

TUGAS AKHIR

ANALISA PERPINDAHAN PANAS ALAT PENUKAR KALOR PADA PENGERING IKAN DENGAN SISTEM GASIFIKASI



DISUSUN OLEH :

ALFIAN DWI ANGGARA

153310543

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS ISLAM RIAU

PEKANBARU

2022

HALAMAN PERSETUJUAN

TUGAS AKHIR

**ANALISA PERPINDAHAN PANAS ALAT PENUKAR KALOR PADA
PENGERING IKAN DENGAN SISTEM GASIFIKASI**



Disusun Oleh :

ALFIAN DWI ANGGARA

15.331.0543

Disetujui Oleh :

EDDY ELFIANO, S.T., M.Eng
Dosen Pembimbing

Tanggal : 29 Maret 2022

HALAMAN PENGESAHAN

TUGAS AKHIR

**ANALISA PERPINDAHAN PANAS ALAT PENUKAR KALOR PADA
PENGERING IKAN DENGAN SISTEM GASIFIKASI**



Disusun Oleh :

ALFIAN DWI ANGGARA

15.331.0543

Disahkan Oleh :

PEKANBARU

MENGETAHUI

PEMBIMBING

Ketua Prodi Teknik Mesin

JHONNI RAHMAN, B.Eng., M.Eng., Ph.D

NIDN : 1009038504

EDDY ELFIANO, S.T., M.Eng

NIDN : 1025057501

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertandatangan dibawah ini:

Nama : Alfian Dwi Anggara

NPM : 153310543

Program Studi : Teknik Mesin (S1)

Judul Tugas Akhir : Analisa Perpindahan Panas Alat Penukar Kalor Pada Pengereng ikan Dengan Sistem Gasifikasi.

Menyatakan dengan sebenar benarnya bahwa penulisan tugas akhir ini adalah hasil penelitian, pemikiran, dan pemaparan asli dari karya ilmiah saya sendiri, baik dari naskah laporan maupun data data yang tercantum pada tugas akhir ini. Jika terdapat karya ilmiah ini milik orang lain, saya akan mencantumkan sumber dengan jelas pada daftar pustaka.

Surat pernyataan ini saya buat sesungguhnya dan apabila dikemudian hari terdapat penyimpangan serta tidak benar dalam pernyataan ini, maka saya bersedia mengakuinya dan menerima sanksi sesuai dengan ketentuan yang berlaku di Universitas Islam Riau.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dalam keadaan baik baik saja dan tanpa paksaan dari pihak manapun.

Pekanbaru, Maret 2022


DE166AJX787079427 Alfian Dwi Anggara

NPM: 153310543

ANALISA PERPINDAHAN PANAS ALAT PENUKAR KALOR PADA PENGERING IKAN DENGAN SISTEM GASIFIKASI

Alfian Dwi Anggara, Eddy Elfiano, S.T., M.Eng

Program Studi Teknik Mesin Fakultas teknik Universitas Islam Riau

Jl. Kahairuddin Nasution Km 11 No. 113 Perhentian Marpoyan, Pekanbaru

Telp. 0761-674635 Fax. (0761) 67834

Email: alfiaan@student.uir.ac.id

ABSTRAK

Alat penukar kalor (*Heat exchanger*) adalah alat yang menghasilkan perpindahan panas dari satu fluida ke fluida lainnya. Penukar kalor merupakan peralatan mesin yang amat penting, baik dalam sebuah sistem pembangkit tenaga, proses-proses industri, media transportasi, maupun dalam bidang pendidikan. Alat penukar kalor dapat dibedakan menjadi *Heat Exchanger* dengan aliran searah dan *Heat Exchanger* dengan aliran berlawanan arah (*counter-current flow*). Sistem konveksi paksa adalah salah satu cara pemanasan yang dapat diaplikasikan dalam pengeringan ikan. Sistem konveksi paksa menggunakan panas pembakaran dari tungku pembakaran yang selanjutnya disalurkan kedalam pipa-pipa dengan menggunakan dorongan alat penghebus udara (kipas) kedalam rak pengering.

Kata kunci : alat penukar kalor, biomassa, gasifikasi

HEAT TRANSFER ANALYSIS OF HEAT EXCHANGE IN FISH DRYER WITH GASIFICATION SYSTEM

Alfian Dwi Anggara, Eddy Elfiano, S.T., M.Eng

*Mechanical Engineering Study Program, Faculty Of Engineering Islamic University
Of Riau*

Jl. Kahairuddin Nasution Km 11 No. 113 Perhentian Marpoyan, Pekanbaru

Telp. 0761-674635 Fax. (0761) 67834

Email: alfiaan@student.uir.ac.id

Abstract

A heat exchanger is a device that produces heat transfer from one fluid to another. The heat exchanger is a very important machine tool, both in a power generation system, industrial processes, transportation media, as well as in the field of education. Heat exchangers can be divided into heat exchangers with direct flow and counter current flow. The forced convection system is one way of heating that can be applied in drying fish. The forced convection system uses the combustion heat from the combustion furnace which is then channeled into the pipes by using an air blower (fan) into the drying rack.

Keywords: heat exchanger, biomass, gasification

KATA PENGANTAR

Dengan mengucapkan Alhamdulillah segala puji dan syukur penulis panjatkan atas kehadiran Allah SWT, karena berkat rahmat dan hidayah-Nya penyusunan Proposal Tugas Akhir yang berjudul **“Analisa Perpindahan Panas Alat Penukar Kalor Pada Pengering Ikan dengan Sistem Gasifikasi”** ini dapat diselesaikan guna memenuhi salah satu persyaratan Mata Kuliah Tugas Akhir pada program studi Teknik Mesin Universitas Islam Riau. Dalam penyusunan tugas akhir ini tentu saja banyak menemui kesulitan dan hambatan, akan tetapi berkat bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak saya dapat menyelesaikan tugas akhir sarjana ini sesuai ketentuan yang sudah ditentukan. Oleh karena itu, dengan penuh kerendahan hati, pada kesempatan ini patutlah kiranya penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Kedua Orang Tua penulis yang senantiasa memberikan do'a dan dukungan kepada penulis.
2. Bapak Dr. Eng. Muslim,S.T., M.T selaku dekan fakultas teknik Universitas Islam Riau
3. Bapak Jhonni Rahman B.Eng. M.Eng, P.hd selaku Kepala Prodi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Islam Riau.
4. Bapak Rafil Arizona ST.,M.Eng selaku Sekretaris Prodi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Islam Riau.
5. Bapak Eddy Elfiano.ST.,M.Eng selaku Pembimbing Tugas Akhir.
6. Dosen-dosen di Fakultas Teknik Mesin Universitas Islam Riau.

7. Rekan-rekan Mahasiswa yang senantiasa membantu serta memberi dukungan dalam menyelesaikan Tugas akhir ini.

Penulis menyadari masih banyak kekurangan pada penulisan Proposal Tugas Akhir ini, semoga tulisan ini dapat bermanfaat bagi banyak orang khususnya bagi penulis pribadi.



Pekanbaru, Maret 2022

Penulis

ALFIAN DWI ANGGARA

NPM : 153310543

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
KATA PENGANTAR.....	iii
DAFTAR ISI	v
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR GRAFIK	x
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR NOTASI	xii
BAB I	1
PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
1.6 Sistematika Penulisan	4
BAB II.....	5
TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Penukar Kalor/Panas	5

2.2	Alat Penukar Kalor (<i>Heat Exchanger</i>).....	5
2.3	Aliran Menyilang Rangkaian Tabung.....	8
2.4	Perpindahan Panas.....	14
2.5	Bahan Bakar	15
2.6	Proses Pembakaran.....	16
2.7	Tungku Pembakaran.....	16
2.7.1	Tipe Dengan Box	17
2.8	Blower	18
BAB III	20
METODOLOGI PENELITIAN	20
3.1	Diagram Alir Penelitian	20
3.2	Waktu Dan Tempat Penelitian	22
3.3	Gambar alat	22
3.3.1	Alat Yang Digunakan Pada Proses Penelitian.....	22
3.4	Alat Penelitian.....	26
3.5	Bahan penelitian.....	29
3.6	Prosedur Pengujian	29
3.7	Pengamatan Dan Tahapan Pengujian.....	31
3.8	Jadwal Kegiatan Penellitian	32

BAB IV	34
HASIL DAN PEMBAHASAN	34
4.1 Pengujian Alat Penukar Kalor.....	34
4.2 Koefisien Perpindahan Panas Konveksi.....	35
4.2.1 Nilai perpindahan panas alat penukar kalor (j/s).....	39
4.2.2 koefisien perpindahan panas	41
4.2.1 laju aliran gas asap (kg/s)	42
4.3 Perhitungan Nilai Panas Pada Tngku.....	43
4.3.1 Daya keluar (kJ)	46
4.3.2 Energi Bahan Bakar (kJ)	47
4.3.2 Energi pemanas udara (kJ)	48
BAB V.....	51
PENUTUP	51
5.1 Kesimpulan	51
5.2 Saran.....	52
Daftar pustaka	53
Lampiran	55

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Gambar 2.1 Aliran searah (<i>parallel flow</i>).....	6
Gambar 2.2 Aliran Berlawanan (<i>Counterflow</i>).....	7
Gambar 2.3 Tabung garis segaris.....	8
Gambar 2.4 <i>Furnace Box</i>	17
Gambar 2.5 <i>Axial Blower</i>	19
Gambar 3.1 Diagram Alir.....	20
Gambar 3.2 <i>Workshop</i> Teknik mesin.....	22
Gambar 3.3 Alat pengering ikan.....	23
Gambar 3.4 Pipa penukar kal.....	25
Gambar 3.5 Alat gasifikasi.....	25
Gambar 3.6 Timbangan.....	26
Gambar 3.7 <i>Thermometer Infrared</i>	27
Gambar 3.8 Thermocouple.....	28
Gambar 3.9 Gas analyzer.....	28
Gambar 3.10 Anemometer.....	29
Gambar 4.1 Susunan pipa-pipa dan aliran gas asap pada alat pengering.....	36
Gambar 4.2 Nilai perpindahan panas alat penukar kalor (<i>J/s</i>).....	40
Gambar 4.3 Koefisien perpindahan panas (<i>h</i>).....	41
Gambar 4.4 Laju aliran gas asap (<i>kg/s</i>).....	42
Gambar 4.5 Daya keluar (<i>kJ</i>).....	46

Gambar 4.6 Energi bahan bakar (kJ).....48
Gambar 4.7 energi pemanas udara (kJ).....49



Dokumen ini adalah Arsip Milik :
Perpustakaan Universitas Islam Riau

DAFTAR GRAFIK

Grafik 4.2 Nilai perpindahan panas alat penukar kalor (J/s).....	40
Grafik 4.3 Koefisien perpindahan panas (h).....	41
Grafik 4.4 Laju aliran gas asap (kg/s).....	42
Grafik 4.5 Daya keluar (kJ).....	46
Grafik 4.6 Energi bahan bakar (kJ).....	48
Grafik 4.7 energi pemanas udara (kJ).....	49



DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Data hasil pengujian.....	34
Tabel 4.2 Hasil perhitungan koefisien perpindahan panas.....	39
Tabel 4.3 Hasil perhitungan nilai panas pada tungku.....	46



DAFTAR NOTASI

S_T = Jarak antara pipa dengan pipa yang lain arah vertikal (m)

S_L = Jarak antara pipa dengan pipa yang lain arah horizontal (m)

oV = kecepatan Aliran Udara Gas Asap (m/s)

S_D = Jarak antara pipa dengan pipa yang lain arah Diagonal (m)

D = Diameter pipa (m)

ρ = Massa jenis udara (kg/m^3)

V_{max} = Kecepatan aliran maksimum gas asap (m/s)

D = Diameter pipa-pipa pemanas (m)

ν = Viskositas kinematik (m^2/s)

k = *Thermal Conductivity* ($\text{W/m}^\circ\text{C}$)

N = Jumlah pipa-pipa pemanas

L = Panjang pipa-pipa pemanas (m)

A = Luas penampang masuk udara (m^2)

A = Luas penampang masuk udara (m^2)

T_s = Temperatur udara pipa-pipa pemanas ($^\circ\text{C}$)

T_i = Temperatur gas asap cerobong ($^\circ\text{C}$)

m_f = Massa Konsumsi bahan bakar, (kg)

p = Power Output, (kW)

t = Waktu Pengeringan, (h)

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Dari waktu ke waktu perkembangan alat penukar kalor selalu mengalami kemajuan yang mana menyesuaikan perkembangan jaman dan kebutuhan.

Alat penukar kalor (*Heat exchanger*) adalah alat yang menghasilkan perpindahan panas dari satu fluida ke fluida lainnya. Penukar kalor merupakan peralatan mesin yang amat penting, baik dalam sebuah sistem pembangkit tenaga, proses-proses industri, media transportasi, maupun dalam bidang pendidikan. Alat penukar kalor dapat dibedakan menjadi *Heat Exchanger* dengan aliran searah dan *Heat Exchanger* dengan aliran berlawanan arah (*counter-current flow*). (Frank Kreith, Arko Prijono, M.Sc, 1986):

Pemanfaatan gas buang dari hasil pembakaran dapat mengurangi emisi yang bisa mempengaruhi lingkungan sekitar. karena unsur-unsur zat yang terkandung pada gas buang bisa merusak lingkungan. Potensi energi yang terbuang dari hasil pembakaran dapat dimanfaatkan untuk proses pengeringan sehingga dapat meningkatkan efektivitas dan produktivitas dari hasil pembakaran tersebut. (Iman Dirja, 2017)

Usaha yang dilakukan peneliti dibidang alat pengering ikan ini banyak diarahkan untuk mengembangkan desain baru pada bagian tertentu, seperti dapat memudahkan dalam proses pengeringan. Salah satunya dengan menggunakan system

perpindahan panas yang menggunakan alat yang berbahan jenis pipa. Pipa tersebut akan dialiri fluida yang akan disalurkan oleh *blower* menuju ke lemari pengering. (Zuhdi Ma'sum, 2013)

Sistem konveksi paksa adalah salah satu cara pemanasan yang dapat diaplikasikan dalam pengeringan ikan. Sistem konveksi paksa menggunakan panas pembakaran dari tungku pembakaran yang selanjutnya disalurkan kedalam pipa-pipa dengan menggunakan dorongan alat penghebus udara (kipas) kedalam rak pengering. (Muchamad Riwanto Putro, 2016).

1.2. Rumusan Masalah

Dari uraian di atas, rumusan masalah pada skripsi ini adalah:

1. Bagaimana analisa energy panas yang dipindahkan dari ruang bakar gasifire ke alat penukar kalor?
2. Bagaimana analisa temperature udara panas dalam dalam pipa penukar kalor?
3. Bagaimana analisa temperature udara yang keluar dari cerobong gasifikasi?

1.3. Tujuan

Adapun tujuan dari skripsi ini adalah:

1. Untuk mendapatkan nilai perpindahan panas yang terjadi dari gas asap gasifikasi ke pipa penukar kalor.
2. Untuk mendapatkan kecepatan dan temperature udara panas dalam pipa-pipa penukar kalor.

3. Untuk mendapatkan temperature gas asap yang keluar dari cerobong gasifikasi.

1.4. Batasan Masalah

Dalam pembuatan skripsi, batasan masalah adalah :

1. Menggunakan sistem gasifikasi sebagai sistem pembakaran pada alat pengering ikan.
2. Memindahkan panas pada alat penukar kalor ke dalam lemari pengering.
3. Mendapatkan temperature gas asap yang keluar dari cerobong gasifikasi.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat pembuatan alat pengering ikan ini adalah :

1. Dapat mengetahui nilai panas yang dipindahkan dari ruang bakar gasifikasi ke alat penukar kalor.
2. Dapat mengetahui kecepatan dan temperature udara panass dalam pipa penukar kalor.
3. Dapat mengetahui temperature gas asap yang keluar dari alat penukar kalor dan dialirkan ke dalam lemari pengering.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan skripsi dibuat bertujuan mempermudah dalam mengetahui proses dari awal penelitian yaitu, latar belakang masalah, rumusan masalah, tinjauan pustaka, landasan teori, dan metodologi penelitian, sampai dengan proses akhir yaitu, pembahasan dan kesimpulan. Sistematika penulisan skripsi adalah

BAB I : Pendahuluan

Pada bab pendahuluan berisi tentang latar belakang, perumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah dan sistematika penulisan.

BAB II : Tinjauan Pustaka

Pada bab ini terdiri dari teori yang diperoleh dari literatur untuk mendukung penelitian tentang pembuatan dan pengujian rancang bangun gasifikasi pengering ikan.

BAB III : Metode Penelitian

Metode penelitian berisi tentang waktu penelitian, tempat penelitian dan studi literatur.

BAB IV : Hasil dan Pembahasan

Pada hasil dan pembahasan berisi tentang hasil dalam pengujian alat pengering ikan patin dengan sistem konveksi paksa.

BAB V : Kesimpulan dan Saran

Pada bab kesimpulan dan saran berisi tentang kesimpulan dan saran untuk penelitian lebih lanjut.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Penukar Panas/Kalor

Perpindahan kalor (*heat transfer*) adalah ilmu untuk membahas tentang perpindahan energi yang terjadi karena adanya perbedaan suhu di antara benda atau material. Pada termodinamika telah kita ketahui bahwa energy yang pindah itu dinamakan kalor (*heat*). Ilmu perpindahan kalor tidak hanya menjelaskan tentang bagaimana energi kalor itu berpindah dari suatu benda ke benda lain, tetapi juga dapat menghitung laju perpindahan yang terjadi pada kondisi tertentu. (M.Firdaus 2016)

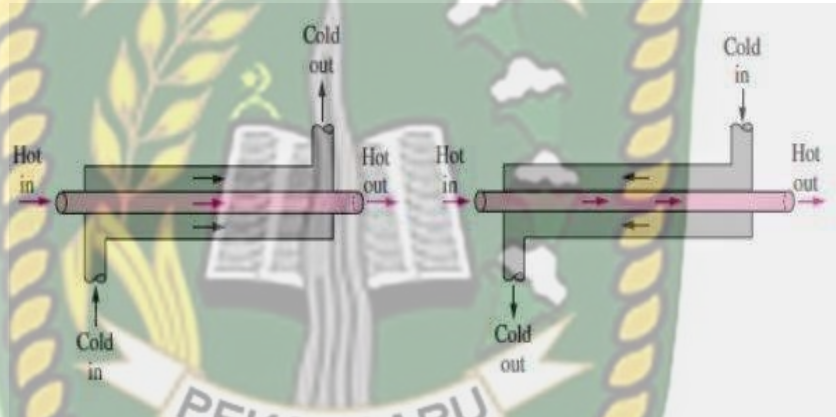
Panas atau kalor ialah suatu bentuk energi yang berpindah karena adanya perbedaan temperatur. Panas atau kalor tersebut akan bergerak dari temperature tinggi ke temperatur yang lebih rendah. Ketika panas atau kalor bergerak maka akan terjadi pertukaran panas dan kemudian akan berhenti ketika kedua tempat tersebut sudah memiliki temperatur yang sama. (M.Firdaus 2016)

2.2. Alat Penukar Kalor (*Heat Exchanger*)

Alat penukar kalor (*Heat exchanger*) adalah alat yang menghasilkan perpindahan panas dari satu fluida ke fluida lainnya. Penukar kalor merupakan peralatan mesin yang amat penting, baik dalam sebuah sistem pembangkit tenaga, proses-proses industri, media transportasi, maupun dalam bidang pendidikan. Berdasarkan arah aliran fluida, alat penukar kalor (*Heat Exchanger*) dapat dibedakan menjadi,(Frank Kreith, Arko Prijono,M.Sc, 1986):

1. *Heat Exchanger* dengan aliran searah.

Aliran panas jenis ini memiliki karakteristik, kedua fluida (dingin dan panas) masuk pada sisi *Heat Exchanger* yang sama, mengalir dengan arah yang sama, dan keluar pada sisi yang sama. Karakter *Heat Exchanger* jenis ini, temperatur fluida dingin yang keluar dari *Heat Exchanger* (T_{co}) tidak dapat melebihi temperatur fluida panas yang keluar (T_{ho}), sehingga diperlukan media pendingin atau media pemanas yang banyak. Berikut merupakan gambar aliran searah seperti pada gambar 2.1 berikut. (Frank Kreith, Arko Prijono, M.Sc, 1986).

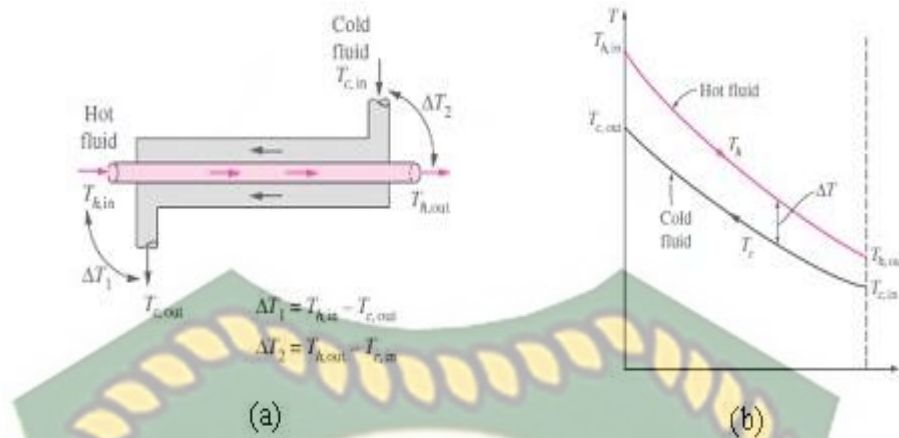


Gambar 2.1 Aliran searah (*parallel flow*)

(Sumber : Yunus A. Cangel 2015)

2. *Heat Exchanger* dengan aliran berlawanan arah (*counter-current flow*)

Aliran panas jenis ini memiliki karakteristik yaitu kedua fluida (panas dan dingin) masuk ke *Heat exchanger* dengan arah berlawanan, mengalir dengan arah berlawanan dan keluar *Heat exchanger* pada sisi yang berlawanan. seperti pada gambar 2.2 berikut (Frank Kreith, Arko Prijono, M.Sc, 1986):



Gambar 2.2 Aliran Berlawanan (*Counterflow*)

(Sumber : Yunus A. Cengel 2015)

Berdasarkan kontak dengan fluida, alat penukar kalor tersebut dapat dibedakan menjadi dua macam, yaitu:

1. Penukar kalor kontak langsung

Pada alat ini fluida panas akan bercampur secara langsung dengan fluida dingin tanpa ada pemisah dalam suatu bejana atau ruangan. Salah satu contohnya adalah deaeraktor.

2. Penukar kalor kontak tak langsung

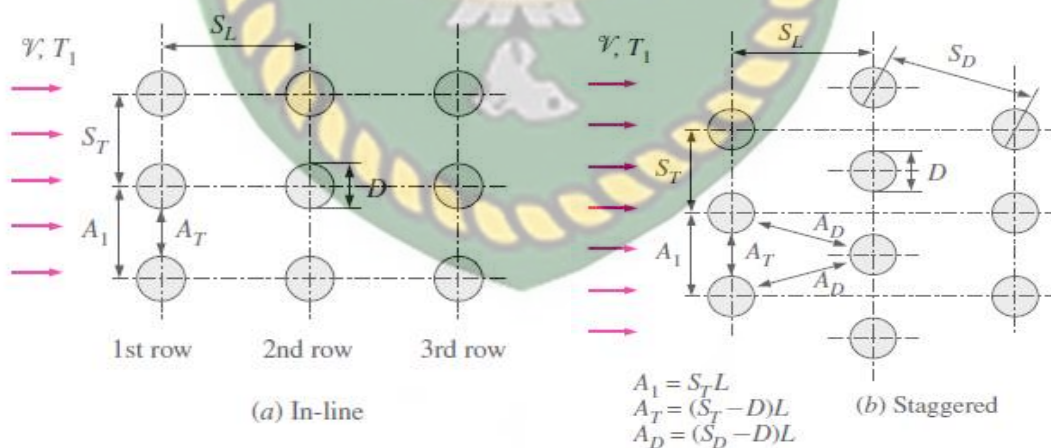
Pada alat ini fluida panas tidak berhubungan langsung dengan fluida dingin. Jadi proses proses perpindahan panasnya itu mempunyai media perantara, seperti pipa, plat, atau yang lainnya. Salah satu contohnya adalah kondensor.

2.3. Aliran Menylang Rangkaian Tabung (*Tube Banks*)

Karena terlalu banyak susunan alat penukar-kalor yang menyangkut tabung yang tersusun rangkap, maka masalah perpindahan-kalor dalam rangkaian tabung (*Tube Bank*) merupakan hal yang penting dan mempunyai nilai praktis. Karakteristik perpindahan-kalor pada rangkaian tabung yang segaris atau selang-seling diperelajari oleh Grimson seperti pada gambar 2.3, nilai konstanta C dan eksponen n diberikan dalam tabel 2.1 menurut parameter geometri yang digunakan untuk menggambarkan susunan berkas tabung.

Tabel 2.1 Perbandingan h untuk kedalaman N baris terhadap kedalaman 10 baris.

N_L	1	2	3	4	5	7	10	13
In-line	0.70	0.80	0.86	0.90	0.93	0.96	0.98	0.99
Staggered	0.64	0.76	0.84	0.89	0.93	0.96	0.98	0.99



Gambar 2.3 Tabung garis segaris.

Sumber: Yunus.A.Cangel 2015

Pipa-pipa pemanas yang akan digunakan pada alat pengering ini merupakan rangkunan tabung dengan jenis *In-Line* Dan *Staggered*. Dimana S_T merupakan jarak vertikal pipa-pipa pemanas, S_L merupakan jarak horizontal pipa-pipa pemanas, S_D Merupakan Jarak *Crosswise*/Menyilang pipa pemanas D merupakan diameter pipa-pipa pemanas.

Dalam penelitian ini akan digunakan tahap pertama yaitu tahap uji *High power* (*Cold start*) untuk mendapatkan data unjuk kerja alat pengering. Unjuk kerja suatu alat pengering dapat dihitung dengan menggunakan rumus-rumus sebagai berikut :

1. Koefisien Perpindahan panas konveksi

- Kecepatan aliran maksimum gas asap (V_{max}) untuk In-Line

$$V_{max} = \frac{S_T}{S_L - D} V, \text{ (m/s)} \dots \dots \dots \text{Pers. 2.1}$$

(Sumber Cengel A. Yunus, *Heat Transfer, Second Edition*)

Dimana :

S_T = Jarak antara pipa dengan pipa yang lain arah vertikal (m)

S_L = Jarak antara pipa dengan pipa yang lain arah horizontal (m)

$^{\circ}V$ = kecepatan Aliran Udara Gas Asap (m/s)

- Kecepatan aliran maksimum gas asap (V_{max}) untuk Staggered

$$V_{max} = \frac{S_T}{2(S_D - D)} V, \text{ (m/s)} \dots \dots \dots \text{Pers. 2.2}$$

Dimana :

S_D = Jarak antara pipa dengan pipa yang lain arah Diagonal (m)

D = Diameter pipa (m)

- *Reynolds Number* (Re_D)

$$Re_D = \frac{\rho V_{max} D}{\mu} = \frac{V_{max}}{\nu} \dots \dots \dots \text{Pers. 2.3}$$

(Sumber Cengel A. Yunus, *Heat Transfer, Second Edition*)

Dimana : ρ = Massa jenis udara (kg/m^3)

V_{max} = Kecepatan aliran maksimum gas asap (m/s)

D = Diameter pipa-pipa pemans (m)

μ = Viskositas dinamik (kg/ms)

Untuk menghitung *nusselt number* aliran turbulen, maka digunakan Tabel. 7-2 buku Yunus A. Cengel, *Heat Transfer, Second Edition*.

- *Bilangan Nusselt* (Nu_D)

$$Nu_D = \frac{hD}{k} = C Re_D^m Pr^n (Pr/Pr_s)^{0.25} \dots \dots \dots \text{Pers. 2.4}$$

(Sumber Cengel A. Yunus, *Heat Transfer, Second Edition*)

- Koefisien perpindahan panas (h) :

$$h = \frac{Nu_D N_L k}{D}, (\text{W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}) \dots \dots \dots \text{Pers. 2.5}$$

(Sumber Cengel A. Yunus, *Heat Transfer, Second Edition*)

Dimana :

k = *Thermal Conductivity* ($\text{W/m}^\circ\text{C}$)

- Permukaan daerah perpindahan panas (A_s)

$$A_s = N\pi DL, \text{ (m}^2\text{)} \dots\dots\dots \text{Pers. 2.6}$$

(Sumber Cengel A. Yunus, *Heat Transfer, Second Edition*)

Dimana :

N = Jumlah pipa-pipa pemanas

L = Panjang pipa-pipa pemanas (m)

- Laju aliran massa udara (\dot{m})

$$\dot{m} = \rho_1 \dot{V} (N_T S_T L), \text{ (kg/s)} \dots\dots\dots \text{Pers. 2.7}$$

(Sumber Cengel A. Yunus, *Heat Transfer, Second Edition*)

Dimana :

A = Luas penampang masuk udara (m^2)

- Temperatur keluar (T_e)

$$T_e = T_s - (T_s - T_i) \exp\left(-\frac{A_s h}{\dot{m} C_p}\right), \text{ (}^\circ\text{C)} \dots\dots\dots \text{Pers. 2.8}$$

Dimana : A = Luas penampang masuk udara (m^2)

T_s = Temperatur udara pipa-pipa pemanas ($^\circ\text{C}$)

T_i = Temperatur gas asap cerobong ($^\circ\text{C}$)

- Perbedaan Temperatur

$$\Delta T_{\ln} = \frac{(T_s - T_e) - (T_s - T_i)}{\ln[(T_s - T_e)/(T_s - T_i)]}, \text{ (}^\circ\text{C)} \dots\dots\dots \text{Pers. 2.9}$$

(Sumber Cengel A. Yunus, *Heat Transfer, Second Edition*)

- Nilai Perpindahan Panas

$$\dot{Q} = hA_s \Delta T_{ln} = \dot{m}C_p (T_e - T_i), (W) \dots \dots \dots \text{Pers. 2.10}$$

(Sumber Cengel A. Yunus, *Heat Transfer, Second Edition*)

2. Pemakaian bahan bakar spesifik (*Specific Fuel Consumption*).

$$\text{S.F.C} = \frac{M_f}{p \times t}, (\text{kg/kWh}) \dots \dots \dots \text{Pers. 2.11}$$

(Sumber : Alexis T. Belonio “*Rice Husk Gas Stove handbook*”, 2005.)

Dimana :

m_f = Massa Konsumsi bahan bakar, (kg)

p = Power Output, (kW)

t = Waktu Pengeringan, (h)

3. Kerugian Panas Pada cerobong (Q_{losses})

$$Q_{losses} = \dot{M}_c \times C_p \times (T_{in} - T_{out}) \dots \dots \dots \text{Pers. 2.22}$$

$$\dot{M}_c = v \times A \times \rho$$

Dimana : Q_{losses} = Jumlah panas yang hilang dari cerobong

\dot{M}_c = Laju Aliran Massa udara melalui cerobong (kg/s)

V = Kandungan panas tempurung kelapa (M/s)

Berikut ini adalah parameter yang sering digunakan sebagai ukuran dalam mengevaluasi Unjuk kerja suatu alat pengering :

1. Waktu *start up*

Parameter ini merupakan penunjuk berapa lama waktu yang dibutuhkan untuk menyalakan bahkan bakar sehingga gas-gas hasil asap dihasilkan. Pengurangan ini diawali dari penyalaan pada tungku gasifikasi menggunakan carosine sebagai pemancing hingga timbulnya gas-gas asap hasil pembakaran bahan bakar.

2. Waktu operasi

Parameter ini merupakan durasi waktu selama pembakaran bahkan bakar, mulai dari timbulnya gas-gas asap sampai dengan padamnya api dari bahkan bakar.

3. Laju Konsumsi bahan bakar (*Burning Rate*)

Laju konsumsi bahan bakar merupakan perbandingan antara jumlah bahan bakar yang digunakan terhadap waktu operasi.

4. Waktu pembakaran pada ruang bakar

Waktu pembakaran pada ruang bakar adalah waktu yang dibutuhkan untuk memanaskan pipa-pipa penukar kalor sehingga dapat menyalurkan udara panas dari hasil pembakaran di ruang bakar.

2.4 Perpindahan panas

Perpindahan panas dibagi menjadi tiga cara yaitu konduksi (hantaran), konveksi, dan radiasi (sinaran).

1. Perpindahan Panas Konduksi

Perpindahan panas secara konduksi adalah proses perpindahan panas jika panas mengalir dari tempat yang suhunya tinggi ke tempat yang suhunya lebih rendah, tetapi media untuk perpindahan panas tetap. Perpindahan panas secara konduksi tidak hanya terjadi pada padatan saja tetapi bisa juga terjadi pada cairan ataupun gas, hanya saja konduktivitas terbesar ada pada padatan. Jika media perpindahan panas konduksi berupa gas, molekul-molekul gas yang suhunya tinggi akan bergerak dengan kecepatan yang lebih tinggi dari pada molekul gas yang suhunya lebih rendah (Luqman Buchori, 2004).

Konduksi adalah perpindahan kalor yang terjadi tanpa disertai perpindahan partikel-partikel dalam zat itu, contoh: zat padat (logam) yang dipanaskan. Berdasarkan kemampuan kemudahannya menghantarkan kalor zat dapat dibagi menjadi: konduktor yang mudah dalam menghantarkan kalor dan isolator yang lebih sulit dalam sedangkan contoh isolator adalah plastik, kayu, kain, dll. Besar kalor yang mengalir persatuan waktu pada proses konduksi ini tergantung pada:

- a. Berbanding lurus dengan luas penampang.
- b. Berbanding lurus dengan selisih suhu dengan kedua ujung.
- c. Berbanding terbalik dengan panjang batang.

2. Perpindahan Panas Konveksi

Perpindahan panas konveksi adalah proses perpindahan panas dimana cairan atau gas yang suhunya tinggi mengalir ketempat yang suhunya lebih rendah, memberikan panas pada permukaan yang suhunya lebih rendah. Perpindahan panas terjadi antara permukaan padat dengan fluida yang mengalir disekitarnya. Jadi perpindahan panas ini memerlukan media penghantar berupa fluida (cairan atau gas) (Luqman Buchori, 2004).

Perpindahan panas secara konveksi terbagi menjadi dua yaitu:

1. Konveksi bebas/konveksi alamiah (*free convection /natural convection*)

Konveksi bebas Adalah perpindahan panas yang disebabkan oleh beda suhu dan beda derajat saja dan tidak ada tenaga dari luar yang mendorongnya.

Contoh : plat panas dibiarkan berada diudara sekitar tanpa ada sumber gerakan dari luar.

2. Konveksi paksa (*forced convection*)

Konveksi paksa adalah perpindahan yang aliran panasnya disebabkan adanya tenaga dari luar.

Contoh: plat atau pipa yang dihembuskan udara dengan kipas atau blower.

2.5 Bahan Bakar

Bahan bakar merupakan suatu materi apapun yang bisa diubah menjadi energi. Biasanya bahan bakar mengandung energi panas yang dapat dilepaskan dan

dimanipulasi. Kebanyakan bahan bakar digunakan manusia melalui proses pembakaran, dimana bahan bakar tersebut akan melepaskan panas setelah direaksikan dengan oksigen di udara.

Biomassa yaitu energi yang dibuat untuk bahan bakar yang didapat dari sumber alami yang dapat diperbaharui. Energi Biomassa bisa menjadi solusi bahan bakar yang selama ini tidak dapat diperbaharui dan mencemari lingkungan hidup. Bahan pembuat energi biomassa dikategorikan menjadi dua jenis, pertama dari hewan yang berupa mikroorganisme ataupun makroorganisme, dan yang kedua berasal dari tumbuhan seperti tanaman sisa pengolahan ataupun hasil panen secara langsung. Energi biomassa muncul karena adanya siklus karbon di bumi. Dimana, hampir semua unsur kehidupan, mulai dari tumbuhan, hewan hingga manusia memiliki unsur karbon yang pada dasarnya terus berputar. Karena itulah, biomassa sendiri bisa dibuat bahan bakar karena juga mengandung unsur karbon.

2.6 Proses Pembakaran

pembakaran secara umum yaitu terjadinya oksidasi cepat dari bahan bakar disertai dengan produksi panas dan cahaya. Pembakaran sempurna bahan bakar terjadi jika ada pasokan oksigen yang cukup. Dalam setiap bahan bakar, unsur yang mudah terbakar adalah karbon, hydrogen, dan sulfur. Tujuan dari pembakaran yang sempurna adalah melepaskan seluruh panas yang terapat dalam bahan bakar. Hal ini dilakukan dengan "Tiga T", yaitu:

a. T-Temperatur

Temperatur yang digunakan dalam pembakaran yang baik harus cukup tinggi sehingga dapat menyebabkan terjadinya reaksi kimia.

b. T-Turbulensi

Turbulensi yang tinggi menyebabkan terjadinya pencampuran yang baik antara bahan bakar dan pengoksidasi.

c. T-Time (Waktu)

Waktu yang cukup agar input panas dapat terserap oleh reaktan sehingga berlangsung proses termokimia.

2.7 Furnace (Tungku Pembakaran)

Furnace atau tungku pembakaran yaitu dimana alat terjadinya suatu pembakaran bahan bakar (oil atau gas) dan dimanfaatkan panasnya untuk memanaskan suatu bahan. *Furnace* sangat berfungsi sebagai suatu media pemindahan panas (*kalor*) yang dapat secara langsung menghasilkan pembakaran bahan bakar yang secara langsung didalam ruang pembakaran (*combustion chamber*) menuju fluida yang dipanaskan dan mengalirkannya melalui media pipa-pipa pembuluh (*tube*). pemindahan panas hasil pembakaran ke *fluida* tujuannya adalah agar tercapainya suhu operasi yang akan kita inginkan dan Sumber panas *furnace* juga berasal pembakaran antara bahan bakar cair (*fuel oil*) atau bahan bakar (*fuel gas*) dan udara yang panasnya juga digunakan memanaskan *crude*

2.7.1 Tipe dengan *Box* (*Box Furnace*)

Dapur tipe *box* memiliki bagian *radiant* dan konveksi yang dipisahkan oleh dinding batu tahan api yang disebut *bridge wall*. *Burner* dipasang pada ujung dapur dan api diarahkan tegak lurus dengan pipa atau dinding samping dapur (api sejajar dengan pipa).(putri 2012). Ada pun *furnace box* dapat dilihat pada gambar berikut,



Gambar 2.4 *Furnace Box*

(Sumber Ir.Musfil Ahmad Syukur, M.Eng.Sc,2012)

Aplikasi dapur tipe *box* :

1. Beban kalor berkisar 60-80 Btu/Jam atau lebih.
2. Dipakai untuk melayani unit proses dengan kapasitas besar.
3. Umumnya bahan bakar yang dipakai adalah *fuel oil*.

4. Dipakai pada instalasi-instalasi tua, adakalanya pada instalasi baru yang mempunyai persediaan bahan bakar dengan kadar abu (*ash*) tinggi. (putri,2012)

2.8 Blower

Blower merupakan perangkat mekanis yang digunakan untuk membuat aliran gas kontinu seperti udara. Kipas pendingin berfungsi untuk mengalirkan udara melewati alat *heat exchanger* agar panas yang terdapat pada dinding dan sirip-sirip pada alat *heat exchanger* dapat dilepas dengan mudah ke udara. Aliran udara pada mesin-mesin kendaraan selalu parallel dengan gerakan kendaraan, tetapi berlawanan, artinya kipas menghisap udara luar dari depan masuk ke dalam ruang mesin. Karena itu, kipas pendingin dan alat *heat exchanger* selalu tegak lurus terhadap arah dari gerakan kendaraan. Dalam setiap sistem pendingin, yang menggunakan gas sebagai penghantar, kipas angin adalah unit wajib yang menciptakan aliran udara dalam sistem. (M. Yusron Rahman, 2005):

a) *Axial blower*

Axial blower memakai gaya poros untuk menggerakkan udara atau gas, berputar dengan poros utama dengan kipas yang dipasang secara tegak lurus dari diameter luar poros. *Axial blower* biasa digunakan pada sistem ventilasi silindrikal pendek, yang aliran masuk dan keluar dapat dihubungkan.



Gambar 2.5. Axial Blower

Karena karakter dari blower type ini memiliki tekanan rendah, aliran udara volume tinggi, tergantung dari ukuran impellernya. Blower ukuran kecil banyak diaplikasikan untuk menghisap udara dalam ruangan, dan yang untuk ukuran besar bias digunakan pada cooling tower.

Dokumen ini adalah Arsip Milik :

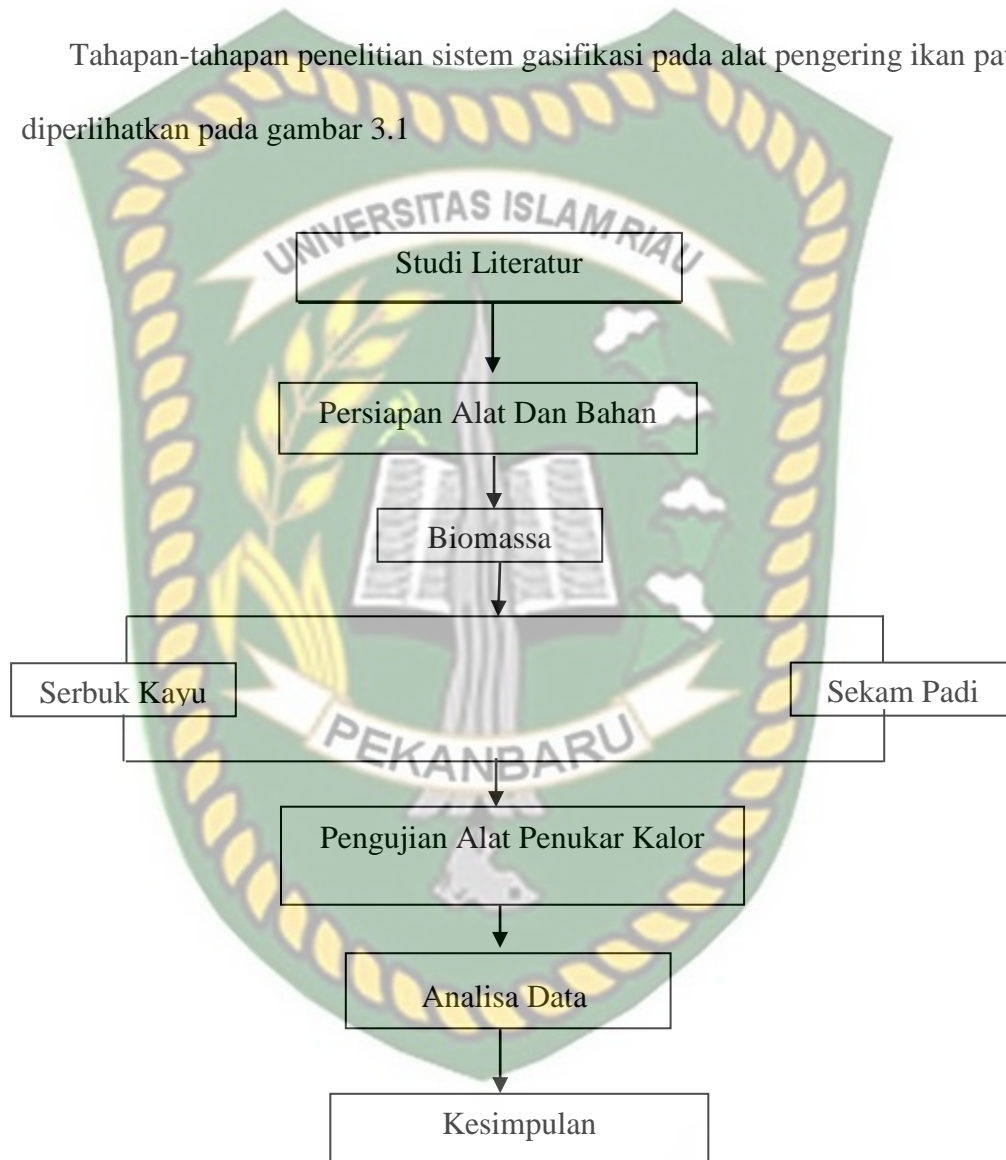
Perpustakaan Universitas Islam Riau

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Diagram Alir Penelitian

Tahapan-tahapan penelitian sistem gasifikasi pada alat pengering ikan patin diperlihatkan pada gambar 3.1



Gambar 3.1 Diagram Alir

1. Studi Literatur

Tahap studi literatur adalah studi yang digunakan untuk mengumpulkan bahan-bahan referensi yang diperlukan dan berhubungan dengan masalah-masalah yang akan dibahas. Studi ini dilakukan dengan mempelajari dan mengkaji penelitian- penelitian sebelumnya yang berhubungan dengan sistem gasifikasi alat pengering , dan sumber sumber literatur yang relevan dengan topik yang diteliti.

2. Pengolahan Data

Pada tahapan pengolahan data bagian terpenting yang akan dilakukan dalam penulisan tugas akhir, karena dibutuhkan data yang sesuai pada saat pengujian sehingga pada saat menganalisa dan perhitung mendapatkan hasil yang lebih maksimal.

3. Perhitungan

Pada tahapan perhitungan penulis menghitung data- data yang telah didapatkan waktu pengujian karena perhitungan ini dibutuhkan untuk mengetahui temperature alat penukar kalor pada pengering ikan dengan system gasifikasi berbahan bakar biomassa.

4. Hasil

Pada tahap hasil ini merupakan hasil analisa yang dilakukan penulis dari data-data yang telah didapat pada waktu pengujian, dan hasil perhitungan penulis sesuai dengan data yang didapatkan pada waktu pengujian.

5. Kesimpulan yaitu rangkuman dari seluruh materi dan data-data yang telah didapat.

3.2 Waktu Dan Tempat Penelitian

Dalam melakukan penelitian ini bertempat di *Workshop*, Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Islam Riau (UIR) yang beralamat di Jl.Kaharuddin Nasution No.133, Marpoyan, Pekanbaru.



Gambar 3.2 *Workshop* Teknik mesin

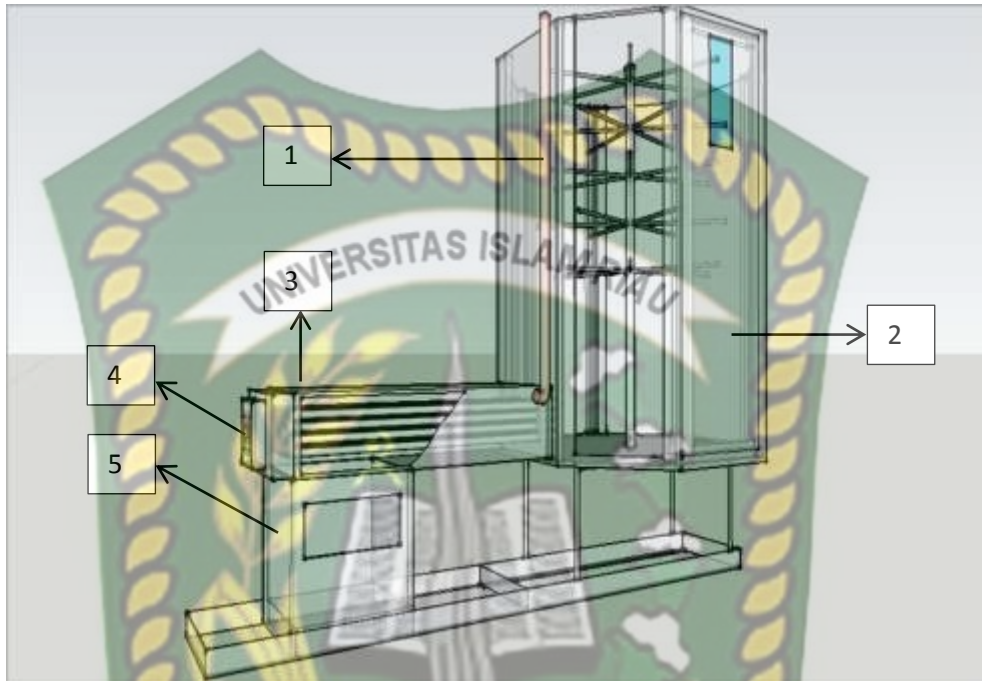
(Sumber : *Universitas Islam Riau Workshop Teknik Mesin*)

3.3 Gambar Alat

Pada penelitian ini adapun beberapa gambar dari pengujian alat penukar kalor pada pengering ikan dengan system gasifikasi maka dapat kita lihat pada gambar dibawah ini.

3.3.1 Alat pengering ikan.

Alat yang digunakan untuk pengujian ini adalah:



Gambar 3.3 Alat pengering ikan.

Keterangan gambar:

- | | |
|-----------------------|--------------------|
| 1. Cerobong asap | 4. Blower |
| 2. Lemari penering | 5. Tungku pembaran |
| 3. Pipa penukar kalor | |

Bagian-bagian alat yang digunakan pada penelitian system gasifikasi adalah sebagai berikut:

1. Cerobong asap

Cerobong asap berfungsi sebagai tempat keluarnya gas asap dari tungku pembakaran setelah melewati pipa pemanas.

2. Lemari pengering

Lemari Pengering berfungsi sebagai dinding pengering untuk mencegah panas keluar dan melindungi bahan yang akan dikeringkan.

3. Pipa penukar kalor

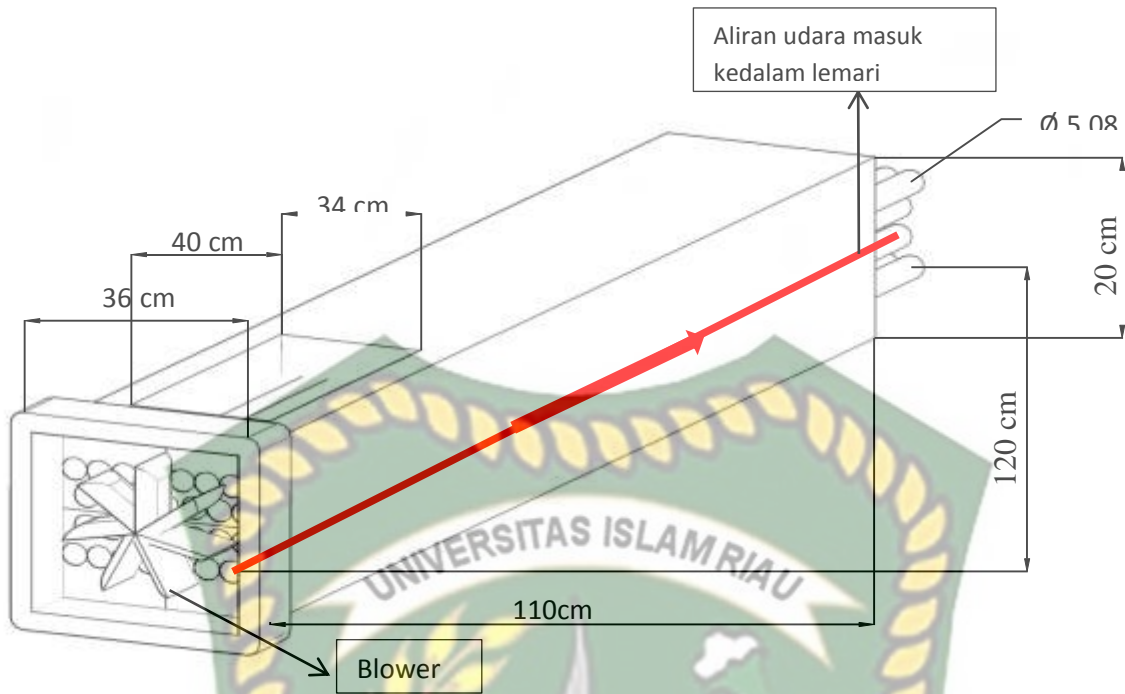
Pipa penukar kalor berfungsi sebagai media penerus energy panas yang dihasilkan dari tungku pembakaran.

4. *Blower*

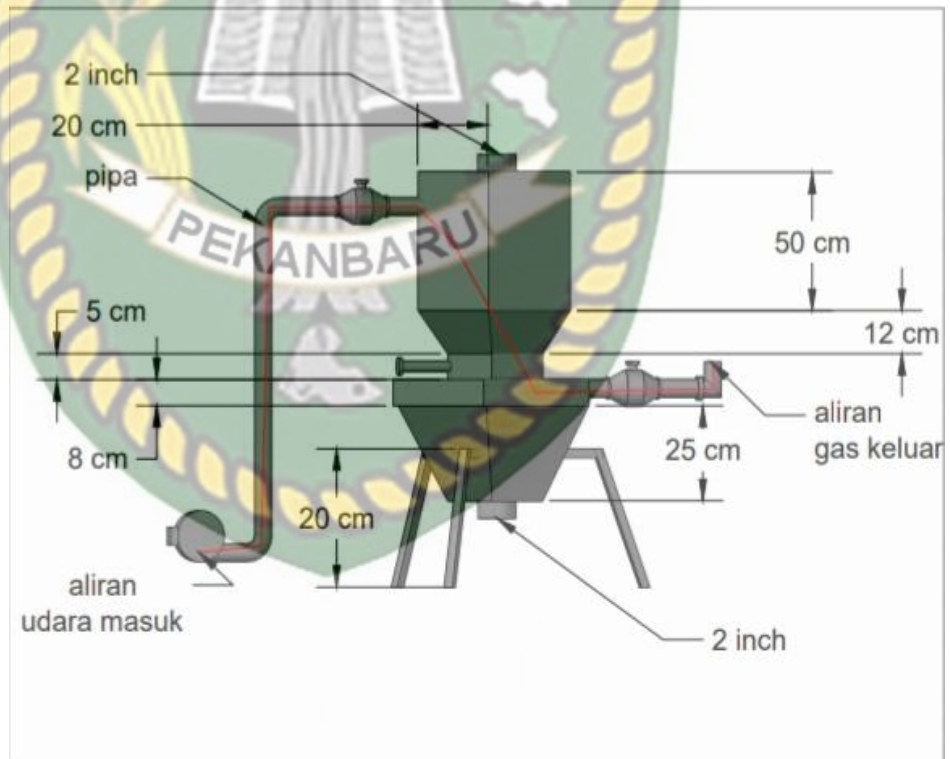
Blower memiliki fungsi sebagai mensuplai udara pembakaran didalam pipa-pipa pemanas kedalam lemari tempat pengering, sehingga udara panas yang ada didalam pipa-pipa pemanas bergerak menuju lemari pengeringan.

5. Tungku pembakaran

Tungku pembakaran berfungsi sebagai tempat proses pembakaran terjadi pada Alat Pengering. Tungku terbuat dari sistim pengecoran yang berbahan besi semen dan kerikil.



Gambar 3.4 Alat penukar kalor



Gambar 3.5 Alat gasifikasi

3.4 Alat Penelitian

Sebelum melakukan Analisa penelitian, hal-hal penting yang harus disiapkan adalah peralatan yang diperlukan dan bahan-bahan yang akan digunakan untuk pengujian analisa.

Adapun alat-alat yang digunakan dalam penelitian dan pengujian perpindahan panas pada alat pengering ikan dengan menggunakan system gasifikasi dan memanfaatkan panas pembakaran biomassa, yaitu sebagai berikut :

1. Timbangan

Timbangan digunakan untuk mengetahui massa bahan biomassa yang digunakan selama proses pembakaran ditunggu gasifikasi



Gambar 3.6 Timbangan.

2. *Tachometer*

Tachometer berfungsi untuk menghitung putaran yang terjadi pada blower.



Gambar 3.7 *Tacometer*

3. *Thermometer infrared*

Thermometer infrared digunakan untuk mengukur perubahan temperatur yang terjadi ditungku gasifikasi pada saat pengujian alat pengering ini. *Thermometer infrared* mampu mengukur suhu mulai dari -50°C sampai 550°C atau -58°E sampai 1022°E .



Gambar 3.8 *Thermometer Infrared*

4. Thermocouple

Thermocouple merupakan jenis sensor suhu yang dapat digunakan untuk mengukur suhu yang keluar dari cerobong exhaust. Cara menggunakan thermocouple adalah dengan menempelkan sensor tersebut ke bagian yang kita ingin ukur. Satuan thermocouple adalah °C.



Gambar 3.9 Thermocouple

5. Anemometer

Anemometer adalah sebuah perangkat untuk mengukur kecepatan angin dan untuk mengukur arah angin.



Gambar 3.10 Anemometer

3.5 Bahan penelitian

Adapun bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah menggunakan biomassa serbuk kayu dan sekam padi sebagai bahan bakar, disamping itu pula pemilihan biomassa serbuk kayu dan sekam padi sebagai bahan bakar di karenakan untuk mendapat panas yang dihasilkan maksimal.

3.6 Prosedur Pengujian

Adapun prosedur pengujian alat pengering ikan dengan menggunakan sistem gasifikasi antara lain:

Pengujian ini menggunakan alat pengering dengan sistem konveksi paksa, menggunakan *blower* untuk mengalirkan udara panas yang ada didalam pipa-pipa pemanas yang dihasil dari pembakaran biomassa kayu sebagai bahan bakar. Pengujian alat pengering berbahan bakar limbah organik ini dilakukan dengan cara membakar biomassa kayu sebagai bahan bakar, gas panas yang dihasilkan dari pembakaran biomassa kayu tersebut memanasi dinding bagian luar pipa-pipa pemanas, sehingga udara yang terdapat didalam pipa-pipa pemanas terjadi kenaikan temperatur. Kemudian *blower* mengalirkan udara panas yang terdapat didalam pipa kedalam ruang pengeringan. Pada tahapan ini dilakukan pengujian unjuk kerja alat pengering dengan bahan bakar limbah organik menggunakan *blower* dengan prosedur sebagai berikut :

1. Sebelum melakukan pengujian ukur putaran *blower* yang akan digunakan.
2. Mengisi ruang bakar dengan bahan bakar.
3. Menyalakan api dengan menggunakan minyak *kerosene* sebagai pemancing.

4. Setelah api menyala, Suhu ruang pengering diukur dengan menggunakan *Thermometer infrared*.
5. Selama proses pengujian berlangsung, temperatur ruang bakar dan ruangan pengering diukur menggunakan *thermometer digital* dan *Infrared Thermometer* pada tungku pembakaran.
6. Menghitung energy yang dipindahkan dari ruang bakar gasifikasi ke penukar kalor.
7. Menghitung tempratur udara yang keluar dari alat penukar kalor.

3.7 Pengamatan Dan Tahapan Pengujian

Pada pengujian ini yang akan diamati adalah:

- a. Perpindahan panas pada alat penukar kalor.
- b. Parameter suhu alat penukar kalor ($^{\circ}\text{C}$)
- c. Temperature udara keluar alat penukar kalor ($^{\circ}\text{C}$)

3.8 Jadwal Kegiatan Penelitian

Penelitian tentang unjuk kerja alat pengering ikan dengan menggunakan bahan bakar biomassa ini dapat berjalan optimal sesuai dengan waktu yang ditentukan maka perlu dibuat jadwal penelitian seperti yang terlihat pada tabel 3.1 dibawah ini :

No	Jenis kegiatan	Bulan																							
		september				Oktober				November				Desember				Januari				Februari			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	Pembuatan proposal																								
2	Studi literatur																								
3	Persiapan alat dan bahan																								
4	Seminar proposal																								

Table 3.1 jadwal kegiatan penelitian



BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengujian Alat Penukar Kalor

Pengujian penukar kalor alat pengering ikan menggunakan dua variasi bahan bakar biomassa yaitu sekam padi dan serbuk kayu. Dengan tujuan untuk mengetahui berapa energi panas yang dipindahkan dari ruang bakar gasifikasi ke alat penukar kalor.

. Parameter hasil pengujian dengan bahan bakar sekam padi dan serbuk kayu dapat dilihat pada table 4.1.

Tabel 4.1 Data parameter hasil pengujian menggunakan bahan bakar sekam padi dan serbuk kayu.

No	Parameter	Bahan Bakar Biomassa		Satuan
		Sekam Padi	Serbuk Kayu	
1	Berat Bahan Bakar	3	3	(kg)
2	Putaran <i>Blower</i>	Min: 3,11 Max: 10,44	Min: 3,11 Max: 10,44	(rpm)
3	Laju Aliran Udara Gas Asap	2	2	(m/s)
4	Putaran Blower Alat Penukar Kalor	1700	1700	(rpm)
5	Temperatur Daerah Perindahan Panas	147,1	147,1	(°C)
6	Temperatur syngas gasifikasi	167,6	137,5	(°C)
7	Temperatur Udara dalam Pipa Alat Penukar Kalor	50,6	49,2	(°C)
8	Temperatur Ruang Bakar	139,8	123,8	(°C)
9	Temperatur Ventilasi	42,2	39,4	(°C)
10	Temperatur Lingkungan	30	30	(°C)
11	Temperatur cerobong alat penukar kalor	59,2	57,1	(°C)
12	Temperatur Lemari Pengering	42,3	39,5	(°C)
13	Waktu	45	40	Menit

4.2 Koefisien Perpindahan Panas Konveksi

Setelah melakukan pengujian dan mendapatkan parameter hasil pengujian, maka dilakukan perhitungan untuk mendapatkan data koefisien perpindahan panas pada alat pengering ikan.

Sifat-sifat udara pada temperature 139,8 °C dengan menggunakan kecepatan putaran udara 3,2 m/s sebagai berikut:

$\rho = 0,8542 \text{ kg/m}^3$. temperature gas asap menyentuh pipa pemanas.

$\rho_1 = 0,9614 \text{ kg/m}^3$. temperature gas asap cerobong.

$\mu = 2,345 \times 10^{-5} \text{ kg/m}\cdot\text{s}$. temperature gas asap menyentuh pipa pemanas

$k = 0,03374 \text{ W/m}\cdot\text{K}$. Temperatur gas asap menyentuh pipa pemanas

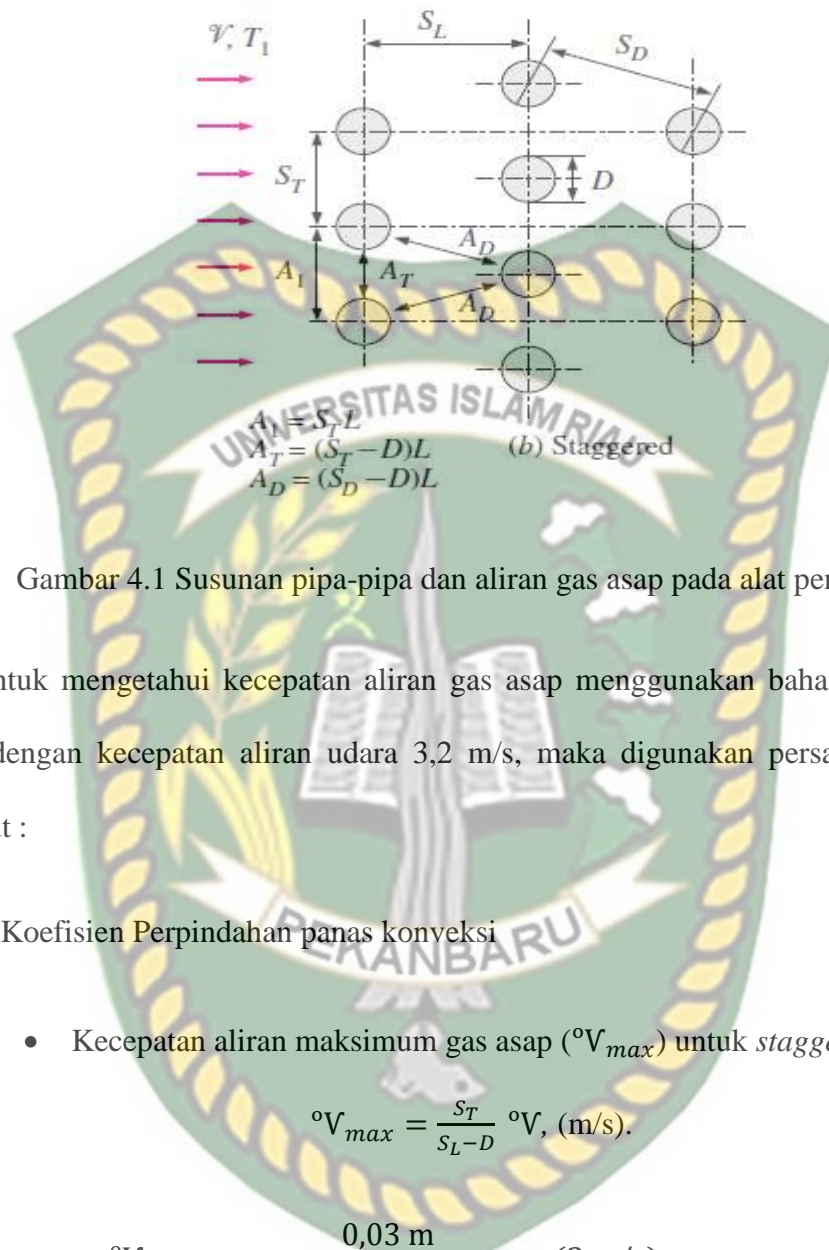
$Pr = 0,7041$. Temperatur gas asap menyentuh pipa pemanas

$Pr_s = Pr_{T_s} = 0,6992$. Temperatur gas asap menyentuh pipa pemanas

$C_p = 1013 \text{ kJ/kg}\cdot\text{K}$. Temperatur gas asap cerobong.

Sumber : Tabel Property and charts (SI units). Yunus A. Cengel. Tabel A-15.

Susunan pipa-pipa pada alat pengering ikan ini adalah susunan pipa *staggered* dimana pada gambar 4.1 memperlihatkan laluan gas asap yang melalui pipa-pipa pemanas.



Gambar 4.1 Susunan pipa-pipa dan aliran gas asap pada alat pengering

Untuk mengetahui kecepatan aliran gas asap menggunakan bahan bakar sekam padi dengan kecepatan aliran udara 3,2 m/s, maka digunakan persamaan sebagai berikut :

1. Koefisien Perpindahan panas konveksi

- Kecepatan aliran maksimum gas asap ($^{\circ}V_{max}$) untuk *staggered*

$$^{\circ}V_{max} = \frac{S_T}{S_L - D} \cdot ^{\circ}V, \text{ (m/s).}$$

$$^{\circ}V_{max} = \frac{0,03 \text{ m}}{2(0,03 \text{ m} - 0,0127) \text{ m}} \text{ (2 m/s)}$$

$$= 1,99 \text{ m/s}$$

Untuk mengetahui perhitungan bilangan *reynolds Number*, maka digunakan persamaan sebagai berikut:

- *Reynolds Number*

$$Re_D = \frac{\rho^0 V_{max} D}{\mu}$$

$$\begin{aligned}
 Re_D &= \frac{(0,8542 \text{ kg/m}^3)(1,73\text{m/s})(0,0127 \text{ m})}{2,345 \times 10^{-5} \text{ kg/m.s}} \\
 &= 922,5
 \end{aligned}$$

Pada tabel.7-2 buku yunus A. Cengel, Heat Transfer, Second edition

Untuk menghitung *Nusselt number*, maka digunakan persamaan sebagai berikut:

- *Bilangan Nusselt*

$$Nu_D = C Re_D^m Pr^n (Pr/Pr_s)^{0,25}$$

$$\begin{aligned}
 Nu_D &= 1,04 (922,5)^{0,5} (0,7041)^{0,36} (0,7041/0,6992)^{0,25} \\
 &= 27,89
 \end{aligned}$$

Dari data pengujian jumlah baris pipa-pipa pemanas $N_L = 4$, dan faktor koreksi didapat dari buku Yunus A. Cengel, *Heat Transfer, Second Edition*. Maka $F = 0,89$. Sehingga Koefisien perpindahan panas untuk semua pipa-pipa pemanas sebagai berikut:

$$Nu_{D,NL} = (F)(Nu_D)$$

$$\begin{aligned}
 Nu_{D,NL} &= (0,89)(27,89) \\
 &= 24,82
 \end{aligned}$$

Pada tabel.7-3 buku yunus A. Cengel, Heat Transfer, Second edition

maka :

- Koefisien perpindahan panas (h) :

$$h = \frac{Nu_{D,NL} \cdot k}{D}$$

$$h = \frac{24,82 (0,03374 \text{ W/m} \cdot \text{C})}{0,0127 \text{ m}}$$

$$= 65,93 \text{ W/m}^2\text{°C}$$

- Total jumlah pipa-pipa pemanas

$$N = N1 + N2 + N3 + N4$$

$$= 8 + 7 + 7 + 8$$

$$= 30 \text{ pipa}$$

- Luas Permukaan daerah perpindahan panas

$$A_s = N\pi DL,$$

$$A_s = 30(\pi)(0,0127 \text{ m})(1 \text{ m})$$

$$= 1,197 \text{ m}^2$$

- Laju aliran massa gas asap dari tungku menuju pipa alat penukar kalor

$$\dot{m} = \rho_1 \cdot V(N_T S_T L)$$

$$\dot{m} = \dot{m}_1 = (0,9614 \text{ kg/m}^3) (1,99 \text{ m/s}) (4) (0,03 \text{ m}) (1 \text{ m})$$

$$= 0,22(\text{kg/s})$$

- Nilai Perpindahan Panas alat penukar kalor

$$\dot{Q} = \dot{m}C_p (T_e - T_i)(w)$$

$$\dot{Q} = (0,19 \text{ kg/js})(1013 \text{ J/kg})(187,38 - 59,2) \text{°C}$$

$$= 28566,1 \text{ J/s}$$

Nilai perpindahan panas alat penukar kalor dari ruang bakar dengan menggunakan *blower* ke alat penukar kalor adalah 28566,1 J/s

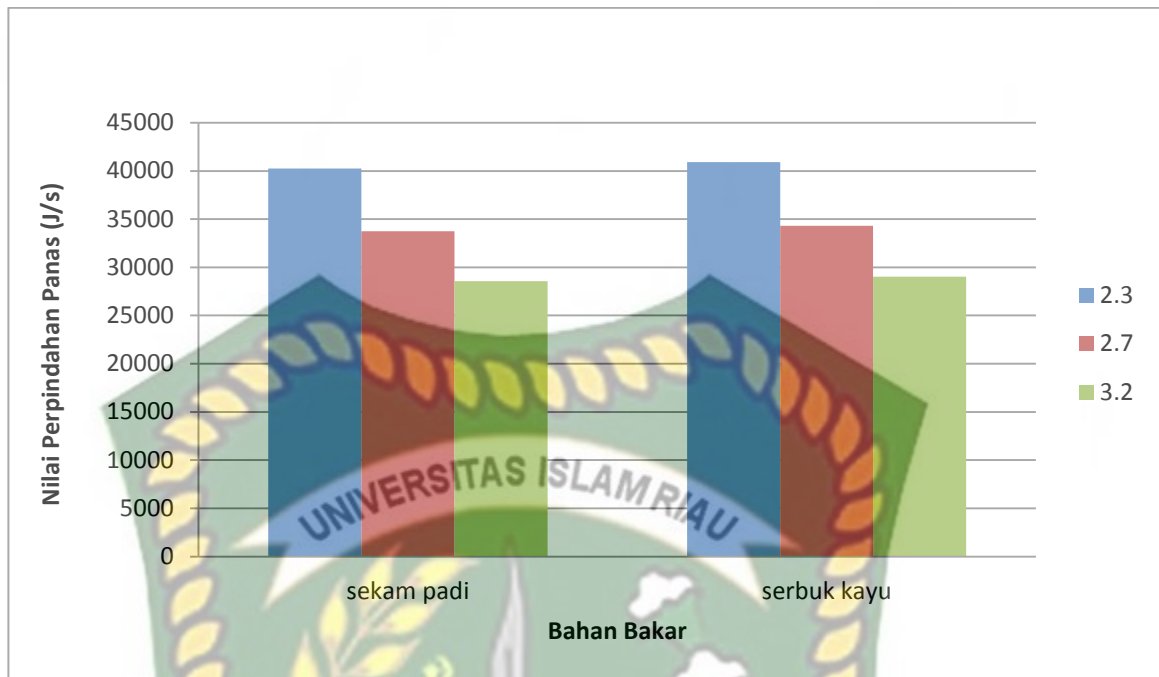
Hasil perhitungan dari koefisien perpindahan panas konveksi dengan menggunakan dua variasi bahan bakar biomassa sekam padi dan serbuk kayu untuk kecepatan aliran udara 2.3 m/s, adalah 78,10 W/m²°C. Koefisien perpindahan panas konveksi untuk kecepatan aliran udara 2,7 m/s dan 3,2 m/s, dapat dilihat pada Tabel 4.2 dibawah ini.

Tabel 4.2 Hasil perhitungan koefisien perpindahan panas

No	Bahan bakar	Kecepatan aliran udara (m/s)	v_{max} (m/s)	Re_D	Nu_D	h (W/m ² °C)	\dot{m} (Kg/s)	$Nu_{D,NL}$	\dot{Q} (J/s)
1	Sekam padi	3,2	1,99	922,5	27,89	65,93	0,22	24,82	28566,1
		2,7	2,34	1082,5	30,21	71,41	0,26	26,88	33760,8
		2,3	2,77	1281,4	32,86	78,10	0,31	29,24	40252,3
	serbuk kayu	3,2	1,73	922,5	27,89	61,39	0,19	23,11	29034,2
		2,7	2,34	1082,5	30,21	71,41	0,26	26,88	34313,1
		2,3	2,77	1281,4	32,86	78,10	0,31	29,40	40911,8

4.2.1 Nilai Perpindahan Panas Alat Penukar Kalor (J/s)

Dari hasil perhitungan pengujian perpindahan panas alat penukar kalor yang diuji dengan menggunakan dua variasi bahan bakar biomassa sekam padi dan serbuk kayu, dengan kecepatan variasi aliran udara dalam pipa pemanas maka dapat dilihat dalam gambar 4.2 di bawah ini.

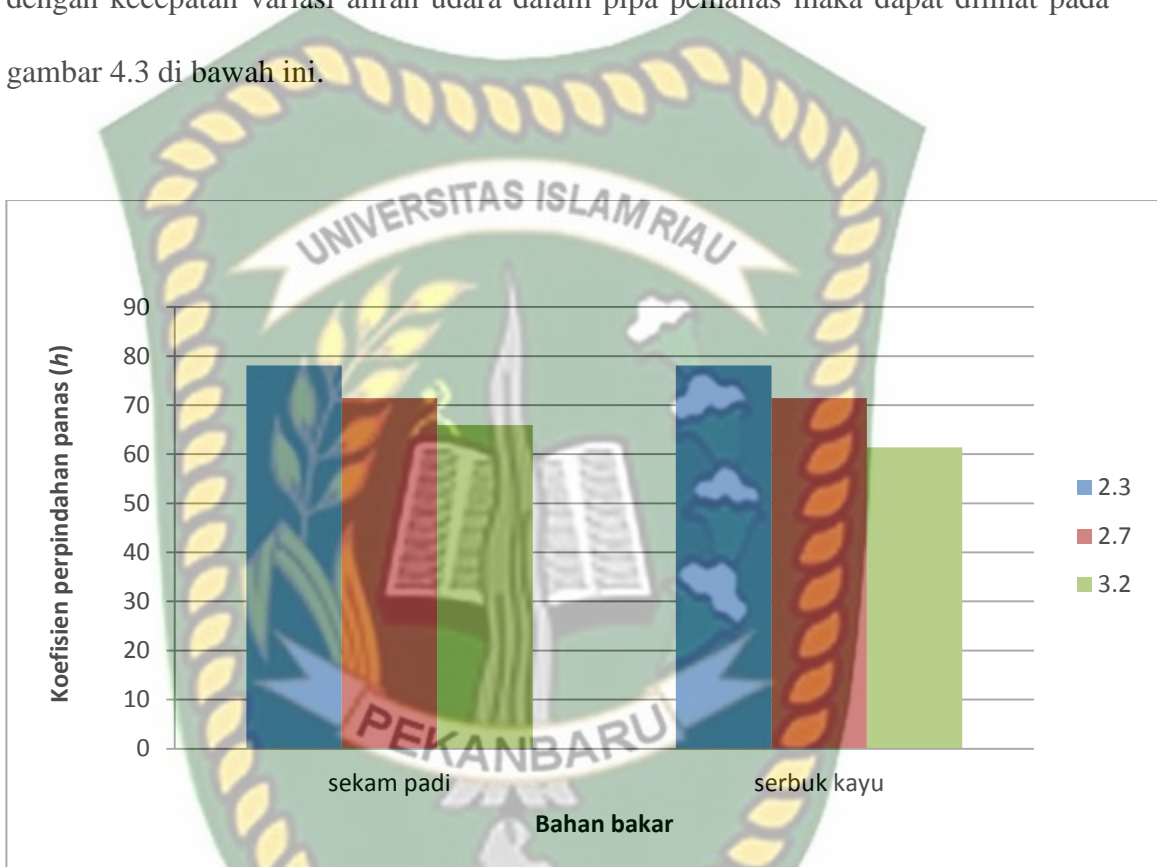


Gambar 4.2 Grafik hubungan nilai perpindahan panas pada alat penukar kalor terhadap bahan bakar .

Pada gambar 4.2 dapat dilihat perpindahan panas alat penukar kalor dari setiap variasi bahan bakar sekam padi dan serbuk kayu yang telah diuji sebelumnya. Dengan menggunakan kecepatan aliran udara 2,3 m/s dengan nilai 40252,3 J/s 2,7 m/s dengan nilai 33760,8 J/s dan 3,2 m/s dengan nilai 28566,1 J/s. Maka nilai panas pada kecepatan 2,3 m/s memiliki nilai panas lebih tinggi dibanding dengan kecepatan aliran udara 3,2 m/s karna semakin lambat aliran udara maka semakin tinggi temperature panas yang dihasilkan.

4.2.2 Koefisien perpindahan panas (h)

Dari hasil perhitungan pengujian perpindahan panas alat penukar kalor yang diuji dengan menggunakan dua variasi bahan bakar biomassa sekam padi dan serbuk kayu, dengan kecepatan variasi aliran udara dalam pipa pemanas maka dapat dilihat pada gambar 4.3 di bawah ini.



Gambar 4.3 grafik hubungan koefisien perpindahan panas terhadap dua variasi bahan bakar dan kecepatan aliran udara.

Pada gambar 4.3 dapat dilihat koefisien perpindahan panas pada alat penukar kalor dari setiap variasi bahan bakar sekam padi dan serbuk kayu yang telah diuji sebelumnya. Dengan menggunakan kecepatan aliran udara 2,3 m/s dengan nilai 78,10

$W/m^2\text{°C}$ 2,7 m/s dengan nilai $71,41W/m^2\text{°C}$ dan 3,2 m/s dengan nilai $65,93W/m^2\text{°C}$.

4.2.3 Laju aliran massa gas asap (kg/s)

Dari hasil perhitungan pengujian perpindahan panas laju aliran massa gas asap penukar kalor yang diuji dengan menggunakan dua variasi bahan bakar biomassa sekam padi dan serbuk kayu, dengan kecepatan variasi aliran udara dalam pipa pemanas maka dapat dilihat pada gambar 4.4 di bawah ini.



Gambar 4.4 grafik hubungan laju aliran massa gas asap terhadap dua variasi bahan bakar dan kecepatan aliran udara.

Pada gambar 4.4 diatas dapat dilihat laju aliran massa gas asap pada alat penukar kalor dari setiap variasi bahan bakar sekam padi dan serbuk kayu yang telah diuji sebelumnya. Dengan menggunakan kecepatan aliran udara 2,3 m/s dengan nilai 0,22 kg/s 2,7 m/s dengan nilai 0.26 kg/s dan 3,2 m/s dengan nilai 0.31 kg/s.

4.3 Perhitungan Nilai Panas Pada Tungku

Diketahui :

1. Data hasil pengukuran

- Rata-rata temperatur udara luar (T_1) : 30 °C
- Rata-rata temperatur Alat penukar kalor(T_2) : 50,6 °C
- Rata-rata temperatur tungku sekam padi (T_{in}) : 139,8 °C
- Rata-rata temperatur tungku serbuk kayu (T_{in}) : 123,8 °C
- Rata-rata temperatur cerobong (T_{out}) : 59,2 °C
- Rata-rata temperatur cerobong (T_{out}) : 57,1 °C
- Rata-rata kecepatan gas asap (V) : 2 m/s
- Jumlah pemakaian bahan bakar (w) : 3 kg
- Luas penampang cerobong (A) : 0,2317 m²
- Densitas udara (ρ_1) : 0,9614 kg/m³
- Kapasitas jenis udara (C_p) : 1013 kJ/kg·K
- Lama pengeringan sekam padi (t) : 45 menit
- Lama pengeringan serbuk kayu (t) : 40 menit
- *Low heating value* sekam padi : 12262,7 kJ/kg
- *Low heating value* serbuk kayu : 14999,5 kJ/kg

a. Daya keluar (*Power Output*)

$$P = \frac{M_f \times LHV}{t}$$

$$P = \frac{3 \text{ kg} \times 12262,7 \text{ kJ/kg}}{2700 \text{ s}}$$

$$= 13,6 \text{ kJ/s}$$

b. Energi Bahan Bakar

$$P = M_f \times LHV \text{ (kJ)}$$

$$P = 3 \text{ kg} \times 12262,7$$

$$= 36788,1 \text{ kJ}$$

c. Pemakaian bahan bakar spesifik (*Specific Fuel Consumption*)

$$\text{S.F.C} = \frac{M_f}{p \times t}$$

$$\text{S.F.C} = \frac{3 \text{ kg}}{13,6 \text{ kJ/s} \times 2700 \text{ s}}$$

$$= 8,16 \times 10^{-5} \text{ kg/kW}$$

d. Waktu pembakaran (*Burning rate*)

$$\text{BR} = \frac{M_f}{t}$$

$$\text{BR} = \frac{3 \text{ kg}}{2700 \text{ s}}$$

$$= 1,1 \times 10^{-3} \text{ kg/s}$$

e. Konsumsi bahan bakar permenit

$$M_{fh} = \frac{M_f}{h}$$

$$M_{fh} = \frac{3 \text{ kg}}{45 \text{ menit}}$$

$$= 66,6 \times 10^{-3} \text{ kg/minute}$$

f. Energi pemanasan udara (Q_2)

$$\dot{m} = A \times V \times \rho$$

$$\dot{m} = 0,2317 \text{ m}^2 \times 2 \text{ m/s} \times 0,8542 \text{ kg/m}^3$$

$$\dot{m} = 0,39 \text{ kg}$$

jadi,

$$Q_2 = \dot{m} \times C_p \times (T_2 - T_1)$$

$$Q_2 = 0,39 \text{ kg/s} \times 1013 \text{ kJ/kg} \cdot (94 - 30)^\circ\text{C}$$

$$= 25284,48 \text{ kJ}$$

g. Kerugian panas pada cerobong

$$\dot{M}_c = V \times A \times \rho$$

$$\dot{M}_c = 2 \text{ m/s} \times 0,2317 \text{ m}^2 \times 0,8542 \text{ kg/m}^3$$

$$\dot{M}_c = 0,39 \text{ kg/s}$$

$$Q_{losses} = \dot{M}_c \times C_p \times (T_{in} - T_{out})$$

$$Q_{losses} = 0,39 \text{ kg/s} \times 1013 \text{ kJ/kg.K} (139,8 - 94)^\circ\text{C}$$

$$= 18094,2 \text{ J/s}^\circ\text{C}$$

Dari hasil perhitungan diatas dengan menggunakan dua variasi bahan bakar sekam padi dan serbuk kayu dapat dilihat pada Tabel 4.3

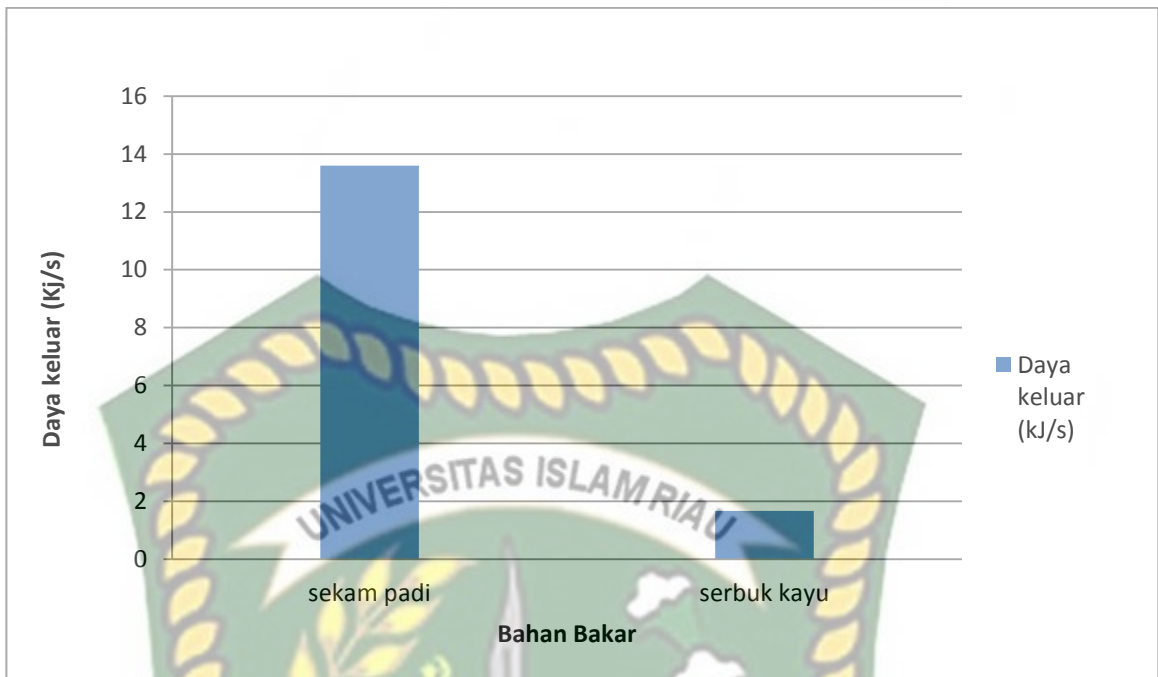
Tabel 4.3 Hasil perhitungan nilai panas pada tungku

no	Bahan bakar	Daya Keluar (kJ/s)	Burning rate (kg/s)	Konsumsi bahan bakar permenit (kg/s)	Energi bahan bakar (kJ)	SFC (kJ/kW)	Energi pemanas udara (kJ)	Q _{losses} J/s°C
1	Sekam padi	13,6	$1,1 \times 10^{-3}$	$66,6 \times 10^{-3}$	36788,1	$8,16 \times 10^{-3}$	25284,48	18094,2
2	Serbuk kayu	$1,666 \times 10^1$	0,00125	0,075	44998,5	$8,16 \times 10^{-3}$	25284,48	18094,2

Dari hasil perhitungan yang telah dilakukan disetiap bahan bakar biomassa sekam padi dan serbuk kayu dengan menggunakan system gasifikasi dapat diketahui berapa energy panas yang dipindahkan dari ruang gasifikasi ke alat penukar kalor, dapat dilihat pada table 4.3. Temperature udara yang keluar dari alat penukar kalor dengan menggunakan system gasifikasi maka dapat dilihat pada table 4.2.

4.3.1 Daya keluar (kJ)

Dari hasil perhitungan dapat dilihat daya keluar yang diuji menggunakan variasi kecepatan aliran udara di dalam pipa-pipa pemanas, maka digambarkan dalam bentuk grafik seperti yang terlihat dalam gambar 4.5 di bawah ini.

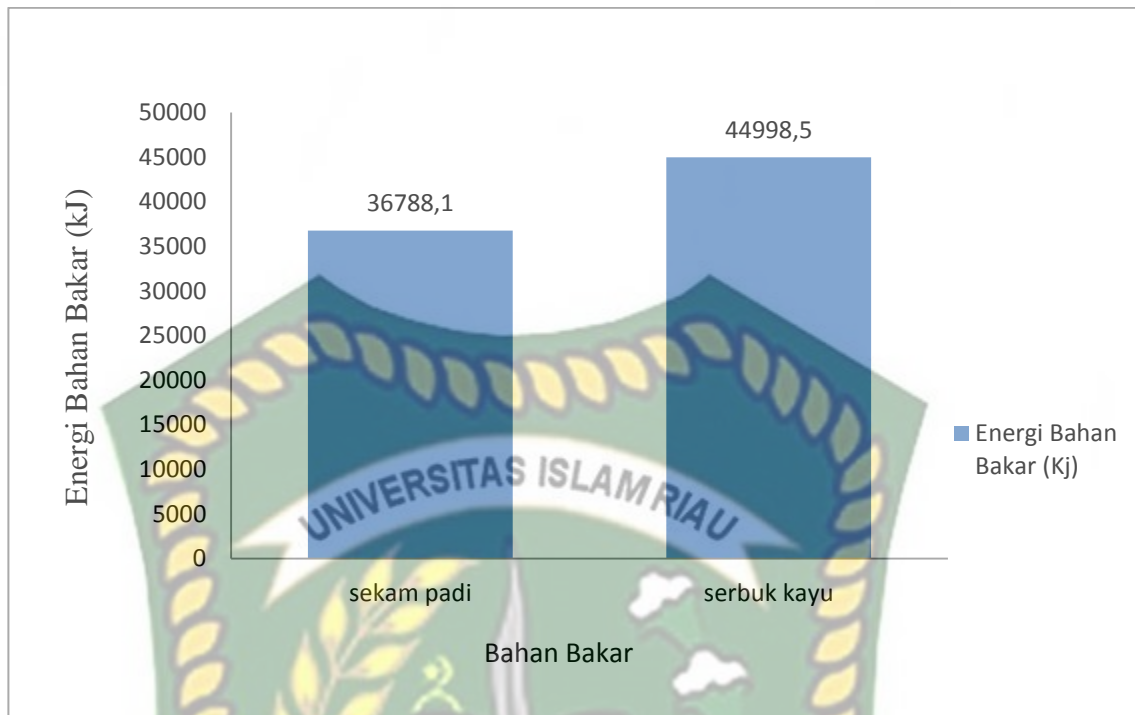


Gambar 4.5 grafik hubungan daya keluar terhadap bahan bakar sekam padi dan serbuk kayu.

Dari gambar grafik 4.5 diatas dapat dilihat hasil pengujian dengan menggunakan dua variasi bahan bakar yaitu biomassa sekam padi dan serbuk kayu biomassa sekam padi memiliki nilai yang lebih besar yaitu 13,6 kJ/s.

4.3.2 Energi Bahan Bakar (Kj)

Perbandingan energy bahan bakar dari 2 variasi bahan bakar biomassa sekam padi dan serbuk kayu, maka digambarkan dalam bentuk grafik seperti yang terlihat dalam gambar 4.6 di bawah ini



Gambar 4.6 Grafik hubungan perbandingan energi bahan bakar terhadap banan bakar.

Pada gambar 4.6 dapat dilihat perbandingan energi bahan bakar pada kedua biomassa. Biomassa serbuk kayu memiliki nilai yang lebih tinggi dibanding dengan biomassa sekam padi. Dimana serbuk kayu memiliki nilai 44998,5 Kj sedangkan sekam padi memiliki nilai 36788,1 Kj.

4.3.3 Energi Pemanas Udara(kJ)

Dari hasil perhitungan dapat dilihat energy pemanas udara yang telah diuji menggunakan variasi kecepatan aliran udara di dalam pipa-pipa pemanas, maka

digambarkan dalam bentuk grafik seperti yang terlihat dalam gambar 4.7 di bawah ini.



Gambar 4.7 grafik hubungan energy pemanas udara terhadap variasi biomassa bahan bakar sekam padi dan serbuk kayu

Dari hasil perhitungan yang telah dilakukan pada setiap variasi bahan bakar biomassa sekam padi dan serbuk kayu, dapat diketahui pada kedua bahan bakar biomassa sekam padi dan serbuk kayu memiliki hasil nilai yang sama yaitu sekam padi memiliki nilai 25284,48 kJ begitu juga dengan serbuk kayu memiliki nilai 25284,48 kJ. Dibantu dengan menggunakan kecepatan aliran udara blower dengan kecepatan udara maksimal 10,44 m/s dan kecepatan minimumnya yaitu 3,11 m/s. Sedangkan pada energi bahan bakar dengan menggunakan kecepatan aliran udara dan

biomassa sekam padi dan serbuk kayu yang sama serbuk kayu memiliki nilai yang lebih tinggi disbanding dengan sekam padi. Serbuk kayu memiliki nilai 44998,5 kJ sedangkan sekam padi memiliki nilai 36788,1 kJ. Sebagaimana dipaparkan pada gambar 4.6 diatas



BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari hasil dan pembahasan yang telah dilakukan maka disimpulkan beberapa kesimpulan yaitu sebagai berikut:

1. Alat penukar kalor ini menggunakan sistem gasifikasi sebagai energy pembakaran yang dapat memanaskan alat penukar kalor dengan waktu 40 sampai 45 menit, dengan menggunakan sistem udara paksa dari panas tungku pembakaran dengan menggunakan bahan bakar sekam padi dan serbuk kayu.
2. Dengan kapasitas bahan bakar yang hanya dapat menampung 3 kg, maka pemanasan pipa penukar kalor hanya dapat memanaskan maksimal selama 45 menit .
3. Pemanasan pada pipa penukar kalor selama 45 menit dengan kecepatan aliran udara 2,3 m/s maka didapat hasil suhu dalam pipa penukar kalor adalah 50,6 °C.
4. Efisiensi perpindahan panas pada pengujian ini yaitu dengan menggunakan kecepatan aliran udara 2,3 m/s, karena semakin lambat udara yang dialirkan maka semakin tinggi temperatur udara yang dihasilkan.

5.2 Saran

Dari hasil pengamatan, pembahasan, dan kesimpulan, penulis menyampaikan saran sebagai berikut:

1. Diperlukan perawatan pada alat tersebut agar dapat digunakan dalam jangka panjang.
2. Diperlukan perbaikan pada alat tersebut agar lebih nyaman digunakan dan lebih mudah dipindahkan.



DAFTAR PUSTAKA

- Iman Dirja. (2017). Optimasi desain Alat Penukar Kalor Panas Udara Untuk Pengering ikan dengan Memanfaatkan Gas Buang Motor Disel. Universitas Singaperbangsa Karawang.
- Aneka,F. (2016). Perancangan dan analisa pengering ikan dengan memanfaatkan energy briket, teknik mesin, fakultas teknik. Universitas Sriwijaya.
- Elieser. I., Hens, O, Jenki, P, (2015). Studi Pengeringan Ikan Layang (*Decapterus Sp*) Asin Dengan Penggunaan Alat Pengering Surya. Program Studi Teknologi Hasil Perikanan FPIK Unsrat Manado.
- Syaputra,U. (2019) Analisa Dan PengujianAlat Pengering Ikan Patin Sistem Konveksi Paksa DenganMemanfaatkan Panas pembakaran tungku.Teknik Mesin. Fakultas teknik. Universitas Islam Riau.
- Lintang, P, M. (2016) Rancang Bangun Alat Pengering Tipe *Tray* Dengan Media Udara Panas Ditinjau Dari Lama Waktu Pengeringan Terhadap Energi Pada Alat *Heat Exchanger*. Teknik Energi Politeknik Negeri Sriwijaya, Palembang.
- Yusak, M., Sumartini, D. (2016). Pembuatan alat pengering ikan Ramah lingkungan dengan menggunakan panel surya, Dosen Teknik Komputer dan Jaringan, Politeknik Negeri Kupang.
- Wahyuningsih, R TD, Wisnu Broto (2014) Rancang Bangun dan Aplikasi Pengering Ikan Teri Dengan Pengering Berinsulasi. Laboraturium Teknologi Pangan, PSD III. Laboratorium Operasi Teknik Kimia, PSD III, Teknik Kimia Undip.
- Yuwana. (2012). Pengering Ikan Lele (*Clarias Batraclus*) Dengan Pengering Energi Surya Tipe Teko Bersayap. Teknologi Pertanian, Fakultas Pertanian. Universitas Bengkulu.

Mohammed M, Syam Widiyanto (2013) Tabel nilai kalor biomassa korelasi. Analisa Nilai Kalor Dengan Bahan Bakar Biomassa Terhadap Kolerasi HHV, Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta.

Syam Widiyanto (2017) Analisa nilai kalor pengujian bahan bakar biomassa terhadap korelasi *HHV*. Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta.

