

ANALISIS EKONOMI *BOILER WATER TUBE* PADA PABRIK TRIASETIN DARI ASAM ASETAT DAN GLISEROL

Moh. Yusrin Nizam dan Ade Sonya Suryandari

Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Malang, Jl. Soekarno Hatta No. 9, Malang, Indonesia
yusrin1922@gmail.com, [ade.sonya@polinema.ac.id]

ABSTRAK

Boiler merupakan alat paling penting dalam proses penyediaan uap. Pada laporan akhir perancangan pabrik kimia dengan judul perancangan pabrik triasetin dari gliserol dan asam asetat dengan metode esterifikasi menggunakan katalis resin lewatis kapasitas 7.500 ton/tahun kebutuhan suplai *steam* salah satunya adalah untuk suplai *reboiler*. Dalam laporan akhir tersebut digunakan dua *boiler* tipe *water tube*. Secara kapasitas, penggunaan satu *water tube boiler* sangat mungkin dilakukan. Maka dari itu, diperlukan analisis secara ekonomi dengan membandingkan penggunaan satu *water tube boiler* dan dua *water tube boiler*. Artikel ini disusun dengan tujuan untuk mengetahui potensi penggunaan satu *water tube boiler* secara ekonomi guna menyuplai *steam* pada *reboiler*. Perhitungan ekonomi meliputi perhitungan biaya tetap, biaya tidak tetap, dan nantinya akan diperoleh biaya pokok tiap produksi per kilogram *steam*. Dengan *rate* keluaran *steam* pada *boiler* sebesar 4047,41 kg/jam, didapatkan selisih Biaya Tetap, Biaya Tidak Tetap, dan Biaya Pokok pada penggunaan satu *water tube boiler* secara berturut – turut adalah lebih kecil 13%, 9%, 10% dari penggunaan dua *water tube boiler*.

Kata kunci: *Water Tube Boiler, biaya tetap, biaya tidak tetap, biaya pokok.*

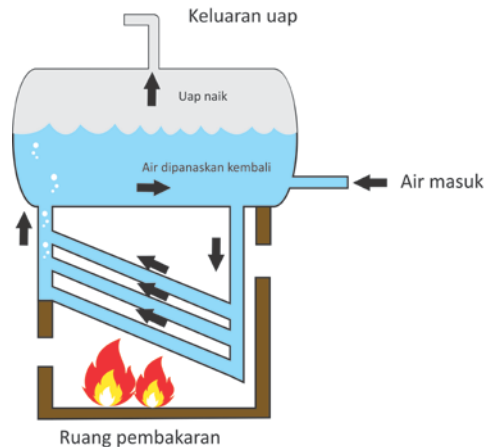
ABSTRACT

Boilers are the most important tools in the process of supplying steam. In the final report of chemical plant design entitled a design of a triacetin plant from glycerol and acetic acid with an esterification method using a resin catalyst with a capacity of 7,500 tons/year, one of which steam supply needs are for reboiler supply. According to the final report, two water tube type boilers were used. However, theoretically, the usage of one water tube boiler is very possible. Therefore, economic analysis is needed by comparing the use of one water tube boiler and two water tube boilers. This journal was made to find out the potential of using a water tube boiler in order to supply steam to the reboiler economically. Economic calculations include the calculation of fixed costs, variable costs, and later the cost of each production per kilogram of steam will be obtained. With a boiler steam output rate of 4047.41 kg/hour, the difference in Fixed Costs, Non-Fixed Costs, and Base Costs for using one boiler water tube in a row are 13%, 9%, 10% less than the usage of two boiler water tube.

Keywords: *Water Tube Boiler, fixed cost, variable cost, basic cost.*

1. PENDAHULUAN

Water Tube Boiler merupakan jenis *boiler* dimana air umpan dialirkan lewat pipa masuk kedalam tangki penampung. Air kemudian disirkulasi keluar drum dan dipanaskan oleh pembakar sehingga air akan mencapai titik uapnya. Air panas dan uap selanjutnya akan dimasukkan kemali ke drum penampung dan akan disirkulasi terus menerus sampai uap mencapai suhu dan tekanan yang diinginkan [1].



Gambar 1. Diagram sederhana *Water Tube Boiler*

Berdasarkan laporan akhir perancangan pabrik triasetin oleh Nizam, dkk [2] uap yang dihasilkan dari dua *Water Tube Boiler* di gunakan untuk suplai kebutuhan *steam* pada *reboiler* pada unit distilasi. Sumber panas *reboiler* dapat menggunakan fluida cair, namun pada umumnya sumber panas menggunakan *steam* [3]. *Boiler* ini digunakan secara kontinyu dan dioperasikan pada suhu dan tekanan tinggi dimana hal ini dapat mengakibatkan terjadinya penyusutan secara ekonomi karena turunnya performa alat [4]. maka dari itu perlu adanya analisis secara ekonomi dengan melakukan perbandingan kondisi penggunaan satu *boiler* dan dua *boiler* guna mengetahui kondisi mana yang memiliki prospek ekonomi lebih baik. Analisis ekonomi terdiri dari perhitungan biaya tetap, biaya tidak tetap, dan biaya pokok.

Biaya tetap merupakan biaya minimal yang harus dikeluarkan oleh perusahaan meskipun alat yang digunakan tidak beroperasi [5]. Biaya tetap pada *boiler* ini adalah biaya penyusutan alat dan biaya bunga modal. Biaya penyusutan alat merupakan selisih harga alat dan nilai sisa alat dibagi dengan umur ekonomis mesin. Biaya penyusutan alat berguna untuk memperkirakan pengeluaran yang harus dikeluarkan tiap tahun agar perusahaan dapat langsung melakukan pengadaan ketika alat sudah harus diganti. Biaya bunga modal merupakan biaya yang harus dikeluarkan setiap tahun untuk memenuhi pengembalian pinjaman modal dari bank.

Biaya tidak tetap merupakan biaya yang dikeluarkan tergantung dengan jumlah alat yang digunakan. Biaya tidak tetap pada *Water Tube Boiler* ini adalah biaya perawatan, upah operator dan biaya bahan bakar [6]. Biaya tidak tetap berguna untuk menganalisis pengeluaran operasional alat.

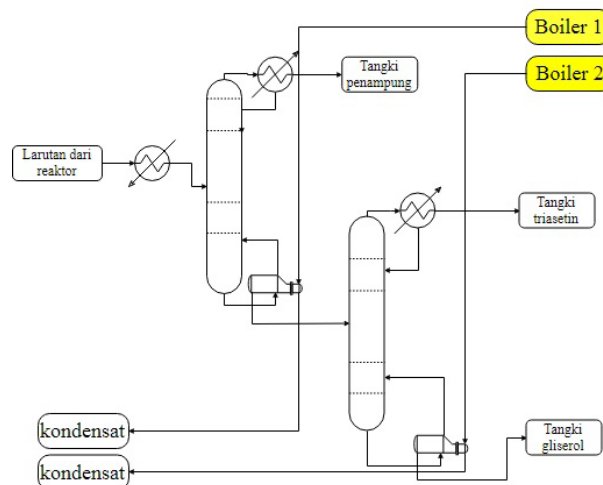
Biaya pokok merupakan pengeluaran yang diperlukan oleh sebuah mesin untuk setiap unit produksi [6]. Biaya pokok *Water Tube Boiler* ini merupakan total biaya tetap dan biaya tidak tetap dibagi dengan kapasitas produksi uap.

Jurnal ini disusun dengan tujuan untuk mengetahui potensi penggunaan satu *water tube boiler* secara ekonomi guna menyuplai *steam* pada *reboiler*.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Dalam proses pembuatan triasetin dengan reaksi esterifikasi gliserol dan asam asetat akan menghasilkan triasetin dan air. Maka perlu adanya pemisahan antara triasetin dan bahan – bahan pada reaktor yang tidak dibutuhkan yaitu air, asam asetat, dan gliserol. Saat campuran cairan ini dipanaskan maka uap yang dihasilkan akan mengandung komponen paling volatil diantara komponen yang lain [7]. Namun untuk memisahkan larutan multi

komponen dibutuhkan lebih dari satu menara distilasi [8]. Dalam laporan akhir perancangan pabrik triasetin oleh Nizam, dkk [2] jumlah menara distilasi yang digunakan untuk memisahkan larutan hasil keluaran reaktor adalah dua buah. Menara distilasi pertama menghasilkan produk atas berupa air dan asam asetat dan produk bawah berupa triasetin dan gliserol. Kemudian keluaran produk bawah akan masuk kedalam kolom distilasi dua dimana produk atas adalah triasetin dan produk bawah adalah gliserol. Untuk menunjang utilitas penyediaan *steam* digunakan tiga buah *boiler* yang menghasilkan *saturated steam*. Satu *boiler* berjenis *fire tube boiler* dan dua yanglain berjenis *water tube boiler*. *Fire tube boiler* digunakan untuk mendukung suplai *steam* ke *pre heater* dengan suhu sebesar 150°C . Sedangkan dua *water tube boiler* digunakan untuk mendukung suplai *steam* pada tiap – tiap *reboiler* dengan suhu sebesar 400°C .



Gambar 2. Diagram alir unit distilasi

Pada umumnya *water tube boiler* diindustri memiliki kapasitas 4.500 – 12.000 kg/jam [9]. Sedangkan total kebutuhan *steam* pada laporan akhir Perancangan Pabrik Kimia oleh Nizam, dkk adalah 4047,41 kg/jam. Secara kapasitas sangat memungkinkan untuk penggunaan satu *water tube boiler* untuk suplai *steam* pada *reboiler* pada unit distilasi. Disisi lain harga *boiler* sangat dipengaruhi oleh kapasitas *steam* yang dihasilkan. Dengan menggunakan dua *boiler* dengan kapasitas yang berbeda maka harga *boiler* pun juga akan berbeda. perlu adanya analisis secara ekonomis dengan membandingkan perhitungan ekonomi antara penggunaan dua *boiler* dan satu *boiler* pada desain pabrik kimia oleh Nizam, dkk [2].

Metode yang digunakan untuk melakukan analisis ekonomi *Water Tube Boiler* pada pabrik triasetin dari gliserol dan asam asetat adalah:

2.1. Data Primer

Dalam penelitian ini data primer diambil dari laporan akhir Perancangan Pabrik Kimia Perancangan Pabrik Triasetin Dari Gliserol dan Asam Asetat dengan Metode Esterifikasi Menggunakan Katalis Resin Lewatit Kapasitas 7.500 ton/tahun oleh Nizam, dkk [2].

2.2. Data Sekunder

Data sekunder merupakan data pendukung yang bisa didapat dari jurnal atau buku Teknik Kimia maupun Ekonomi Teknik.

2.3. Pengolahan Data

Analisis ekonomi *boiler* untuk suplai *steam* pada pabrik triasetin dari asam asetat dan gliserol dilakukan dengan melakukan perhitungan berdasarkan dua kondisi yaitu penggunaan satu *water tube boiler* dan dua *water tube boiler*. Proses perhitungan disusun dalam enam tahap, yaitu:

1. Menghitung kebutuhan *steam reboiler 1* dan *reboiler 2* dari persamaan neraca energi.

$$Q_{\text{Hot fluid}} = Q_{\text{Cold fluid}} \quad (1)$$

$$Q = m \times \lambda \quad (2)$$

2. Menghitung kapasitas panas pada *boiler*.

$$\text{kapasitas panas} = m \times H_v \quad (3)$$

3. Menghitung jumlah bahan bakar.

$$\text{massa bahan bakar} = \frac{\text{kapasitas panas}}{H_v \text{ bahan bakar} \times \text{efisiensi bahan bakar}} \quad (4)$$

4. Menghitung biaya tetap.

$$D = \frac{P-S}{N} \quad (5)$$

$$I = \frac{i(P+S)}{2} \quad (6)$$

$$BT = D + I \quad (7)$$

5. Menghitung biaya tidak tetap.

$$\text{Upah operator} = \frac{\text{upah} \times \text{tenaga kerja}}{\text{jam kerja per hari}} \quad (8)$$

$$\text{Biaya perawatan} = \frac{1,2\% (P-S)}{100 \text{ jami}} \quad (9)$$

$$\text{Biaya Bahan bakar} = \text{jumlah bahan bakar} \times \text{harga bahan bakar} \quad (10)$$

$$BTT = (8) + (9) + (10) \quad (11)$$

6. Menghitung biaya pokok.

$$\text{Biaya pokok} = \frac{\left(\frac{BT}{X}\right) + BTT}{C} \quad (12)$$

Keterangan:

Q : *rate* kalor *steam* (Btu/jam)(kJ/jam)

m : *flowrate* massa *steam* (lb / jam)(kg / jam)

λ : panas laten (kJ/kg)

H_v : panas vaporisasi (kJ/kg)

D : biaya penyusutan alat (Rp/tahun)

P : harga jual alat (Rp)

S : nilai sisa (Rp)

N : umur ekonomis mesin (tahun)

I : biaya bunga modal (Rp/tahun)

- i : bunga BANK (%)
- BT : biaya tetap (Rp/tahun)
- BTT : biaya tidak tetap (Rp/jam)
- X : jam kerja (jam kerja/tahun)
- C : kapasitas kerja (kg/jam)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Perhitungan Kebutuhan Steam

Berdasarkan Laporan Akhir Perancangan Pabrik Kimia Perancangan Pabrik Triasetin Dari Gliserol dan Asam Asetat dengan Metode Esterifikasi Menggunakan Katalis Resin Lewatit Kapasitas 7.500 ton/tahun oleh Nizam, dkk [2]. Dengan asumsi kebocoran sebesar 10% dari total steam yang dibutuhkan dan faktor keamanan sebesar 10% dari total steam [2] didapatkan rate steam aktual sebesar.

Tabel 1. Data perhitungan kebutuhan steam

No	Kode Reboiler	Rate steam (lb/jam)	Rate steam teoritis (kg/jam)	Rate steam aktual (kg/jam)
1	E-312	3878,5988	1614,18	1937,02
2	E-322	3559.2753	1758,66	2110,39
TOTAL				4047,41

3.2. Perhitungan Kapasitas Panas

Dengan Hv diketahui sebesar 3279,8 KJ/Kg [2] kapasitas panas dihitung sebesar.

Tabel 2. Data perhitungan kapasitas panas

No Boiler	Kapasitas panas (kJ/jam)	Kapasitas panas (Btu/jam)
1	6353025	5993420
2	6921664	6529871
3	13274689	12523291

3.3. Perhitungan Jumlah Bahan Bakar

Pada boiler ini digunakan bahan bakar lignin dengan nilai Hv sebesar 10363 Btu/lb dengan densitas 863 kg/kL serta efisiensi sebesar 75% [2] maka kebutuhan bahan bakar dapat diketahui sebagai berikut.

Tabel 3. Data kebutuhan bahan bakar

Kondisi	No Boiler	Massa bahan bakar (lb/jam)	Massa bahan bakar (kg/jam)
1 boiler	1	771,13	349,78
	2	840,15	381,08

2 boiler	3	1611,28	730,87
----------	---	---------	--------

Analisis lain tentang kebutuhan bahan bakar boiler dengan menggunakan limbah kelapa sawit dengan nilai HV sebesar 9342,77 Btu/lb didapatkan kebutuhan bahan bakar sebesar 867,84 kg/jam [10]. Nilai yang mirip didapatkan harena limbah kelapa sawit merupakan bahan yang mengandung lignin yang dapat mencapai 22,158% [11]. Dalam pengopreasian boiler dibutuhkan bahan bakar tambahan untuk melakukan *start up*. Dibutuhkan *fossil fuel* dengan asumsi kebutuhan sebesar 10% dari kebutuhan panas [12]. Spesifikasi bahan bakar yang digunakan adalah sebagai berikut:

Tabel 6. Data sifat fisik IDO

Tipe	IDO (<i>Industrial Diesel Oil</i>)
Hv	18800 Btu/lb
Densitas	863 kg/kL

Berdasarkan perhitungan kapasitas panas maka kebutuhan bahan bakar untuk *start up* sebesar 35,01 L/jam.

3.4. Perhitungan Biaya Tetap

Biaya tetap adalah total dari biaya penyusutan alat ditambah dengan biaya bunga modal.

3.4.1 Biaya Penyusutan

Berdasarkan perhitungan harga dari *matche.com* dan dengan menggunakan metode penafsiran harga maka didapatkan harga boiler sebagai berikut:

Tabel 7. Harga alat menggunakan dua boiler

No Boiler	Harga alat
1	Rp. 6.591.640.000
2	Rp. 7.058.820.000
TOTAL	Rp. 13.650.460.000

Tabel 8. Harga alat menggunakan satu boiler

No Boiler	Harga Alat
3	Rp. 11.868.360.000
TOTAL	Rp. 11.868.360.000

dengan nilai sisa sebesar 10% lebih kecil dari harga alat dan umur ekonomis selama 10 tahun [12] maka diperoleh biaya penyusutan sebesar.

Tabel 9. Biaya penyusutan per tahun

Kondisi	Nilai Sisa	Biaya Penyusutan per Tahun
1 boiler	Rp. 1.365.046.000	Rp. 1.228.541.400

2 boiler Rp. 1.186.836.000 Rp. 1.068.152.400

3.4.2 Biaya bunga modal

Biaya bunga modal dapat dihitung dengan asumsi nilai bunga bank sebesar 12% per tahun [12] maka didapatkan nilai biaya bunga modal sebesar

Tabel 10. Biaya bunga modal per tahun

Kondisi	Biaya Bunga Modal/Tahun
1 boiler	Rp. 900.930.360
2 boiler	Rp. 783.311.760

Dari perhitungan biaya tetap didapatkan nilai sebesar

Tabel 11. Hasil perhitungan biaya tetap

Kondisi	1 boiler	2 boiler
Biaya penyusutan alat	Rp. 1.228.541.400/ tahun	Rp. 1.068.152.400/ tahun
Biaya bunga modal	Rp. 900.930.360/ tahun	Rp. 783.311.760/ tahun
Biaya tetap	Rp. 2.129.471.760/ tahun	Rp. 1.851.464.160/ tahun

3.5. Perhitungan Biaya Tidak Tetap

Biaya tidak tetap pada *reboiler* ini antara lain upah operator, biaya perawatan, dan biaya bahan bakar. Dengan menggunakan dua *boiler* maka jumlah operator juga menjadi dua kali lipat dari penggunaan satu *boiler*.

3.5.1 Upah operator

Dalam melakukan tugasnya operator dibagi menjadi 3 *shift* dalam sehari. Dalam sekali *shift* terdapat dua orang. Sehingga untuk kondisi pemakaian satu *boiler* mempekerjakan 6 orang dan pada kondisi pemakaian dua *boiler* mempekerjakan 12 orang. Upah masing - masing operator sebesar Rp. 4.000.000/bulan [2]. Maka upah operator per jam adalah.

Tabel 12. Biaya upah operator

Kondisi	Biaya Upah Operator/jam
1 boiler	Rp. 100.000
2 boiler	Rp. 200.000

3.5.2 Biaya perawatan

Biaya perawatan memiliki persentase 1,2% dari selisih harga alat dan harga bekas alat per satuan waktu [12]. Dari perhitungan biaya perawatan didapat nilai biaya perawatan sebesar.

Tabel 13. Biaya perawatan alat

Kondisi	Biaya Perawatan/jam
1 boiler	Rp. 1.281.783
2 boiler	Rp. 1.474.250

3.5.3 Biaya bahan bakar

Bahan bakar yang dibutuhkan terdiri dari dua jenis yaitu lignin dan IDO [2]. Karena kebutuhan bahan bakar sama pada tiap kondisi maka biaya bahan bakar tersaji dalam tabel sebagai berikut.

Tabel 14. Tabel perhitungan biaya bahan bakar

No	Jenis Bahan Bakar	Jumlah kebutuhan	Harga satuan	Total biaya
1	Lignin	730,87 kg/jam	Rp.1.800/kg	Rp. 1.315.566/jam
2	IDO	35,01 L/jam	Rp.10.000/L	Rp. 350.100/jam
TOTAL				Rp. 1.665.666/jam

Maka total biaya tidak tetap adalah.

Tabel 15. Biaya tidak tetap

Kondisi	Biaya Tidak Tetap/jam
1 boiler	Rp. 3.047.449
2 boiler	Rp. 3.339.916

3.6. Perhitungan Biaya Pokok

Biaya pokok merupakan biaya yang diperlukan oleh mesin untuk setiap unit produksi. dalam hal ini merupakan total *rate steam* yang sama antara penggunaan satu *boiler* dan dua *boiler* yaitu 4047,41 kg/jam. Maka biaya pokok yang didapat pada penggunaan satu *boiler* dan dua *boiler* dapat dilihat pada tabel sebagai berikut.

Tabel 16. Biaya pokok

Kondisi	Biaya Pokok/kg
1 boiler	Rp. 916
2 boiler	Rp. 1.013

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Dari hasil analisis ekonomi *water tube boiler* berdasarkan laporan akhir perancangan pabrik kimia perancangan pabrik triasetin dari gliserol dan asam asetat dengan metode esterifikasi menggunakan katalis resin lewaitit kapasitas 7.500 ton/tahun oleh Nizam, dkk. Dengan membandingkan dua kondisi yaitu kondisi penggunaan satu *boiler* dan dua *boiler* untuk memenuhi kebutuhan *steam* untuk *reboiler* pada unit distilasi didapatkan nilai Biaya Tetap sebesar Rp. 2.129.471.760/tahun pada kondisi penggunaan dua boiler sedangkan

didapatkan nilai Rp. 1.851.464.160/tahun pada kondisi penggunaan satu *boiler*. Selisih antara keduanya adalah Rp. 278.007.600 ini berarti nilai biaya tetap dari penggunaan satu *boiler* lebih hemat 13% dari penggunaan dua *boiler*. Dalam perhitungan Biaya Tidak Tetap didapatkan selisih sebesar Rp. 292.467/jam ini berarti dalam kondisi penggunaan satu *boiler* lebih kecil 9% dari penggunaan dua *boiler*. Perhitungan Biaya Pokok didapatkan nilai Rp. 916/kg *steam* pada kondisi penggunaan satu *boiler* dan Rp. 1.013/kg *steam* pada penggunaan dua *boiler*. Selisih antara keduanya adalah Rp. 97/kg *steam*. Penggunaan satu boiler dilihat dari Biaya Pokok nya lebih hemat 10% dari penggunaan dua *boiler*. Dapat disimpulkan bahwa penggunaan satu *boiler* secara ekonomis lebih hemat dari penggunaan dua *boiler*.

Saran untuk penelitian selanjutnya agar dilakukan perhitungan umur ekonomis secara terperinci agar dapat diketahui biaya tetap dan biaya pokok yang lebih detail.

REFERENSI

- [1] Saputra, Hendra., *Studi Teknis dan Ekonomis Perubahan Steam Boiler Menjadi Thermal Oil Boiler Sebagai Pemanas HFO Pada Kapal MV Amazon*, 2011, Undergraduate Thesis of Marine Engineering ITS, Surabaya.
- [2] Nizam, Moh dkk., *Perancangan Pabrik Triasetin dari Gliserol dan Asam Asetat dengan Metode Esterifikasi Menggunakan Katalis Resin Lewatit Kapasitas 7.500 Ton/Tahun*, 2020, Laporan Akhir PPK, Politeknik Negeri Malang, Malang.
- [3] Komariah, leily dkk., 2009, *Tinjauan Teoritis Perancangan Kolom Distilasi untuk Pra-Perancangan Pabrik Skala Industri*, Jurnal Teknik Kimia, No.4, Vol.16.
- [4] Parinduri, Luthfi dkk., *Analisis Umur Ekonomis Mesin Perebusan Untuk Perencanaan Replacement (Studi Kasus di PT. PN IV Kebun Adolina Perbaungan)*, Buletin Utama Teknik, Vol.13, No.1, Oktober 2017, ISSN: 2598-3814.
- [5] Santosa., 2008, *Evaluasi Ekonomi Pada Sistem Industri*, Hand out, Program Studi Teknologi Pertanian Program Pascasarjana Universitas Andalas, Padang.
- [6] Sarif, rafi., 2018, *Analisis Ekonomi dan Uji Kinerja Pada Mesin Pencacah Daun dan Ranting Bambir Tipe Roller*, Journal of Applied Agricultural Science and Technology, 2(1):1-10
- [7] Permatasari, Ratih dkk., 2015, *Permodelan dan Simulasi Distilasi Batch Broth Fermentasi Pada Tray Column dengan Serabut Wool*, Jurnal Teknik Kimia, No.2, Vol.9.
- [8] Geankoplis, Christie J., 1993, *Transport Processes and Unit Operations*, 3 rd edition, Prentice Hall, New Jersey.
- [9] UNEP., 2006, *Energy Efficiency Guide for Industry in Asia*, UNEP, Bangkok.
- [10] Ginanjar, Taufiq dkk., 2019, *Analisis Kebutuhan Bahan Bakar Boiler dengan Melakukan Uji Kalori Pada Pabrik Kelapa Sawit PT. Sentosa Prima Agro*, Jurnal S1 Teknik Mesin Universitas Tanjung Pura, Pontianak, No.1, Vol.1.
- [11] Nasrudin., 2012, *Delignifikasi Tandan Kosong Kelapa Sawit Dilanjutkan dengan Hidrolisis Bertahap Untuk Menghasilkan Glukosa*, Balai Riset dan Sandardisasi Industri Palembang, Palembang.
- [12] Ulrich, Gael D., 1984, *A Guide to Chemical Engineering Process Design and Economics*, University of New Hampshire, New York.