN PENGESAHAN

### ANALISIS EFEKTIVITAS PEMANAS UDARA PADA PLTU SICANANG UNIT 3 BELAWAN DENGAN KAPASITAS 75 KG/DETIK

Disusun Oleh:

Nama : Roberto Bagio Simanjuntak  
NIM : 41319120004  
Program Studi : Teknik Mesin

Telah diperiksa dan setuju pada tanggal : 5 Agustus 2021

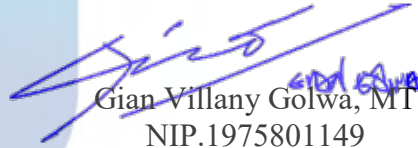
Telah dipertahankan di depan penguji,

Pembimbing TA

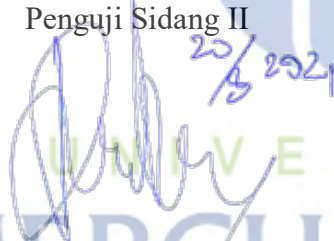
Penguji Sidang I



Dafit Feriyanto M.Eng., Ph.D  
NIP. 118900633  
Penguji Sidang II



Gian Villany Golwa, MT  
NIP.1975801149  
Penguji Sidang III



25/8/2021

Dedik Romahadi, ST., M.Sc.  
NIP.116910542



Yuriadi Kusuma, MT  
NIP.192670082

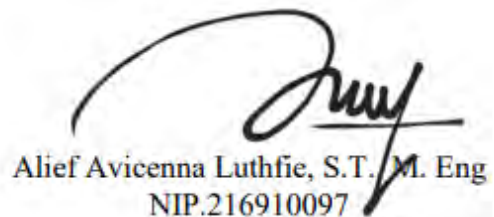
Mengetahui

Keprosdi Teknik/Mesin

Koordinator TA



Yayasan Meqara Bhakti  
UNIVERSITAS MERCU BUANA  
Muhammad Fatri, M.Si., Ph.D  
NIP.118690617



Alief Avicenna Luthfie, S.T., M. Eng  
NIP.216910097

## HALAMAN PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Roberto Bagio Simanjuntak  
NIM : 41319120004  
Jurusan : Teknik Mesin  
Judul Tugas Akhir : Analisis Efektivitas Pemanas Udara Pada PLTU Sicanang  
Unit 3 Belawan Dengan Kapasitas 75 Kg/Detik

Dengan ini menyatakan bahwa saya melakukan Tugas Akhir dengan sesungguhnya dan hasil penulisan Laporan Tugas Akhir yang telah saya buat ini merupakan hasil karya sendiri dan benar keasliannya. Apabila ternyata di kemudian hari penulisan Laporan Tugas Akhir ini merupakan hasil plagiat atau penjiplakan terhadap karya orang lain, maka saya bersedia mempertanggungjawabkan sekaligus bersedia menerima sanksi berdasarkan aturan di Universitas Mercu Buana

Demikian surat pernyataan saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa paksaan

UNIVERSITAS  
MERCU BUA

Jakarta, 5 Agustus 2021



00604AJX392948342

Roberto Bagio Simanjuntak

## PENGHARGAAN

Puji dan syukur penulis ucapkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas berkat dan karuniaNya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan baik dan tepat pada waktu yang telah ditentukan. Tugas Akhir ini berjudul “ANALISA EFEKTIFITAS PEMANAS UDARA PADA UNIT 3 PLTU SICANANG DENGAN KAPASITAS UDARA 75 kg/detik” ini disusun sebagai salah satu syarat yang harus dipenuhi mahasiswa Fakultas Teknik Jurusan Teknik Mesin untuk menyelesaikan Pendidikan Strata Satu (S1) Universitas Mercu Buana

Dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini, penulis banyak mendapat bimbingan, dukungan maupun bantuan moral dan materi dari berbagai pihak. Untuk itu dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Ngadino Surip selaku Rektor Universitas Mercu Buana.
2. Bapak Dr. Mawardi, M.TI selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Mercu Buana Warung Buncit.
3. Bapak Muhamad Fitri, M.Si., Ph.D. selaku Kepala Program Studi Teknik Mesin Universitas Mercu Buana Warung Buncit.
4. Bapak Alief Avicenna Luthfie, S.T., M. Eng. selaku Koordinator tugas akhir
5. Bapak Dafit Feriyanto M.Eng., Ph.D. selaku dosen pembimbing akademik yang telah membimbing dengan baik sehingga penulisan laporan tugas akhir ini dapat terselesaikan.
6. Seluruh dosen, staf dan Karyawan di Jurusan Teknik Mesin Universitas Mercu Buana yang mendukung selama pelaksanaan perkuliahaan
7. Secara khusus saya ucapkan terima kasih yang tulus kepada kedua orang tua tercinta Bapak Parsaoran Simanjuntak dan Ibu Mastina Sihombing, yang telah membesarkan saya dengan penuh cinta dan kasih sayang.
8. Teman-teman mahasiswa satu kelas seperjuangan, yang selalu memberikan dukungan dan semangat kepada penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
9. Seluruh pihak yang mendukung dan terlibat langsung maupun tidak langsung dalam penyelesaian tugas akhir ini.

Penulis menyadari tugas akhir ini masih jauh dari sempurna, oleh karena itu penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun untuk kesempurnaan tugas akhir ini. Semoga tugas akhir ini dapat memberikan manfaat bagi pembaca, terima kasih.

Jakarta, 5 Agustus 2021



## ABSTRAK

Alat penukar panas menjadi salah satu komponen yang penting di PLTU karena dapat meningkatkan efisiensi pada boiler. Hal ini disebabkan karena pemanas udara dapat memanfaatkan sisa gas buang untuk meningkatkan proses pembakaran di *furnace*. selain itu pengaruh tingginya penggunaan bahan bakar saat udara yang masuk ke dalam *furnace* tidak memiliki temeperatur yang tinggi menjadi masalah yang perlu diselesaikan. Oleh karena itu tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui kinerja (*Performance*) dan level efisiensi pemanas udara untuk dapat dibandingkan dengan kondisi desain maupun kondisi normalnya sehingga dapat diketahui *trend performance* dan level efisiensinya. Dalam penyusunan tugas akhir ini metode yang digunakan adalah studi pustaka, observasi, pengolahan data, analisis data dimana dari hasil analisa akan diperoleh nilai perpindahan panas yang terjadi, besar koefisien perpindahan panas menyeluruh serta efektifitas dari pemanas udara selanjutnya dapat ditarik kesimpulan. Hipotesa penelitian ini bahwa telah terjadi penurunan kemampuan unjuk kerja dari pemanas udara seiring dengan umur (*life time*) sehingga perlu dilakukan evaluasi dengan menganalisa unjuk kerja pemanas udara. Dimana penelitian ini diharapkan dapat memberikan rekomendasi perawatan yang tepat serta perbaikan terkait permasalahan yang dihadapi pemanas udara saat ini sehingga dapat meningkatkan unjuk kerja pemanas udara tersebut. Hasil perhitungan efisiensi air heater pada kondisi desain ialah sebesar 74,07% sedangkan pada kondisi operasional aktual diperoleh nilai efisiensi sebesar 70,044% mengalami penurunan efisiensi sebesar 4,02%. laju perpindahan panas yang terjadi pada *air heater* sebesar 45,009 kW. Besar koefisien perpindahan panas menyeluruh 1,461 W/ m<sup>2</sup>.K. besar nilai perpindahan panas pada sisi udara ialah 13024,093 kW.

**Kata kunci:** Alat penukar panas, Pemanas udara, Perpindahan panas, Efektifitas.

UNIVERSITAS  
MERCU BUANA

## ***ABSTRACT***

The heat exchanger is an important component in the PLTU because it can increase the efficiency in boiler. This is caused by the air heater can used the remaining exhaust gases to increase the combustion process in the furnace. Besides that, the effect of the high use of fuel when the air entering the furnace does not have a high temperature is a problem that need to be resolved. Therefore, the aim of this research is to determine the performance and efficiency level of the air heater so that it can be compared with the design and normal conditions so that the trend of performance and the level of efficiency can be known. In the preparation of this final project the method used is literature study, observation, data processing, data analysis where the results of the analysis will obtain the value of heat transfer that occurs, the overall heat transfer coefficient and the effectiveness of the air heater can then be drawn conclusions. The hypothesis of this research is that there has been a decrease in the performance ability of the air heater with age (life time) so that it is necessary to evaluate it by analyzing the performance of the air heater. This research is expected to provide recommendations for proper maintenance and improvements related to problems faced by current air heaters so as to improve the performance of the air heater. The calculation results efficiency air heater under design conditions is 74,07%. while the actual operating conditions obtained an efficiency value of 70.044%, which experienced a decrease in efficiency of 4.02%. the rate of heat transfer that occurs in the air heater is 45.009 kW. The overall heat transfer coefficient is 1.461 W/ m<sup>2</sup>.K. the value of heat transfer on the air side is 13024,093 kW.

**Keywords:** Heat exchanger, Air heater, Heat transfer, Effectiveness

UNIVERSITAS  
MERCU BUANA



## DAFTAR ISI

|   |             |
|---|-------------|
| <b>HALAMAN PENGESAHAN</b>               | <b>i</b>    |
| <b>HALAMAN PERNYATAAN</b>               | <b>ii</b>   |
| <b>PENGHARGAAN</b>                      | <b>iii</b>  |
| <b>ABSTRAK</b>                          | <b>v</b>    |
| <b>ABSTRACT</b>                         | <b>vi</b>   |
| <b>DAFTAR ISI</b>                       | <b>vii</b>  |
| <b>DAFTAR GAMBAR</b>                    | <b>x</b>    |
| <b>DAFTAR TABEL</b>                     | <b>xi</b>   |
| <b>DAFTAR SIMBOL</b>                    | <b>xii</b>  |
| <b>DAFTAR SINGKATAN</b>                 | <b>xiii</b> |
| <b>BAB I PENDAHULUAN</b>                | <b>1</b>    |
| 1.1 LATAR BELAKANG                      | 1           |
| 1.2 RUMUSAN MASALAH                     | 3           |
| 1.3 TUJUAN PENELITIAN                   | 3           |
| 1.4 RUANG LINGKUP DAN BATASAN MASALAH   | 3           |
| 1.5 SISTEMATIKA PENULISAN               | 4           |
| <b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>          | <b>5</b>    |
| 2.1 PENELITIAN TERDAHULU                | 5           |
| 2.2 PERPINDAHAN PANAS                   | 6           |
| 2.3 PROSES PERPINDAHAN PANAS            | 7           |
| 2.3.1 Perpindahan Kalor Secara Konduksi | 7           |
| 2.3.2 Perpindahan Panas Secara Konveksi | 9           |
| 2.3.3 Perpindahan Panas Radiasi         | 12          |
| 2.3.4 Koefisien Perpindahan Kalor Total | 13          |

|        |  |           |
|--------|--|-----------|
| 2.3.5  | Metode NTU ( <i>Number Transfer Unit</i> )                         | 13        |
| 2.4    | PROSES PERPINDAHAN PANAS PADA ALAT PENUKAR KALOR                   | 14        |
| 2.4.1  | Penukar Panas Tipe Rekuperatif                                     | 15        |
| 2.4.2  | Penukar Panas Tipe Regenerative                                    | 16        |
| 2.5    | PENUKAR KALOR BERDASARKAN SUSUNAN ALIRAN FLUIDA                    | 17        |
| 2.5.1  | Heat Exchanger Dengan Aliran Searah                                | 17        |
| 2.5.2  | Heat Exchanger Dengan Aliran Berlawanan Arah ( <i>cross flow</i> ) | 19        |
| 2.5.3  | Heat Exchanger Dengan Aliran Silang                                | 20        |
| 2.6    | SIRKULASI UDARA DAN FLUE GAS PADA BOILER                           | 21        |
| 2.7    | PRINSIP KERJA PEMANAS UDARA  | 23        |
| 2.7.1  | Komponen Air Heater  | 23        |
| 2.8    | MASALAH-MASALAH PADA AIR HEATER                                    | 25        |
| 2.8.1  | Kebocoran Udara  | 25        |
| 2.8.2  | Faktor Pengotoran ( <i>Fouling Factor</i> )                        | 27        |
| 2.8.3  | Penurunan Tekanan ( <i>Pressure Drop</i> )                         | 28        |
| 2.8.4  | Laju Panas yang Hilang ( <i>Heat Loss Rate</i> )                   | 28        |
| 2.9    | MAINTANENCE AIR HEATER   | 28        |
| 2.10   | EVALUASI UNJUK KERJA AIR HEATER                                    | 30        |
| 2.10.1 | Gas Side Efficiency  | 31        |
| 2.10.2 | Capacity Rate Ratio (CR)   | 31        |
| 2.10.3 | Log Mean Temperatur Difference (LMTD)                              | 32        |
| 2.10.4 | Faktor Koreksi Air Heater  | 33        |
| 2.11   | DATA PARAMETER AIR HEATER DALAM KONDISI OPERASI DAN DESAIN.        | 34        |
| 2.11.1 | Data Kondisi Desain Air Heater                                     | 34        |
| 2.11.2 | DATA OPERASIONAL <i>AIR HEATER</i>                                 | 34        |
| 2.12   | LATAR BELAKANG PERUSAHAAN  | 35        |
|        | <b>BAB III METODOLOGI</b>  | <b>37</b> |
| 3.1    | DIAGRAM ALIR   | 37        |

|                                    |  |           |
|------------------------------------|--|-----------|
| 3.2                                | TEKNIK PENGELOLA DATA                                  | 39        |
| 3.3                                | ALAT DAN BAHAN   | 40        |
| 3.4                                | TEKNIK PENGUMPULAN DATA                                | 42        |
| <b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN</b> |  | <b>44</b> |
| 4.1                                | SPEKIFIKASI UMUM AIR HEATER                            | 44        |
| 4.2                                | PERHITUNGAN PERPINDAHAN PANAS & EFEKTIVITAS AIR HEATER | 45        |
| 4.3                                | PEMBAHASAN UNJUK KERJA AIR HEATER                      | 57        |
| 4.4                                | GRAFIK PERBANDINGAN EFISIENSI AIR HEATER               | 59        |
| <b>BAB V PENUTUP</b>               |  | <b>62</b> |
| 5.1                                | KESIMPULAN   | 62        |
| 5.2                                | SARAN  | 63        |
| <b>DAFTAR PUSTAKA</b>              |  | <b>64</b> |
| LAMPIRAN                           |  |           |



UNIVERSITAS  
**MERCU BUANA**

## DAFTAR GAMBAR

|  |                                     |
|--|-------------------------------------|
| Gambar 2.1 Perpindahan panas konduksi pada dinding   | 7                                   |
| Gambar 2.2 Perpindahan panas konveksi  | 10                                  |
| Gambar 2.3 Perpindahan Panas Radiasi   | 12                                  |
| Gambar 2.4 Air heater tipe rekuperatif   | 16                                  |
| Gambar 2.5 Air heater tipe regeneratif   | 17                                  |
| Gambar 2.6 Aliran parallel flow dan profil temperature                                     | 18                                  |
| Gambar 2.7 Aliran counter flow dan profil temperature                                      | 19                                  |
| Gambar 2.8 Aliran cross flow dan profil temperatur   | 20                                  |
| Gambar 2.9 Sirkulasi Udara dan Flue Gas pada Boiler  | 21                                  |
| Gambar 2.10 Diagram Aliran Udara dan Flue Gas pada Ketel                                   | 22                                  |
| Gambar 2.11 Kebocoran di air heater  | 26                                  |
| Gambar 2.12 Pengerakan di luar dan di dalam dinding penukar kalor                          | 27                                  |
| Gambar 2.13 Distribusi Suhu Dalam air heater untuk jenis aliran counterflow                | 32                                  |
| Gambar 2.14 Kawasan PLTU dan PLTGU Pembangkitan Sektor Belawan                             | 35                                  |
| <br>   |                                     |
| Gambar 3.1 Diagram Alir Penulisan Tugas Akhir  | 37                                  |
| Gambar 3.2 Termometer  | 40                                  |
| Gambar 3.3 Anemometer  | 41                                  |
| Gambar 3.4 Pemanas Udara (Air heater)  | 41                                  |
| Gambar 3.5 Pemanas udara (air heater)  | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |
| <br>   |                                     |
| Gambar 4.1 Grafik Kalor Spesifik pada sisi udara dan sisi gas air heater                   | 59                                  |
| Gambar 4.2 Grafik kapasitas kalor pada udara dan gas                                       | 60                                  |
| Gambar 4.3 Grafik koefisien perpindahan panas pada sisi udara dan sisi gas                 | 60                                  |
| Gambar 4.4 Grafik perbandingan efisiensi air heater pada kondisi aktual dan kondisi desain | 61                                  |

## DAFTAR TABEL

|   |    |
|---|----|
| Tabel 2.1 Penelitian-penelitian terdahulu terkait pemanas udara       | 5  |
| Tabel 2.2 Konduktivitas Termal Berbagai Bahan pada 0°C                | 8  |
| Tabel 2.3 Nilai Kira-kira Koefisien Perpindahan Panas Konveksi        | 10 |
| Tabel 2.4 Data parameter operasi dalam kondisi desain                 | 34 |
| Tabel 2.5 Data Operasional Air Heater PLTU Unuit 3 Sicanang, Belawan. | 34 |
| Tabel 2.6 Unit Pembangkit di Sektor Pembangkitan Belawan.             | 36 |
| Tabel 4.1 Spesifikasi Tiap Elemen Pemanas air heater                  | 44 |
| Tabel 4.2 Dimensi air heater  | 45 |
| Tabel 4.3 Nilai Interpolasi mean specific heat udara                  | 46 |
| Tabel 4.4 Interpolasi Densitas udara                                  | 48 |
| Tabel 4.5 Interpolasi visikositas udara                               | 49 |
| Tabel 4.6 Interpolasi bilangan Prandtl udara                          | 50 |
| Tabel 4.7 Interpolasi Konduktivitas panas udara                       | 51 |
| Tabel 4.8 Interpolasi visikositas kinematik                           | 51 |
| Tabel 4.9 Interpolasi kecepatan udara                                 | 52 |
| Tabel 4.10 Interpolasi bilangan Prandtl gas                           | 53 |
| Tabel 4.11 Interpolasi konduktivitas panas gas                        | 54 |
| Tabel 4.12 Kondisi desain air heater PLTU Unuit 3 Sicanang            | 56 |
| Tabel 4.13 Unjuk Kerja Air heater PLTU 3 Sicanang, Belawan            | 58 |

MERCU BUANA

## DAFTAR SIMBOL

| Simbol                          | Keterangan  |
|---------------------------------|---|
| $q_{\text{kond}}$               | Laju perpindahan panas konduksi                       |
| $k$                             | Konduktivitas thermal bahan                           |
| $A$                             | Luas penampang tegak lurus terhadap arah aliran panas |
| $\frac{\partial T}{\partial X}$ | gradient temperature pada penampang tersebut          |
| $T_w$                           | temperatur dinding                                    |
| $T_s$                           | temperatur sekeliling                                 |
| $h$                             | koefisien perpindahan pannaas konveksi                |
| $q_c$                           | laju perpindahan panas konveksi                       |
| $U_{\infty}$                    | Kecepatan aliran bebas                                |
| $x$                             | Jarak dari tepi ke depan                              |
| $U$                             | Viskositas kinematik                                  |
| $q_r$                           | laju perpindahan panas radiasi                        |
| $\sigma$                        | Konstanta Stefan boltzman                             |
| $\varepsilon$                   | Emisivitas (Konstanta proporsioaniltas)               |
| $T$                             | Suhu absolut benda                                    |
| $h_i$                           | koefisien perpindahan panas konveksi pada sisi kiri   |
| $h_o$                           | koefisien perpindahan panas konveksi pada sisi kanan  |
| $\dot{m}$                       | laju alir massa fluida                                |
| $C_p$                           | kapasitas kalor spesifik                              |
| $U$                             | koefisien perpindahan panas secara keseluruhan        |
| $O_2 \text{ in}$                | kandungan $O_2$ content masuk air preheater gas side  |
| $O_2 \text{ out}$               | kandungan $O_2$ content masuk air preheater gas side  |
| $T_{go,NI}$                     | Gas outlet temperature corrected for no leakage       |
| $T_{ai}$                        | Temperature of air entering air heater                |
| $T_{gi}$                        | Temperature of gas entering gas heater                |
| $T_{go}$                        | Temperature of gas leaving air heater                 |
| $Th,i$                          | Temperatur inlet pada sisi panas                      |
| $Th,o$                          | temperatur outlet pada sisi panas                     |
| $Tc,i$                          | temperatur inlet pada sisi dingin                     |
| $Tc,o$                          | temperature outlet pada sisi dingin                   |

## DAFTAR SINGKATAN

| SINGKATAN | KETERANGAN                     |
|-----------|--------------------------------|
| PLTU      | Pembangkit Listrik Tenaga Uap  |
| HRA       | Heat Recovery Area             |
| FT        | Feet                           |
| NTU       | Number Transfer Unit           |
| LMTD      | Log Mean Temperatur Difference |
| APK       | Alat Penukar kalor             |



UNIVERSITAS  
MERCU BUANA