



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



**ANALISIS JARAK ANTAR PLAT TERHADAP SUHU  
KELUAR ASAP PIROLISIS PADA *PLATE HEAT  
EXCHANGER* DENGAN METODE CFD**

SKRIPSI

Oleh

**Faiz Irza Ramadhan**

**NIM. 1902421020**

**POLITEKNIK  
NEGERI  
JAKARTA**

**PROGRAM STUDI PEMBANGKIT TENAGA LISTRIK**

**JURUSAN TEKNIK MESIN**

**POLITEKNIK NEGERI JAKARTA**

**AGUSTUS, 2023**



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



**ANALISIS JARAK ANTAR PLAT TERHADAP SUHU  
KELUAR ASAP PIROLISIS PADA *PLATE HEAT  
EXCHANGER* DENGAN METODE CFD**

SKRIPSI

Laporan ini disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan Sarjana Terapan Program Studi Pembangkit Tenaga Listrik, Jurusan Teknik Mesin

**POLITEKNIK  
NEGERI  
JAKARTA**  
Oleh  
**Faiz Irza Ramadhan**  
**NIM. 1902421020**

**PROGRAM STUDI PEMBANGKIT TENAGA LISTRIK  
JURUSAN TEKNIK MESIN  
POLITEKNIK NEGERI JAKARTA**

**AGUSTUS, 2023**



“Sesungguhnya Bersama Kesulitan Ada Kemudahan {QS. Al-Insyirah:7}”

“Skripsi ini kupersembahkan untuk Ayah, Ibu, Siti, Bangsa, dan Almamater”

## © Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

### Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta





Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

HALAMAN PERSETUJUAN  
LAPORAN SKRIPSI

ANALISIS JARAK ANTAR PLAT TERHADAP SUHU KELUAR ASAP  
PIROLISIS PADA *PLATE HEAT EXCHANGER* DENGAN METODE CFD

Oleh:

Faiz Irza Ramadhan

NIM. 1902421020

Program Studi Sarjana Terapan Pembangkit Tenaga Listrik

Laporan Skripsi telah disetujui oleh pembimbing

Pembimbing 1

Dr. Gun Gun Ramdhan Gunadi, S.T., M.T.  
NIP. 197111142006041002

Pembimbing 2

Dr. Ahmad Maksum, S.T., M.T.  
NIP. 197401042006041001

Kepala Program Studi  
Sarjana Terapan Pembangkit Tenaga Listrik

Cecep Slamet Abadi, S.T., M.T.  
NIP. 196605191990031002



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

HALAMAN PENGESAHAN

LAPORAN SKRIPSI

ANALISIS JARAK ANTAR PLAT TERHADAP SUHU KELUAR ASAP PIROLISIS PADA *PLATE HEAT EXCHANGER* DENGAN METODE CFD

Oleh:

Faiz Irza Ramadhan

NIM. 1902421020

Program Studi Sarjana Terapan Pembangkit Tenaga Listrik

No.	Nama	Posisi Penguji	Tanda Tangan	Tanggal
1.	Dr. Gun Gun Ramdhan Gunadi, S.T., M.T. NIP. 197111142006041002	Ketua Penguji		22/8 2023
2	Widiyatmoko, S.Si, M.Eng. NIP. 198502032018031001	Penguji 1		21/8 2023
3.	Candra Damis Widiawaty, S.T.P, M.T. NIP. 198201052014042001	Penguji 2		22/8 2023

Depok, 24 Agustus 2023

Disahkan oleh:

Ketua Jurusan Teknik Mesin



Eng. Muslim, S.T., M.T., IWE.

NIP. 197707142008121005



**Hak Cipta :**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

**LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS**

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Faiz Irza Ramadhan  
NIM : 1902421020  
Program Studi : Sarjana Terapan Pembangkit Tenaga Listrik

menyatakan bahwa yang dituliskan di dalam Laporan Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri bukan jiplakan (plagiasi) karya orang lain baik sebagian atau seluruhnya. Pendapat, gagasan, atau temuan orang lain yang terdapat di dalam Laporan Skripsi telah saya kutip dan saya rujuk sesuai dengan etika ilmiah. Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenar-besarnya.

Depok, 9 Agustus 2023



Faiz Irza Ramadhan  
NIM. 1902421020

POLITEKNIK  
NEGERI  
JAKARTA



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

## ANALISIS JARAK ANTAR PLAT TERHADAP SUHU KELUAR ASAP PIROLISIS PADA *PLATE HEAT EXCHANGER* DENGAN METODE CFD

Faiz Irza Ramadhan<sup>1</sup>, Gun Gun Ramdhan Gunadi<sup>1</sup>, Ahmad Maksum<sup>2</sup>

<sup>1</sup>) Program Studi Sarjana Terapan Pembangkit Tenaga Listrik, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta, Kampus UI Depok, 16424

<sup>2</sup>) Program Studi Sarjana Terapan Alat Berat, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta, Kampus UI Depok, 16424

Email: [faiz.irzaramadhan.tm19.@mhsw.pnj.ac.id](mailto:faiz.irzaramadhan.tm19.@mhsw.pnj.ac.id)

### ABSTRAK

Kebutuhan akan energi semakin meningkat di Indonesia, namun ketersediaan dari sumber energi tidak terbarukan terus mengalami penurunan. Konsumsi energi tertinggi di Indonesia berasal dari bahan bakar fosil, terutama Bahan Bakar Minyak (BBM). Data menunjukkan bahwa jumlah potensial volume sekam padi yang dihasilkan saat panen sangat besar, namun seringkali limbah ini hanya dibakar atau digunakan sebagai bahan bakar kompor tungku. Penelitian ini bertujuan untuk mendesain dan menganalisis desain penukar panas yang dapat mengubah asap hasil pembakaran sekam padi menjadi asap cair, yang dapat digunakan sebagai bahan alternatif campuran BBM. Desain penukar panas ini ditujukan untuk usaha produksi asap cair yang dapat dimanfaatkan oleh masyarakat, terutama di daerah sumber penghasil sekam padi dan oleh pengusaha kecil menengah (UMKM) untuk meningkatkan nilai barang dari limbah. Dengan mengoptimalkan pengolahan limbah organik seperti sekam padi, diharapkan dapat memberikan solusi dalam menghadapi masalah keterbatasan energi tidak terbarukan di masa depan. Berdasarkan penelitian ini, desain penukar panas terbaru dengan model *knock down* jenis *Plate Heat Exchanger* dengan variasi jarak 1cm, 2cm, 3cm, 4cm, dan 5cm, temperatur keluar fluida panas setelah melalui perangkat penukar panas didapat sebesar 109,12°C, 120,37 °C, 139,95 °C, 154,46 °C, 163,55 serta efektivitas pada sistem perpindahan panas dalam desain terbaru berturut turut sebesar 92,6%, 83,4%, 67,5%, 55,7%, 48,3%.

Kata Kunci: Sekam Padi, Penukar Panas, Asap Cair.



**Hak Cipta :**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

## KATA PENGANTAR

Puji serta syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT, yang telah melimpahkan rahmat dan karunianya-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Skripsi yang berjudul “Analisis Jarak Antar Plat Terhadap Suhu Keluar Asap Pirolisis Pada *Plate Heat Exchanger* Dengan Metode CFD”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat dalam menyelesaikan studi sarjana terapan Program Studi Pembangkit Tenaga Listrik, Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta. Penelitian ini masih perlu dilanjutkan dengan penelitian - penelitian berikutnya agar lebih baik lagi hasil dan manfaatnya.

Penulisan skripsi ini tidak lepas dari bantuan dari berbagai pihak, oleh karena itu penulis ingin menyampaikan ucapan terimakasih yang tiada terhingga kepada:

1. Bapak Dr. Eng. Muslimin, S.T., M.T selaku ketua Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta.
2. Bapak Dr. Gun Gun Ramdhan Gunadi, S.T., M.T., selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan dan pesan motivasi dalam menyelesaikan skripsi ini.
3. Bapak Dr. Ahmad Maksum, S.T., M.T., selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan dan pesan motivasi dalam menyelesaikan skripsi ini.
4. Bapak Cecep Slamet Abadi, M.T. selaku kepala prodi Teknik Pembangkit Tenaga Listrik.
5. Bapak Widiyatmoko, S.Si, M.Eng. selaku dosen penguji pada sidang skripsi penulis dengan memberi masukan dan arahan untuk membimbing penulis menjadi lebih baik
6. Ibu Candra Damis Widiawaty, S.T.P, M.T. selaku dosen penguji pada sidang skripsi penulis dengan memberi masukan dan arahan untuk membimbing penulis menjadi lebih baik
7. Ayah dan Ibu penulis yang telah memberikan dukungan doa, motivasi, dan segala apapun yang penulis kerjakan dari awal kuliah hingga menyelesaikan skripsi.





## © Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

### Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

8. Siti Sukma, adik kecil yang membawa keceriaan dikala penulisan mengalami kesulitan.
9. Untuk kawan kawan Powerplant 2019 yang menemani selama penulis mengerjakan skripsi ini.
10. Untuk kawan kawan Nusdah yang memberikan keceriaan dikala suasana sedang muram
11. Daniel teman kos yang menemani selama 5 bulan terakhir pengerjaan skripsi ini berlangsung
12. Zahmur yang menemani selama pengerjaan dan proyek proyek lain berlangsung.

Penulis berharap semoga skripsi ini bermanfaat bagi semua pihak terutama pada bidang pembangkit tenaga listrik.



POLITEKNIK  
NEGERI  
JAKARTA



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

## DAFTAR ISI

HALAMAN PERSETUJUAN .....	i
HALAMAN PENGESAHAN .....	ii
LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS .....	iii
ABSTRAK .....	iv
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR TABEL .....	xiii
DAFTAR GRAFIK .....	xiv
RINGKASAN .....	xv
<b>BAB I PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah Penelitian .....	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.3.1 Tujuan Umum .....	3
1.3.2 Tujuan Khusus .....	3
1.4 Batasan Masalah Penelitian.....	4
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
1.6 Sistematika Penulisan Skripsi .....	5
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	<b>6</b>
2.1 Landasan Teori .....	6
2.1.1 Sekam Padi dan Potensinya .....	6
2.1.2 Ekstraksi Pirolisis.....	7
2.1.3 Penukar Panas ( <i>Heat Exchanger</i> ) .....	12
2.1.4 Desain Penukar Panas ( <i>Heat Exchanger</i> ) .....	19
2.1.5 Simulasi Komputasi Aliran Dinamik.....	25
2.1.6 Desain Penukar Panas Penelitian Sebelumnya .....	28



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

2.2	Kajian Literatur .....	30
2.3	Kerangka Pemikiran .....	34
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....</b>		<b>36</b>
3.1	Diagram Alir Penelitian.....	36
3.2	Penjelasan Diagram Alir Penelitian .....	37
3.2.1	Identifikasi Masalah .....	37
3.2.2	Perumusan Masalah .....	37
3.2.3	Studi Pustaka dan Literatur .....	37
3.2.4	Perhitungan Desain <i>Plate Heat Exchanger</i> .....	37
3.2.5	Desain PHE Berdasarkan Hasil Perhitungan LMTD.....	37
3.2.6	Proses Simulasi .....	37
3.2.7	Analisis Hasil .....	38
3.2.8	Memilih Desain Terbaik Berdasarkan Jarak Antar Plat.....	38
3.3	Metode Pemecahan Masalah .....	38
3.3.1	Parameter Desain .....	38
3.3.2	Pengumpulan Data <i>Properties</i> Fluida Melalui Studi Literatur .....	39
3.3.3	Parameter Pompa Air Pendingin.....	40
3.3.4	Desain <i>Plate Heat Exchanger</i> .....	40
3.3.5	Desain Jarak Antar Plat.....	41
3.3.6	Simulasi CFD Dengan Solidworks .....	42
3.3.7	Penentuan Variabel Desain Jarak Antar Plat .....	47
<b>BAB IV PEMBAHASAN.....</b>		<b>49</b>



**Hak Cipta :**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

4.1	Perhitungan Desain PHE Berdasarkan Metode LTMD.....	49
4.1.1	Perhitungan Jumlah Plat dan Ruang Alir Penukar Panas.....	49
4.1.2	Perhitungan Analisis Perpindahan Panas.....	51
4.1.3	Perhitungan Pressure Drop.....	53
4.1.4	Perhitungan Headloss.....	54
4.1.5	Verifikasi Simulasi CFD Dengan Hasil Analitikal.....	55
4.1.6	Hasil Simulasi Desain.....	67
4.2	Pembahasan Penelitian.....	68
4.2.1	Analisis Temperatur Panas Keluar Terhadap Jarak Plat.....	68
4.2.2	Analisis Luas Penampang Terhadap Kecepatan Aliran.....	70
4.2.3	Analisis Kecepatan Aliran Terhadap Bilangan Reynold.....	71
4.2.4	Analisis Perpindahan Panas Konvektif Terhadap Perpindahan Panas Keseluruhan.....	74
4.2.5	Efektivitas Desain Penukar Panas Plat.....	75
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>		<b>77</b>
5.1	Kesimpulan.....	77
5.2	Saran.....	77
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>		<b>78</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>		<b>84</b>

**POLITEKNIK  
NEGERI  
JAKARTA**

**Hak Cipta :**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

**DAFTAR GAMBAR**

Gambar 2. 1. Diagram Penelitian Produk Hasil Yang Menjadi Nilai Tambah [11]	7
Gambar 2. 2. Bio-oil Hasil Ekstraksi Pirolisis Menggunakan Penukar Panas.[13]	8
Gambar 2. 3. Produk Hasil Ekstraksi Dari Kandungan Selulosa.....	9
Gambar 2. 4. Grafik Saturasi Dekomposisi pada Kandungan Lignoselulosa .....	11
Gambar 2. 5. Penukar Panas Jenis Shell and tube.....	13
Gambar 2. 6. Penukar Panas Jenis Plat Gasket .....	14
Gambar 2. 7. Penukar Panas Jenis Extended Surface .....	15
Gambar 2. 8. Penukar Panas Jenis Regeneratif.....	15
Gambar 2. 9. Perpindahan Panas Konduksi .....	17
Gambar 2. 10. Perpindahan Panas Konveksi .....	17
Gambar 2. 11. Diagram dan Arah Aliran Sejajar Arah (Parallel Flow) .....	18
Gambar 2. 12. Diagram dan Arah Aliran Berlawanan Arah (Counter Flow).....	19
Gambar 2. 13. Nilai Koefisien Perpindahan Panas Keseluruhan.....	22
Gambar 2. 14. Nilai Koefisien Perpindahan Panas Konvektif.....	24
Gambar 2. 15 Desain Geometri Penukar Panas Shell and tube Sebelumnya.....	28
Gambar 3. 1. Diagram Alir Penelitian.....	36
Gambar 3. 2. Referensi Pompa Air .....	40
Gambar 3. 3. Konfigurasi Desain Plate Heat Exchanger untuk Asap Pirolisis Sekam Padi.....	40
Gambar 3. 4. Deskripsi Geometri Variasi Jarak Plat.....	41
Gambar 3. 5. Geometri dari penukar panas plat berturut turut dengan jarak antar plat 1cm, 2cm, 3cm, 4cm, 5cm (kiri hingga kanan).....	42
Gambar 3. 6. Membuat Geometri Sebelum Melakukan Simulasi Alir .....	42
Gambar 3. 7. Membuat Simulasi Baru Pada Fitur Flow Simulation Solidworks .	43
Gambar 3. 8. Memasukan Parameter Kondisi Awal Pada Fitur General Setting..	43
Gambar 3. 9. Memasukan Domain Fluida Pada Penukar Panas .....	44
Gambar 3. 10. Memasukan dan Memilih Material Solid Pada Objek .....	45
Gambar 3. 11. Memasukan Kondisi Batas Pada Tiap Nozzle.....	45
Gambar 3. 12. Membuat Goal Output Parameter .....	46



## © Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

### Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Gambar 3. 13. Melakukan Meshing.....	46
Gambar 3. 14. Menjalankan Proses Simulasi .....	47
Gambar 3. 15. Hasil Simulasi .....	47
Gambar 4. 1. (kiri) Bentuk Geometri 3D Model PHE jarak 1cm dan bentuknya yang dibuat transparan dan disederhanakan (kanan). .....	55
Gambar 4. 2. Nilai temperatur keluar fluida PHE jarak 1cm (atas), grafik temperatur fluida selama iterasi (tengah) dan gradien temperatur fluida selama iterasi (bawah) .....	56
Gambar 4. 3. Nilai kecepatan alir fluida PHE jarak 1cm(atas), grafik kecepatan alir selama iterasi (tengah) dan gradien kecepatan alir fluida selama iterasi (bawah) .....	57
Gambar 4. 4. Bentuk Geometri 3D Model PHE jarak 2cm (kiri) dan bentuknya yang dibuat transparan dan disederhanakan (kanan). .....	58
Gambar 4. 5. Nilai temperatur keluar fluida PHE jarak 2cm (atas), grafik temperatur fluida selama iterasi (tengah) dan gradien temperatur fluida selama iterasi (bawah) .....	59
Gambar 4. 6. Nilai kecepatan alir fluida PHE jarak 1cm(atas), grafik kecepatan alir selama iterasi (tengah) dan gradien kecepatan alir fluida selama iterasi (bawah) .....	60
Gambar 4. 7. Bentuk Geometri 3D Model PHE jarak 3cm (kiri) dan bentuknya yang dibuat transparan dan disederhanakan (kanan). .....	61
Gambar 4. 8. Bentuk Geometri 3D Model PHE jarak 3cm (kiri) dan bentuknya yang dibuat transparan dan disederhanakan (kanan). .....	61
Gambar 4. 9. Nilai kecepatan alir fluida PHE jarak 3cm(atas), grafik kecepatan alir selama iterasi (tengah) dan gradien kecepatan alir fluida selama iterasi (bawah) .....	62
Gambar 4. 10. Bentuk Geometri 3D Model PHE jarak 4cm (kiri) dan bentuknya yang dibuat transparan dan disederhanakan (kanan). .....	63
Gambar 4. 11. Bentuk Geometri 3D Model PHE jarak 4cm (kiri) dan bentuknya yang dibuat transparan dan disederhanakan (kanan). .....	64
Gambar 4. 12. Nilai kecepatan alir fluida PHE jarak 4cm(atas), grafik kecepatan alir selama iterasi (tengah) dan gradien kecepatan alir fluida selama iterasi (bawah) .....	64



**Hak Cipta :**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Gambar 4. 13. Bentuk Geometri 3D Model PHE jarak 5cm (kiri) dan bentuknya yang dibuat transparan dan disederhanakan (kanan). ..... 65

Gambar 4. 14. Bentuk Geometri 3D Model PHE jarak 5cm (kiri) dan bentuknya yang dibuat transparan dan disederhanakan (kanan). ..... 66

Gambar 4. 15. Nilai kecepatan alir fluida PHE jarak 5cm(atas), grafik kecepatan alir selama iterasi (tengah) dan gradien kecepatan alir fluida selama iterasi (bawah) ..... 66





**Hak Cipta :**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

**DAFTAR TABEL**

Tabel 2. 1.Kandungan Major Pada Asap Cair Sekam Padi.[6] .....	10
Tabel 2. 2. Tabel Sifat Termal Saturasi Uap Air.....	21
Tabel 2. 3. Tabel Sifat Termal Saturasi Air .....	21
Tabel 2. 4. Data Spesifikasi Desain Penukar Panas pada Penelitian Sebelumnya	29
Tabel 3. 1. Parameter Desain.....	38
Tabel 3. 2. Data Thermal Properties Fluida .....	39
Tabel 3. 4. Spesifikasi Aktual Pompa.....	40
Tabel 3. 5.Parameter Lingkungan .....	44
Tabel 4. 1. Verifikasi Hasil Simulasi dan Perhitungan PHE Jarak 1cm.....	57
Tabel 4. 2. Verifikasi Hasil Simulasi dan Perhitungan PHE Jarak 2cm.....	60
Tabel 4. 3. Verifikasi Hasil Simulasi dan Perhitungan PHE Jarak 3cm.....	63
Tabel 4. 4. Verifikasi Hasil Simulasi dan Perhitungan PHE Jarak 3cm.....	65
Tabel 4. 5. Verifikasi Hasil Simulasi dan Perhitungan PHE Jarak 5cm.....	67
Tabel 4. 6. Data Hasil Simulasi Dan Perhitungan Perpindahan Panas.....	67





**Hak Cipta :**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

**DAFTAR GRAFIK**

Grafik 4. 1. Temperatur Keluar Fluida Panas Terhadap Jarak Antar Plat .....	68
Grafik 4. 2. Pengaruh Luas Penampang Terhadap Kecepatan Aliran .....	70
Grafik 4. 3. Pengaruh Kecepatan Terhadap Bilangan Reynold.....	71
Grafik 4. 4. Perpindahan Panas Konvektif Terhadap Perpindahan Panas Keseluruhan.....	74
Grafik 4. 5. Efektivitas Desain Penukar Panas Plat .....	75





Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

## RINGKASAN

Kenaikan harga bahan bakar belakangan ini seharusnya menjadi peringatan bahwa konsumsi energi kita yang semakin meningkat tidak berkelanjutan mengingat ketersediaan sumber energi *non-renewable* yang terbatas. Sekam padi memiliki prospek besar untuk digunakan sebagai produk alternatif dalam beberapa industri. Pengelolaan sekam padi menjadi bahan tingkat lanjut seperti silika, RHC (*rice husk charcoal*) yang diolah lanjutan menjadi bahan bakar padat, *liquid smoke* sebagai bahan baku untuk *biodiesel* maupun *producer gas* dapat dengan beberapa metode, yaitu *combustion*, *gasification* dan *pyrolysis*. Pada penelitian proses ekstraksi sekam padi menggunakan *pyrolizer* sebagai metode pembakaran, dengan penukar panas berupa penukar panas plat untuk meningkatkan daya hasil limbah berupa asap cair dan *producer gas* yang dapat dimanfaatkan dengan proses selanjutnya dan memiliki potensi untuk dikembangkan lebih lanjut. Perhitungan dan eksperimen dilakukan menggunakan *software* digital untuk model 3 dimensi (*Free Body Diagram (FBD)*, *engineering drawing*) dan komputasi kalkulasi fluida dengan simulasi. Hasil dari eksperimen ini akan didapatkan detail desain alat yang yang dapat difabrikasi, nilai efisiensi performa perpindahan panas penukar panas, dengan beberapa faktor perhitungan yaitu nilai temperatur masuk dan keluar fluida panas, nilai temperatur masuk dan keluar fluida pendingin, nilai perpindahan panas konvektif, dan perbandingan efektivitas dengan publikasi penulis sebelumnya. Pada penelitian ini penukar panas ditujukan akan mampu secara efektif untuk meningkatkan perpindahan panas dengan menurunkan nilai temperatur keluaran fluida panas.

**Kata Kunci:** Sekam Padi, Penukar panas, Asap Cair.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

## BAB I PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Konsumsi energi semakin meningkat, namun ketersediaan dari energi yang tidak terbarui terus mengalami penurunan. Kebutuhan penggunaan energi yang tinggi di Indonesia didorong oleh jumlah penduduk yang besar dan semakin berkembangnya industri. Bahan bakar fosil seperti minyak dan gas akan semakin berkurang dan tidak akan mencukupi untuk memenuhi kebutuhan akibat dari cadangan alaminya yang semakin menurun.

Berdasarkan data Rencana Strategis (Renstra) Kementerian ESDM RI, konsumsi energi tertinggi Indonesia berasal dari bahan bakar fosil dengan tingkat konsumsi pada Bahan Bakar Minyak (BBM) mencapai 50% dari total konsumsi bahan bakar fosil keseluruhan yang sebesar 95% konsumsi dalam negeri, cadangan minyak bumi Indonesia sebesar 4,7 miliar barel dan diperkirakan akan habis pada kurun waktu 5 tahun mendatang atau sekitar tahun 2028[1]. Penyediaan atau produksi bahan bakar di Indonesia mengalami peningkatan yang cukup signifikan sekitar 158,03 juta TOE (*Tonnes of Equivalent*) menjadi 228,22 juta TOE (dengan campuran biomassa) pada 10 tahun terakhir atau meningkat sekitar 3,8% per tahun. Pada 10 tahun terakhir juga terjadi peningkatan jumlah konsumsi bahan bakar sebesar 396,21 juta barel, sementara jumlah kapasitas produksi bahan bakar minyak (BBM) per tahun yakni sekitar 276,92 juta barel, sehingga terjadi selisih sekitar 119,29 juta barel yang harus dipenuhi. Dapat dikatakan Indonesia sangat bergantung dengan energi tidak terbarukan yang jumlah ketersediaannya terus mengalami penurunan.[2]

Namun di sisi lain, Indonesia adalah negara agraris yang memiliki potensi menghasilkan bahan bakar alternatif melalui produk terbarukan yang dalam hal ini yaitu pemanfaatan kandungan dari limbah pertanian berupa sekam padi. BPS tahun 2022 menyatakan produksi total padi di Indonesia hasil panen tahun 2021 adalah 55,27 juta ton, dengan total residu panen seberat 23,6 juta ton

GKG (Gabah Kering Giling) atau dikenal sebagai sekam padi. Berdasarkan penelitian Kasmiarno sekam padi berjumlah sekitar 20-45% dari total padi yg dipanen[3]

Dari data tersebut diketahui bahwa jumlah potensial volume bahan baku daripada sekam padi yang diperoleh sangatlah besar, sangat disayangkan apabila tidak dimanfaatkan untuk menjadi sebuah alternatif energi terbarukan yakni *biofuel* ataupun bahan baku pengembangan pada campuran bahan bakar bio-bensin atau bio-solar[4], namun seringkali proses pengolahan limbah hanya sebatas dilakukan pembakaran di ruang terbuka, atau dijadikan bahan bakar kompor tungku yang belum termanfaatkan secara optimum. Pada penelitian lain, sekam padi memiliki *net calorific value* (NCV) yang lebih tinggi setelah dilakukan *treatment* atau yang bisa dikenal sebagai karbonisasi[5]. Pengolahan karbonisasi atau biasa disebut ekstraksi tersebut terdapat banyak metode yang dilakukan seperti pirolisis dan lainnya. Dalam proses pengolahan tersebut pula, bio-oil dari hasil ekstraksi menjadi sebuah barang *added value*. Penukar panas memiliki fungsi penting untuk mengubah fasa dari gas atau asap hasil proses ekstraksi menjadi cair, yang mana hal ini hasil ekstraksi yang bermacam macam akan menjadi zat cair berupa cairan berwarna hitam yaitu asap cair.

Dalam rangka memanfaatkan sumber daya melimpah berupa sekam padi di Indonesia, perlu dilakukan pengolahan limbah organik tersebut agar nilainya meningkat dan ramah lingkungan. Salah satunya adalah memanfaatkan potensi dari asap yang dihasilkan dari pembakaran kemudian diproses dengan menggunakan penukar panas untuk menjadi asap cair grade 3. Desain penukar panas ini ditujukan untuk keperluan masyarakat, terutama di daerah yang merupakan sumber penghasil sekam padi hingga pengusaha kecil menengah untuk mampu mengolah limbah menjadi produk bahan baku yang memiliki nilai tambah atau nilai jual lebih. Oleh karena itu, aspek desain dan kemudahan instalasi menjadi hal yang utama dalam penelitian ini. Pada penelitian ini ditujukan untuk mengevaluasi dan mendesain penukar panas yang baru agar tercapai temperatur yang optimum pada projek asap cair sekam padi. Model



## © Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

### Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

instalasi penukar panas adalah *knock down* dengan maksud agar mudah digunakan dan ramah pemeliharaan serta dapat digunakan untuk usaha produksi asap untuk pengusaha kelas kecil menengah (UMKM). Penelitian ini bertujuan melakukan desain dan analisis dari penukar panas yang digunakan sebagai pengubah asap hasil pembakaran menjadi asap cair yang dapat dimanfaatkan lebih lanjut sebagaimana tujuan diatas yaitu bahan alternatif campuran BBM (Bahan Bakar Minyak).

## 1.2 Rumusan Masalah Penelitian

Berikut adalah rumusan masalah yang dapat dibahas dalam penulisan perencanaan desain dan analisis pengaruh jarak antar plat pada *plate heat exchanger* untuk pirolisis sekam padi:

1. Bagaimana proses desain *Plate Heat Exchanger* dengan menggunakan analitikal LMTD
2. Bagaimana analisis perpindahan panas berdasarkan temperatur keluar asap pirolisis dari penukar panas *Plate Heat Exchanger*
3. Bagaimana efektivitas yang terjadi pada *Plate Heat Exchanger* berdasarkan hasil simulasi CFD (*Computational Fluid Dynamic*)

## 1.3 Tujuan Penelitian

### 1.3.1 Tujuan Umum

1. Sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan Program Diploma IV Jurusan Teknik Mesin, Program Studi Pembangkit Tenaga Listrik, Politeknik Negeri Jakarta.

### 1.3.2 Tujuan Khusus

1. Mengetahui proses dalam mendesain alat *Plate Heat Exchanger* dengan analitikal LMTD
2. Mengetahui hasil analisis perpindahan panas berdasarkan temperatur keluar asap pirolisis dari penukar panas *Plate Heat Exchanger*



### Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

3. Mengetahui efektivitas yang terjadi pada Plate Heat Exchanger berdasarkan hasil simulasi CFD (*Computational Fluid Dynamic*)

#### 1.4 Batasan Masalah Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian dengan judul desain dan analisis pengaruh jarak antar plat pada *plate heat exchanger* untuk pirolisis sekam padi ini adalah sebagai berikut:

1. Fluida panas adalah uap, dan fluida dingin adalah air.
2. Diasumsikan tidak ada perubahan fasa pada 2 fluida tersebut.
3. Tipe penukar panas adalah *plate*.
4. Tipe aliran adalah *Counter flow*.
5. Perancangan fokus terhadap suhu keluar fluida panas hasil dari simulasi, nilai U, efektivitas penukar panas, dan head loss.
6. Kondisi pada penukar panas adalah adiabatik, dimana perpindahan panas terjadi pada sistem dalam saja dan mengabaikan faktor luar atau lingkungan.
7. *Software* yang digunakan adalah solidworks.
8. Tidak ada faktor pengotoran.

#### 1.5 Manfaat Penelitian

Berikut ini merupakan manfaat penelitian bagi pelaksana skripsi serta bagi Politeknik Negeri Jakarta:

1. Dapat mengetahui pengaruh variable yang menentukan perpindahan panas dari penukar panas untuk memanfaatkan hasil pembakaran.
2. Mendapatkan pengetahuan dan penerapan ilmu bagi penulis yang dapat diaplikasikan di dunia industri, bermanfaat untuk diterapkan sebagai pengabdian masyarakat, dan mendukung pemanfaatan energi terbarukan.



#### Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

3. Sebagai media pembelajaran dan referensi tambahan bagi mahasiswa mahasiswa untuk mengetahui suatu perencanaan, desain, dan analisis hasil desain.

### 1.6 Sistematika Penulisan Skripsi

Sistematika penulisan dibuat untuk mempermudah dalam penyusunan tugas akhir/skripsi ini maka perlu ditentukan sistematika penulisan laporan yang baik. Sistem penulisannya sebagai berikut:

#### 1. BAB I PENDAHULUAN

Bab pendahuluan akan mendeskripsikan mengenai latar belakang masalah, tujuan penulisan (umum dan khusus), manfaat penulisan, dan sistematika penulisan.

#### 2. BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Berisi tentang studi pustaka/literatur, memaparkan rangkuman kritis atas pustaka yang menunjang pelaksanaan tugas akhir/skripsi, meliputi pembahasan tentang topik yang akan dikaji lebih lanjut dalam tugas akhir/skripsi.

#### 3. BAB III METODE PENELITIAN

Dalam bab ini penulis mengemukakan metode penelitian yang digunakan untuk perencanaan penelitian, diagram alir penelitian, penjelasan langkah kerja, serta metode pemecahan masalah

#### 4. BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Dalam bab hasil penelitian dan pembahasan ini peneliti memaparkan hasil yang diperoleh dan menguraikan mengenai bagaimana hasil analisis setiap variable/peubah dikaitkan satu dengan lainnya untuk menjawab tujuan penelitian.

#### 5. BAB V PENUTUP

Kesimpulan merupakan ringkasan/ inti dari setiap subbab pembahasan yang menjadi jawaban atas pertanyaan penelitian dan memberikan saran yang diberikan berupa penyelesaian masalah, perbaikan suatu kondisi berdasarkan hasil analisis kajian.

#### Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



**Hak Cipta :**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Setelah dilakukan penelitian diatas, maka didapat kesimpulan yang pertanyaan penelitian, sebagai berikut:

1. Proses desain penukar panas plat dapat dilakukan menggunakan metode perhitungan LMTD (Log Mean Temperature Difference) karena diketahui temperatur masuk dan keluar fluida panas dan dingin, selanjutnya dilakukan simulasi menggunakan metode CFD untuk mendapatkan kesesuaian hasil perhitungan.
2. Hasil analisis adalah terjadi penurunan perpindahan panas dalam sistem akibat meningkatnya jarak antar plat dengan nilai perpindahan panas keseluruhan pada jarak 1cm sebesar 1282,92 [ $W/m^2.K$ ] menjadi 541,48 [ $W/m^2.K$ ] pada jarak 5cm.
3. Hasil penelitian menunjukan penurunan efektivitas dari penukar panas plat akibat memperbesar jarak antar plat, dengan nilai efektivitas pada jarak 1cm sebesar 92,6% menjadi 48,3% pada jarak 5cm.

#### 5.2 Saran

Saran yang diberikan penulis adalah dengan adanya simulasi dan perhitungan ini maka bisa menjadi sebuah sarana konsiderasi pengumpulan data untuk mengambil keputusan memfabrikasi alat dikemudian hari, serta perlu dilakukan perbandingan hasil simulasi dan kondisi operasional nyata atau eksperimen untuk dijadikan bahan pengembangan dan optimasi pada penelitian selanjutnya.





Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] I. G. Wiratmaja and E. Elisa, “Kajian Peluang Pemanfaatan Bioetanol Sebagai Bahan Bakar Utama Kendaraan Masa Depan Di Indonesia,” *Jurnal Pendidikan Teknik Mesin Undiksha*, vol. 8, no. 1, pp. 1–8, 2020, doi: 10.23887/jptm.v8i1.27298.
- [2] A. F. Sa’adah, A. Fauzi, and B. Juanda, “Peramalan Penyediaan dan Konsumsi Bahan Bakar Minyak Indonesia dengan Model Sistem Dinamik,” *Jurnal Ekonomi dan Pembangunan Indonesia*, vol. 17, no. 2, pp. 118–137, 2017, doi: 10.21002/jepi.v17i2.661.
- [3] L. D. Kasmiarno, S. Steven, J. Rizkiana, E. Restiawaty, and Y. Bindar, “Kinetic studies and performance analysis of Indonesian rice husk pyrolysis,” *IOP Conf Ser Mater Sci Eng*, vol. 1143, no. 1, p. 012067, 2021, doi: 10.1088/1757-899x/1143/1/012067.
- [4] R. Saravana Sathiya Prabhakar, P. Nagaraj, and K. Jeyasubramanian, “Promotion of bio oil, H<sub>2</sub> gas from the pyrolysis of rice husk assisted with nano silver catalyst and utilization of bio oil blend in CI engine,” *Int J Hydrogen Energy*, vol. 45, no. 33, pp. 16355–16371, 2020, doi: 10.1016/j.ijhydene.2020.04.123.
- [5] R. Risfaheri, H. Hoerudin, and M. Syakir, “Utilization of Rice Husk for Production of Multifunctional Liquid Smoke,” *Journal of Advanced Agricultural Technologies*, vol. 5, no. 3, pp. 192–197, 2018, doi: 10.18178/joaat.5.3.192-197.
- [6] R. Risfaheri, H. Hoerudin, and M. Syakir, “Utilization of Rice Husk for Production of Multifunctional Liquid Smoke,” *Journal of Advanced Agricultural Technologies*, vol. 5, no. 3, pp. 192–197, 2018, doi: 10.18178/joaat.5.3.192-197.
- [7] D. E. G. Sofhia, W. Nurhasanah, and J. M. Munandar, “Pemanfaatan Limbah Sekam Menjadi Produk Arang Sekam untuk Meningkatkan Nilai Jual di Desa Gunturmekar , Kabupaten Sumedang Waste Utilization As Husk Charcoal Product To Increase Selling Value In Gunturmekar Village ,



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

- Sumedang Districts,” *Jurnal Pusat Inovasi Masyarakat*, vol. 2, no. 4, pp. 679–684, 2020.
- [8] A. Bušić, G. Morzak, H. Belskaya, and I. Šantek, “Bioethanol Production from Renewable Raw Materials and Its Separation and Purification : A Review,” vol. 9818, pp. 0–3, 2018, doi: 10.17113/ftb.56.03.18.5546.
- [9] Y. A. Situmorang, Z. Zhao, A. Yoshida, Y. Kasai, A. Abudula, and G. Guan, “Potential power generation on a small-scale separated-type biomass gasification system,” *Energy*, vol. 179, pp. 19–29, 2019, doi: 10.1016/j.energy.2019.04.163.
- [10] W. Cai, R. Liu, Y. He, M. Chai, and J. Cai, “Bio-oil Production From Fast Pyrolysis Of Rice Husk In A Commercial-scale Plant With A Downdraft Circulating Fluidized Bed Reactor,” *Fuel Processing Technology*, vol. 171, no. November 2017, pp. 308–317, 2018, doi: 10.1016/j.fuproc.2017.12.001.
- [11] V. S. K. K. Palla, K. Papadikis, and S. Gu, “Computational modelling of the condensation of fast pyrolysis vapours in a quenching column. Part A: Hydrodynamics, heat transfer and design optimisation,” *Fuel Processing Technology*, vol. 131, pp. 59–68, 2015, doi: 10.1016/j.fuproc.2014.11.007.
- [12] A. T. Hoang *et al.*, “Progress on the lignocellulosic biomass pyrolysis for biofuel production toward environmental sustainability,” *Fuel Processing Technology*, vol. 223, no. July, p. 106997, 2021, doi: 10.1016/j.fuproc.2021.106997.
- [13] A. Pattiya and S. Suttibak, “Fast pyrolysis of sugarcane residues in a fluidised bed reactor with a hot vapour filter,” *Journal of the Energy Institute*, vol. 90, no. 1, pp. 110–119, 2017, doi: 10.1016/j.joei.2015.10.001.
- [14] A. Mati, M. Buffi, S. Dell’orco, M. P. Ruiz Ramiro, S. R. A. Kersten, and D. Chiaramonti, “Experimental study of fast pyrolysis vapors fractionation through different staged condensation configurations,” *E3S Web of Conferences*, vol. 238, 2021, doi: 10.1051/e3sconf/202123801009.
- [15] L. D. Kasmiaro, S. Steven, J. Rizkiana, E. Restiawaty, and Y. Bindar, “Kinetic studies and performance analysis of Indonesian rice husk



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

- pyrolysis,” *IOP Conf Ser Mater Sci Eng*, vol. 1143, no. 1, p. 012067, 2021, doi: 10.1088/1757-899x/1143/1/012067.
- [16] M. Holubčík, I. Klačková, and P. Ďurčanský, “Pyrolysis conversion of polymer wastes to noble fuels in conditions of the slovak republic,” *Energies (Basel)*, vol. 13, no. 18, 2020, doi: 10.3390/en13184849.
- [17] N. A. Abdullah, J. Tila, I. I. Hakim, R. A. Koestoer, and N. Putra, “Influence of feedstock particle size from merbau wood (Intsia bijuga) on bio-oil production using a heat pipe fin l-shaped condenser in a pyrolysis process,” *Engineering Journal*, vol. 24, no. 4, pp. 261–271, 2020, doi: 10.4186/ej.2020.24.4.261.
- [18] D. López-González, M. Fernandez-Lopez, J. L. Valverde, and L. Sanchez-Silva, “Gasification of lignocellulosic biomass char obtained from pyrolysis: Kinetic and evolved gas analyses,” *Energy*, vol. 71, pp. 456–467, Jul. 2014, doi: 10.1016/j.energy.2014.04.105.
- [19] M. S. Panithasan, D. Gopalakichenin, G. Venkadesan, and M. Malairajan, “Evaluating the working characters of a diesel engine fueled with biodiesel blends added with rice husk Nano particles,” *Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization and Environmental Effects*, vol. 00, no. 00, pp. 1–19, 2020, doi: 10.1080/15567036.2020.1767726.
- [20] R. Bakari, T. Kivevele, X. Huang, and Y. A. C. Jande, “Simulation and optimisation of the pyrolysis of rice husk: Preliminary assessment for gasification applications,” *J Anal Appl Pyrolysis*, vol. 150, Sep. 2020, doi: 10.1016/j.jaap.2020.104891.
- [21] A. Tumbalam Gooty and S. Franco Berruti, “Fractional Condensation of Bio-Oil Vapors,” 2013. [Online]. Available: <https://ir.lib.uwo.ca/etdhttps://ir.lib.uwo.ca/etd/979>
- [22] H. S. Hafid, F. N. Omar, J. Zhu, and M. Wakisaka, “Enhanced crystallinity and thermal properties of cellulose from rice husk using acid hydrolysis treatment,” *Carbohydr Polym*, vol. 260, May 2021, doi: 10.1016/j.carbpol.2021.117789.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

- [23] L. Qin, Y. Wu, Z. Hou, and E. Jiang, "Influence of biomass components, temperature and pressure on the pyrolysis behavior and biochar properties of pine nut shells," *Bioresour Technol*, vol. 313, Oct. 2020, doi: 10.1016/j.biortech.2020.123682.
- [24] K. Thulukkanam, *Heat Exchanger Design Handbook*, Second. Taylor & Francis Group, 2013.
- [25] The American Society of Mechanical Engineers, *ASME SECTION VIII Rules for Construction of Pressure Vessels (BPVC)*, vol. Division 1. The American Society of Mechanical Engineers, 2019.
- [26] T. L. BERGMAN, A. S. LAVINE, and F. P. INCROPERA, *Introduction to Heat Transfer: Sixth Edition*, Sixth. JOHN WILEY & SONS, INC., 2011.
- [27] N. Rohmah, G. Pikra, A. J. Purwanto, and R. I. Pramana, "The effect of plate spacing in plate heat exchanger design as a condenser in organic Rankine cycle for low temperature heat source," in *Energy Procedia*, Elsevier Ltd, Apr. 2015, pp. 87–96. doi: 10.1016/j.egypro.2015.03.236.
- [28] C. D. Widiawaty, A. I. Siswantara, Budiarso, G. G. R. Gunadi, H. Pujowidodo, and M. H. G. Syafei, "A CFD simulation and experimental study: Predicting heat transfer performance using SST k- $\omega$  turbulence model," in *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, IOP Publishing Ltd, Dec. 2020. doi: 10.1088/1757-899X/909/1/012004.
- [29] F. I. Ramadhan, J. W. M. Soedarsono, R. Riastuti, and A. Maksum, "Heat Effectiveness Analysis of Knock Down Smoke LCS (Liquid Collection System) Design with a Mixture of Ethylene Glycol and Water as Cooling Media," *IOP Conf Ser Earth Environ Sci*, vol. 1111, no. 1, 2022, doi: 10.1088/1755-1315/1111/1/012054.
- [30] F. I. Ramadhan, J. W. M. Soedarsono, R. Riastuti, and A. Maksum, "Heat Effectiveness Analysis of Knock Down Smoke LCS (Liquid Collection System) Design with a Mixture of Ethylene Glycol and Water as Cooling Media," *IOP Conf Ser Earth Environ Sci*, vol. 1111, no. 1, 2022, doi: 10.1088/1755-1315/1111/1/012054.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

- [31] X. Xin, A. Bissett, J. Wang, A. Gan, K. Dell, and S. Baroutian, "Production of liquid smoke using fluidised-bed fast pyrolysis and its application to green lipped mussel meat," *Food Control*, vol. 124, no. November 2020, p. 107874, 2021, doi: 10.1016/j.foodcont.2021.107874.
- [32] S. Das and V. v. Goud, "RSM-optimised slow pyrolysis of rice husk for bio-oil production and its upgradation," *Energy*, vol. 225, p. 120161, 2021, doi: 10.1016/j.energy.2021.120161.
- [33] F. Codignole Luz, S. Cordiner, A. Manni, V. Mulone, and V. Rocco, "Biomass fast pyrolysis in screw reactors: Prediction of spent coffee grounds bio-oil production through a monodimensional model," *Energy Convers Manag*, vol. 168, pp. 98–106, 2018, doi: 10.1016/j.enconman.2018.04.104.
- [34] R. Sipahutar, D. Kusuma Pratiwi, I. Bizzy, A. Sofijan, and B. Hidayati, "Development of liquid smoke production process as a latex coagulant by utilizing a refrigeration machine," *IOP Conf Ser Mater Sci Eng*, vol. 909, no. 1, 2020, doi: 10.1088/1757-899X/909/1/012032.
- [35] N. A. Abdullah, J. Tila, I. I. Hakim, R. A. Koestoer, and N. Putra, "Influence of feedstock particle size from merbau wood (Intsia bijuga) on bio-oil production using a heat pipe fin l-shaped condenser in a pyrolysis process," *Engineering Journal*, vol. 24, no. 4, pp. 261–271, 2020, doi: 10.4186/ej.2020.24.4.261.
- [36] B. Hidayati, R. Sipahutar, I. Bizzy, and M. Faizal, "Increased Productivity of Liquid Smoke Through Fast Thawing With Refrigeration Systems At Low Air Temperatures," *Journal of Applied Engineering Science*, vol. 20, no. 1, pp. 79–84, 2022, doi: 10.5937/jaes0-30849.
- [37] R. Sigalingging, E. Susanto, S. Panggabean, and K. I. J. Munte, "Design and fabrication of integration of organic- inorganic waste pyrolysis equipment Design and fabrication of integration of organic-inorganic waste pyrolysis equipment," *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*, vol. 374, 2019, doi: 10.1088/1755-1315/374/1/012015.



**Hak Cipta :**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

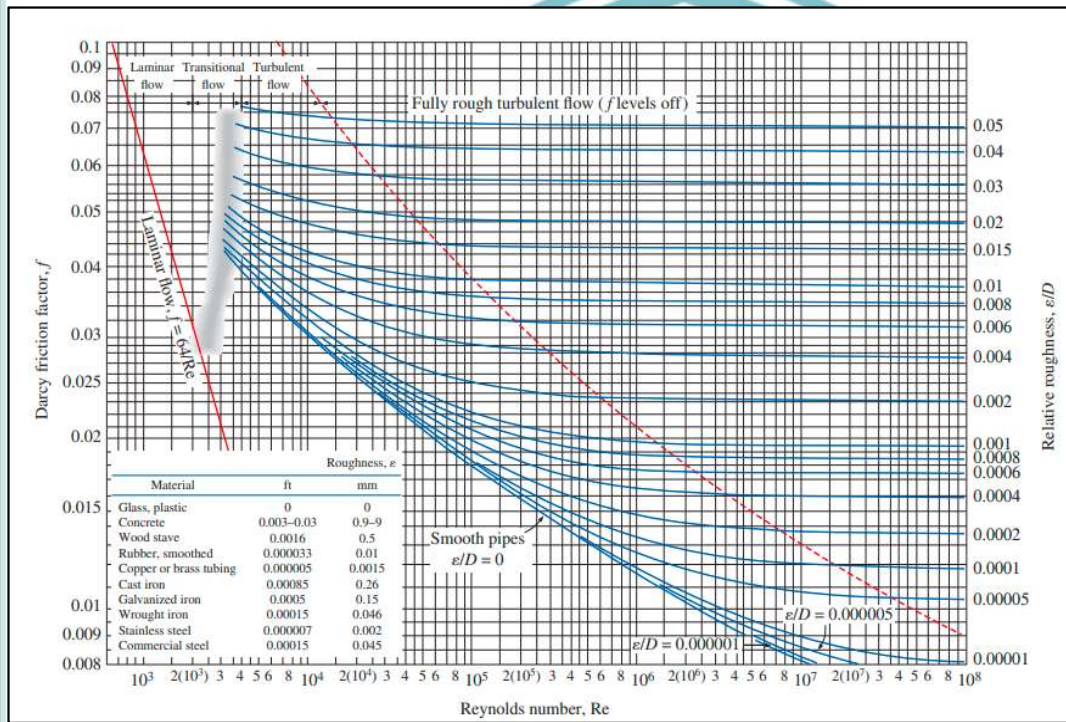
- [38] M. Picón-Núñez and J. E. Rumbo-Arias, “Improving thermal energy recovery systems using welded plate heat exchangers,” *Energy*, vol. 235, Nov. 2021, doi: 10.1016/j.energy.2021.121373.
- [39] M. Göлтаş, B. Gürel, A. Keçebaş, V. R. Akkaya, and O. V. Güler, “Improvement of thermo-hydraulic performance with plate surface geometry for a compact plate heat exchanger manufactured by additive manufacturing,” *Int J Heat Mass Transf*, vol. 188, Jun. 2022, doi: 10.1016/j.ijheatmasstransfer.2022.122637.
- [40] Y. A. Çengel and J. M. Cimbala, *Fluid Mechanics: Fundamentals And Applications, Third Edition, 3rd Edition*. New York: The McGraw-Hill Companies, Inc., 2014.

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

LAMPIRAN

Lampiran 1. Moody Diagram.



Sumber: *Fluid mechanics*, Yunus A. Cengel[40].

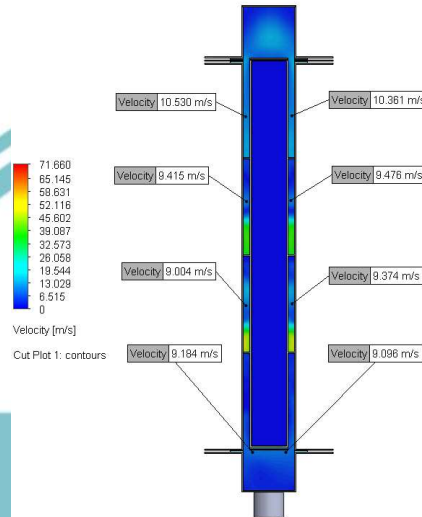
POLITEKNIK  
NEGERI  
JAKARTA

**Hak Cipta :**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

**Lampiran 2. Hasil Perhitungan Rata Rata Simulasi Kecepatan Alir .**

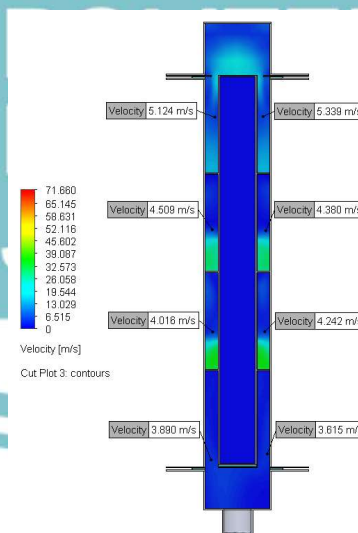
**1. Kecepatan Alir PHE Jarak Plat 1cm**



$$v_{avg} = \frac{10,53 \left[ \frac{m}{s} \right] + 10,36 \left[ \frac{m}{s} \right] + 9,42 \left[ \frac{m}{s} \right] + 9,48 \left[ \frac{m}{s} \right] + 9,00 \left[ \frac{m}{s} \right] + 9,37 \left[ \frac{m}{s} \right] + 9,18 \left[ \frac{m}{s} \right] + 9,09 \left[ \frac{m}{s} \right]}{8}$$

$$v_{avg} = 9,54 \left[ \frac{m}{s} \right]$$

**2. Kecepatan Alir PHE Jarak Plat 2cm**



$$v_{avg} = \frac{5,12 \left[ \frac{m}{s} \right] + 5,34 \left[ \frac{m}{s} \right] + 4,51 \left[ \frac{m}{s} \right] + 4,38 \left[ \frac{m}{s} \right] + 4,02 \left[ \frac{m}{s} \right] + 4,24 \left[ \frac{m}{s} \right] + 3,89 \left[ \frac{m}{s} \right] + 3,62 \left[ \frac{m}{s} \right]}{8}$$

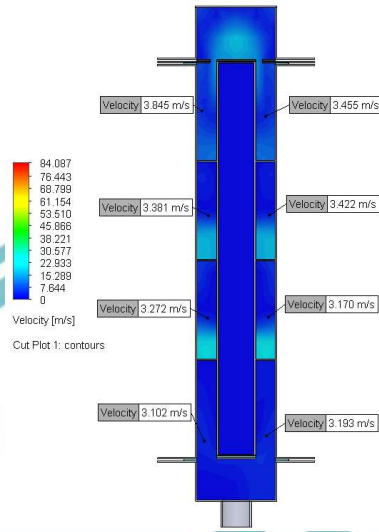
$$v_{avg} = 4,38 \left[ \frac{m}{s} \right]$$



**Hak Cipta :**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

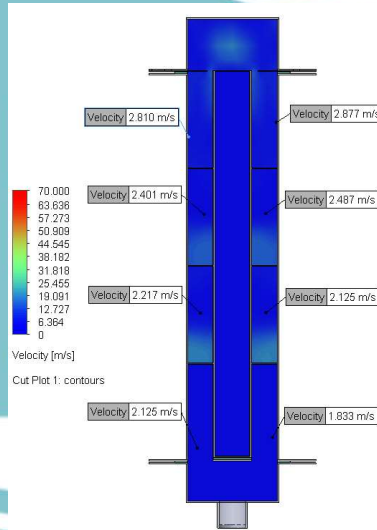
**3. Kecepatan Alir PHE Jarak Plat 3cm**



$$v_{avg} = \frac{3,85 \left[ \frac{m}{s} \right] + 3,46 \left[ \frac{m}{s} \right] + 3,381 \left[ \frac{m}{s} \right] + 3,42 \left[ \frac{m}{s} \right] + 3,27 \left[ \frac{m}{s} \right] + 3,17 \left[ \frac{m}{s} \right] + 3,10 \left[ \frac{m}{s} \right] + 3,19 \left[ \frac{m}{s} \right]}{8}$$

$$v_{avg} = 3,35 \left[ \frac{m}{s} \right]$$

**4. Kecepatan Alir PHE Jarak Plat 4cm**



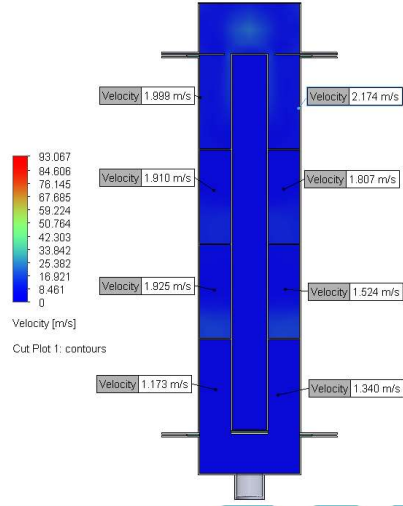
$$v_{avg} = \frac{2,81 \left[ \frac{m}{s} \right] + 2,87 \left[ \frac{m}{s} \right] + 2,40 \left[ \frac{m}{s} \right] + 2,49 \left[ \frac{m}{s} \right] + 2,22 \left[ \frac{m}{s} \right] + 2,13 \left[ \frac{m}{s} \right] + 2,13 \left[ \frac{m}{s} \right] + 1,83 \left[ \frac{m}{s} \right]}{8}$$

$$v_{avg} = 2,35 \left[ \frac{m}{s} \right]$$

**Hak Cipta :**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

**5. Kecepatan Alir PHE Jarak Plat 5cm**



$$v_{avg} = \frac{1,99 \left[ \frac{m}{s} \right] + 2,17 \left[ \frac{m}{s} \right] + 1,91 \left[ \frac{m}{s} \right] + 1,80 \left[ \frac{m}{s} \right] + 1,92 \left[ \frac{m}{s} \right] + 1,52 \left[ \frac{m}{s} \right] + 1,17 \left[ \frac{m}{s} \right] + 1,34 \left[ \frac{m}{s} \right]}{8}$$

$$v_{avg} = 1,73 \left[ \frac{m}{s} \right]$$

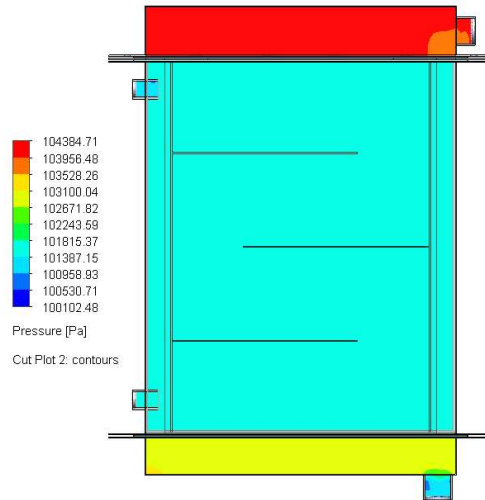
**POLITEKNIK  
NEGERI  
JAKARTA**

**Hak Cipta :**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

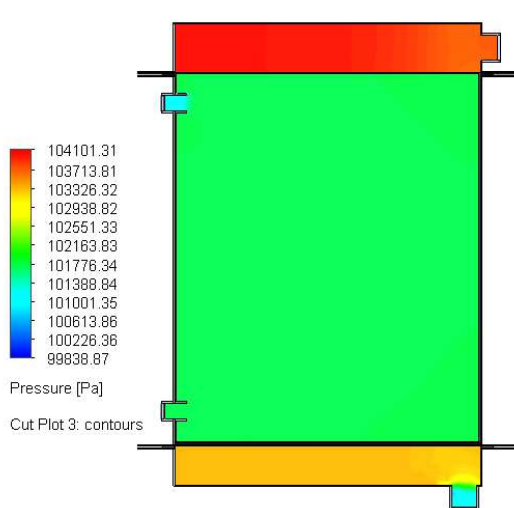
**Lampiran 3. Tampilan Kontur Simulasi Pressure Drop PHE .**

**1. Tampilan Kontur PHE Jarak Plat 1cm**



Gambar Kontur Pressure pada PHE Jarak Plat 1cm

**2. Tampilan Kontur PHE Jarak Plat 2cm**

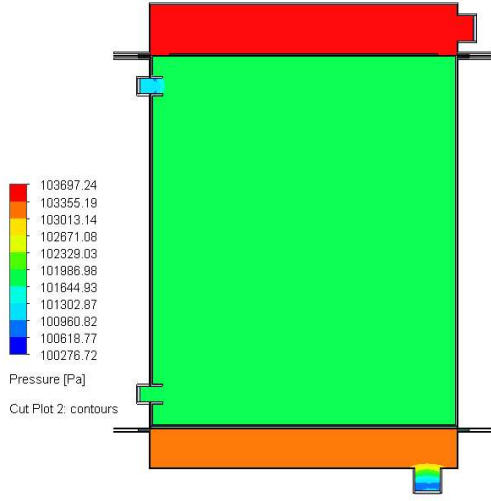


Gambar Kontur Pressure pada PHE Jarak Plat 2cm

**Hak Cipta :**

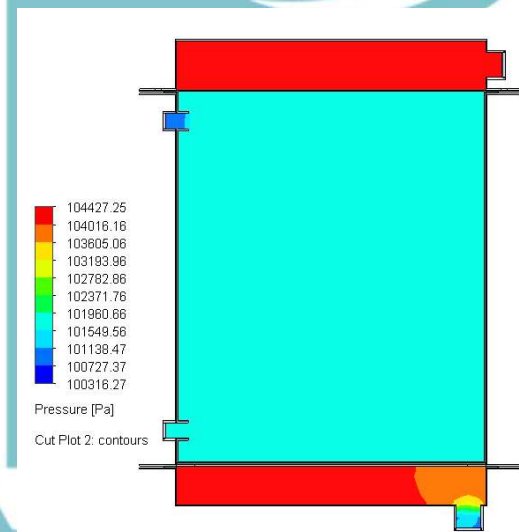
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

**3. Tampilan Kontur PHE Jarak Plat 3cm**



Gambar Kontur Pressure pada PHE Jarak Plat 3cm

**4. Tampilan Kontur PHE Jarak Plat 4cm**



Gambar Kontur Pressure pada PHE Jarak Plat 4cm

**Hak Cipta :**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

**5. Tampilan Kontur PHE Jarak Plat 5cm**



Gambar Kontur Pressure pada PHE Jarak Plat 5cm

POLITEKNIK  
NEGERI  
JAKARTA



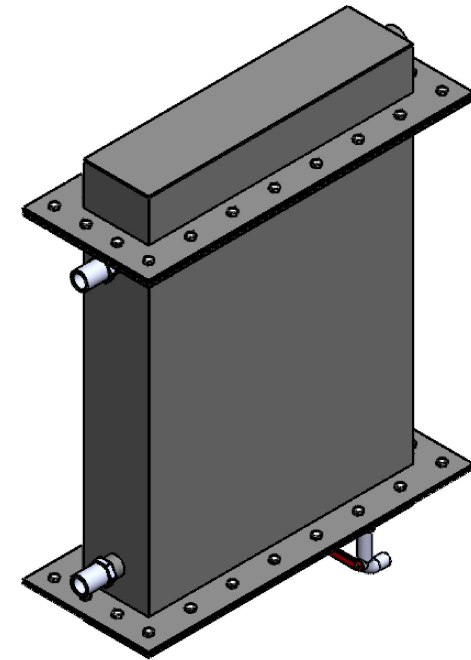
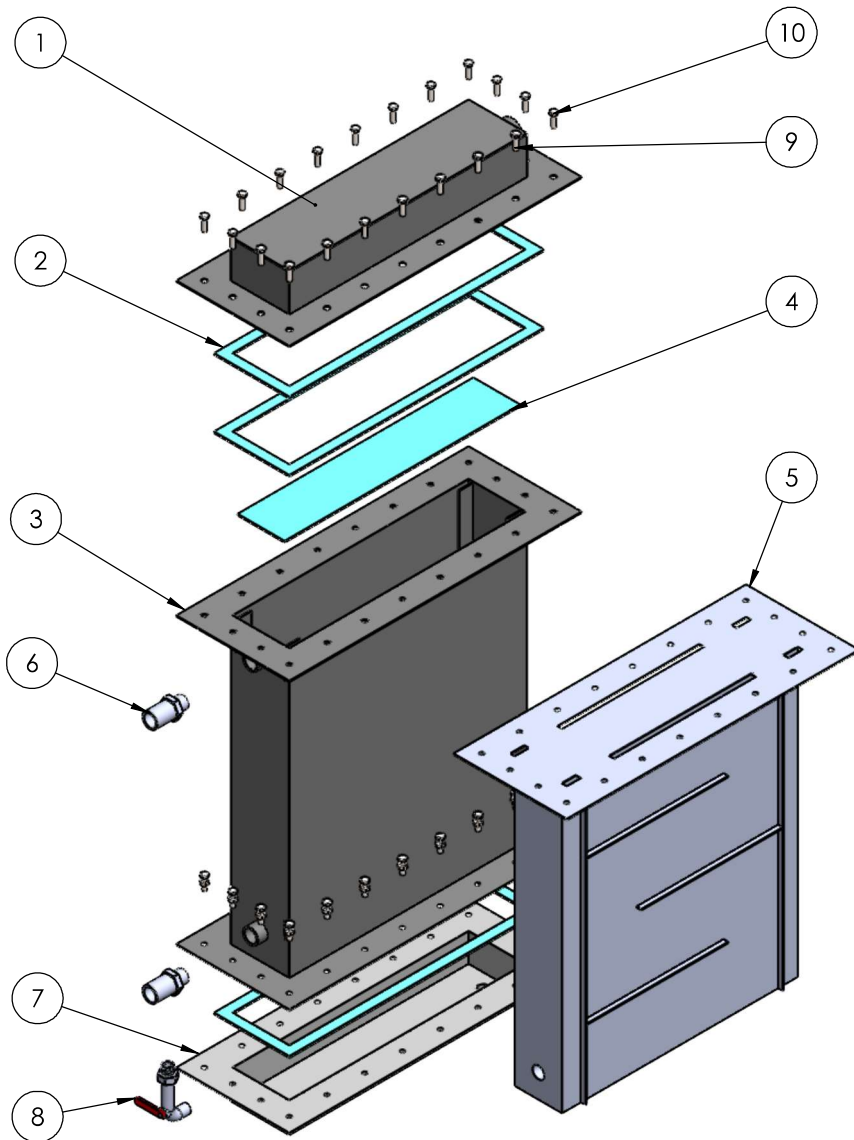
Lampiran 4. Desain Teknik *Plate Heat Exchanger*.

© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

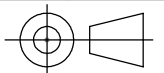
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta





40	Hex Nut	10	Besi	M8	Beli
40	Hex Bolt	9	Besi	M8	Beli
1	Valve	8	SS 304	1 inch	Beli
1	Bottom Caps	7	SS 304	PLAT SS 2mm	Dibuat
1	Nozzle	6	SS 304	1 inch	Dibuat
1	Water Tank	5	SS 304	PLAT SS 2mm	Dibuat
1	Gasket Bott. Watertank	4	Karet	Gasket 3mm	Dibuat
1	Housing	3	SS 304	PLAT SS 2mm	Dibuat
3	Gasket / Paking	2	Karet	Gasket 3mm	Dibuat
1	Smoke Inlet Head	1	SS 304	PLAT SS 2mm	Dibuat
<b>Jumlah</b>	<b>Nama Bagian</b>	<b>No. Bag</b>			

Desain Assembly Plate Heat Exchanger



*Explode View*

Digambar Faiz Irza R.

Diperiksa 1. Dr. Gun Gun  
2. Dr. A. Maksum

*Politeknik Negeri Jakarta*

*Lembar 1/11*