



© 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



PENENTUAN KONSEP DESAIN TERBAIK UNTUK ALAT PENUKAR KALOR TIPE *DOUBLE PIPE* DENGAN METODE CFD

LAPORAN TUGAS AKHIR

Oleh :
Noer Rizki Kurniawan
NIM. 2002311069

**PROGRAM STUDI D-III TEKNIK MESIN
JURUSAN TEKNIK MESIN
POLITEKNIK NEGERI JAKARTA
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



PENENTUAN KONSEP DESAIN TERBAIK UNTUK ALAT PENUKAR KALOR TIPE *DOUBLE PIPE* DENGAN METODE CFD

LAPORAN TUGAS AKHIR

Laporan ini disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan
Diploma III Program Studi D-III Teknik Mesin, Jurusan Teknik Mesin

Oleh :

Noer Rizki Kurniawan

NIM. 2002311069

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

**PROGRAM STUDI D-III TEKNIK MESIN
JURUSAN TEKNIK MESIN
POLITEKNIK NEGERI JAKARTA**

2023



“Untuk Bapak dan Mamah yang telah mendukung saya hingga saat ini”

© 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 satu 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 TUGAS AKHIR**

**PENENTUAN KONSEP DESAIN TERBAIK UNTUK
ALAT PENUKAR KALOR TIPE *DOUBLE PIPE*
DENGAN METODE CFD**

Oleh:

Noer Rizki Kurniawan

NIM. 2002311069

Program Studi DIII Teknik Mesin

Laporan Tugas Akhir telah disetujui oleh pembimbing

Pembimbing 1

Pembimbing 2

Candra Damis Widiawaty, S.TP., M.T.

NIP. 198201052014042001

Drs. Darius Yuhans, S.T., M.T.

NIP. 196002271986031003

Ketua Program Studi

DIII Teknik Mesin

Budi Yuwono, S.T.

NIP. 196306191990031002



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 PENGESAHAN
LAPORAN TUGAS AKHIR

PENENTUAN KONSEP DESAIN TERBAIK UNTUK
ALAT PENUKAR KALOR TIPE *DOUBLE PIPE*
DENGAN METODE CFD

Oleh:

Noer Rizki Kurniawan

NIM. 2002311069

Program Studi DIII Teknik Mesin

Telah berhasil dipertahankan dalam sidang Tugas Akhir dihadapan Dewan Penguji pada tanggal 09 Agustus tahun 2023 dan diterima sebagai persyaratan untuk memperoleh gelar Diploma III pada Program Studi DIII Teknik Mesin

Jurusan Teknik Mesin

DEWAN PENGUJI

No.	Nama	Posisi Penguji	Tanda Tangan	Tanggal
1	Ibu. Candra Damis Widiawaty, S.TP., M.T. NIP. 198201052014042001	Ketua		22/8 23
2	Bpk. Drs.Almahdi., M.T. NIP. 196001221987031002	Anggota		22/8 23
3	Bapak.Drs. Nugroho Eko Setijogiarto, Dipl.Ing., M.T NIP. 196512131992031001	Anggota		22/8 23

Depok, 09 Agustus 2023

Disahkan oleh:

Ketua Jurusan Teknik Mesin

Dr. Eng. Ir. Muslimin, 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 mengumumkan 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 : Noer Rizki Kurniawan

NIM : 2002311069

Program Studi : Diploma III Teknik Mesin

Menyatakan bahwa yang dituliskan di dalam Laporan Tugas Akhir ini adalah hasil karya sendiri dan bukan jiplakan (plagiasi) karya orang lain baik sebagian atau seluruhnya. Pendapat, gagasan, atau temuan orang lain yang terdapat di dalam Laporan Tugas Akhir telah saya kutip dan saya rujuk sesuai dengan etika ilmiah.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

Depok, 09 Agustus 2023



Noer Rizki Kurniawan

NIM. 2002311053



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 mengumumikan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

PENENTUAN KONSEP DESAIN TERBAIK UNTUK ALAT PENUKAR KALOR TIPE *DOUBLE PIPE* DENGAN METODE CFD

Noer Rizki Kurniawan¹, Candra Damis Widiawaty², Darius Yuhas²

¹Program Studi DIII Teknik Mesin, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta, Kampus UI Depok, 16424

²Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta, Kampus UI Depok 16424

Email: noerrizkikurniawan@gmail.com

ABSTRAK

DPHE merupakan alat penukar panas yang terdiri dari 2 pipa konsentris. Perancangan alat ini akan menggunakan 2 metode yaitu analitikal LMTD dan CFD lalu dibuat 2 konsep desain, konsep desain pertama berupa DPHE *horizontal* dan konsep desain kedua berupa DPHE dengan *hairpin*. Kedua konsep desain tersebut akan dibandingkan nilai *Thout*, *U*, *head loss*, *BOQ* dan luas alat. Spesifikasi teknis alat ini menggunakan pipa tembaga untuk *tube* dengan ukuran CTS ¾” untuk fluida panas (air), pipa PVC untuk *annulus* dengan ukuran 1- 1/2” sch 40 untuk fluida dingin (air), kecepatan volumetrik pompa (*Q*) pada *tube* 0,000347 [m³ /s] dan pada *annulus* 0,000555 [m³ /s], suhu fluida panas masuk sebesar 60 [°C] dan keluar 55 [°C], suhu fluida dingin masuk sebesar 25 [°C]. Hasil perancangan dengan metode analitikal LMTD didapat panjang DPHE 1,7 [m], *tcout* 28,087[°C], *head loss annulus* 0,0962 [m] dan *tube* 0,108 [m] dan *U* 1074,556 [W/m².k]. Dari metode CFD didapat *Thout* 55,395[°C], *tcout* 26,753 [°C], *head loss annulus* 0,082 [m] dan *tube* 0,118 [m] dan *U* 1073,792 [W/m².k] untuk konsep desain 1 lalu untuk konsep desain 2 *Thout* 56,094 [°C], *tcout* 26,525 [°C], *head loss annulus* 0,121 [m] dan *tube* 0,14 [m] dan *U* 1075,139 [W/m².k]. Nilai *BOQ* dan luas alat untuk konsep desain 1 adalah Rp 786.633,00 dan 0,83 [m²] lalu untuk konsep desain 2 adalah Rp 840.833,00 dan 0,405 [m²]. Lalu dilakukan *scoring* berdasarkan 5 parameter yang sudah ditentukan dan didapat konsep desain terbaik yaitu konsep desain 2 dengan total skor 3.

Kata kunci : *Heat exchanger*, *heat transfer*, mekanika fluida, metode analitikal LMTD, metode CFD



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 mengumumikan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

PERANCANGAN *DOUBLE PIPE HEAT EXCHANGER* DENGAN METODE ANALITIK DAN METODE *COMPUTATIONAL FLUID DYNAMICS (CFD)*

Noer Rizki Kurniawan¹⁾, Candra Damis Widiawaty²⁾, Darius Yuhast²⁾

¹⁾Program Studi DIII Teknik Mesin, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta, Kampus UI Depok, 16424

²⁾Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta, Kampus UI Depok 16424

Email: noerrizkikurniawan@gmail.com

ABSTRACT

DPHE is a heat exchanger consisting of 2 concentric pipes. The design of this device will employ 2 methods, namely the LMTD analytical method and CFD, and then 2 design concepts will be created. The first design concept is a horizontal DPHE, while the second design concept is a DPHE with a hairpin configuration. These two design concepts will be compared based on Thout value, U value, head loss, BOQ, and device area. The technical specifications of this device utilize copper pipes for the tubes with a size of CTS ¾" for the hot fluid (air), PVC pipes for the annulus with a size of 1-1/2" sch 40 for the cold fluid (air), pump volumetric velocity (Q) in the tube is 0.000347 [m³/s], and in the annulus is 0.000555 [m³/s]. The inlet temperature of the hot fluid is 60 [°C], and the outlet is 55 [°C], while the inlet temperature of the cold fluid is 25 [°C]. The design results using the LMTD analytical method yield a DPHE length of 1.7 [m], Thout 28.087 [°C], annulus head loss 0.0962 [m], tube head loss 0.108 [m], and U value 1074.556 [W/m²·K]. From the CFD method, Thout is 55.395 [°C], tcout is 26.753 [°C], annulus head loss is 0.082 [m], tube head loss is 0.118 [m], and U value is 1073.792 [W/m²·K] for design concept 1. For design concept 2, Thout is 56.094 [°C], tcout is 26.525 [°C], annulus head loss is 0.121 [m], tube head loss is 0.14 [m], and U value is 1075.139 [W/m²·K]. The BOQ value and device area for design concept 1 are Rp 786,633.00 and 0.83 [m²] respectively, while for design concept 2, they are Rp 840,833.00 and 0.405 [m²] respectively. Then, a scoring is performed based on 5 predetermined parameters, resulting in the best design concept being design concept 2 with a total score of 3.

Keywords: Heat exchanger, heat transfer, fluid mechanics, LMTD analytical method, CFD method



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 kehadiran Allah SWT, yang telah memberikan rahmat dan petunjuk serta karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul **“Perancangan Double Pipe Heat Exchanger Dengan Metode Analitik Dan Metode Computational Fluid Dynamics (CFD)”**. Tugas Akhir ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat dalam menyelesaikan studi Diploma III Program Studi D-III Teknik Mesin, Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta.

Penulisan Tugas Akhir ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis ingin menyampaikan terima kasih yang tiada terhingga kepada:

1. Bapak Dr. Eng. Ir. Muslimin, S.T., M.T., IWE. selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta.
2. Bapak Budi Yuwono, S.T. selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta.
3. Ibu Candra Damis Widiawaty, S.TP., M.T. selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir (TA) yang telah memberikan bimbingan dalam penyelesaian tugas akhir ini hingga selesai.
4. Bapak Drs. Darius Yuhas, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir (TA) yang telah memberikan bimbingan dalam penyelesaian tugas akhir ini.
5. Teman-teman kelas 6A Perancangan atas kerjasama dan bantuannya selama 2 tahun.
6. Orang tua penulis, yang telah memberi semangat kepada penulis untuk terus tetap berusaha hingga saat ini.

Depok, 09 Agustus 2023

Noer Rizki Kurniawan

NIM. 2002311069



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 ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSETUJUAN	iv
HALAMAN PENGESAHAN	iv
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
DAFTAR TABEL	xvii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang Masalah	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	2
1.3.1 Tujuan Umum.....	2
1.3.2 Tujuan Khusus	2
1.4 Batasan Masalah.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
1.6 Sistematika Penulisan Laporan Tugas Akhir	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1 Teori Perpindahan Panas	4
2.2 Mekanisme Perpindahan Panas	5
2.2.1 Konduksi.....	5
2.2.2 Radiasi	6
2.2.3 Konveksi	7
2.3 <i>Heat Exchanger</i>	8
2.3.1 <i>Double Pipe Heat Exchanger</i>	9
2.3.1.1 <i>Tube</i>	11
2.3.1.2 <i>Annulus</i>	11



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

2.3.1.3 Hairpin.....	13
2.3.1.4 Tee Pipe	13
2.3.1.5 90° elbow Elbow Long Radius.....	14
2.3.1.6 Female External Flat End Cap.....	15
2.3.1.6 Male Adapter	15
2.3.1.7 Removable Push To Connect Fitting	16
2.3.1.8 Insert Adapter	16
2.3.1.9 Pipa PVC Sch 40	17
2.3.1.10 Pipa Tembaga CTS	18
2.4 Internal Flow	18
2.5 Heat Balance	22
2.6 Temperatur Rata-Rata Fluida	22
2.7 Nusselt Number	22
2.8 Overall Coefficient Of Heat Transfer.....	23
2.9 LMTD	24
2.10 Mass Flow Rate	25
2.11 Luas Penampang DPHE	26
2.12 Heat Transfer Coefficient.....	26
2.13 Persentase Nilai	26
2.14 Tabel Properti Saturated Water.....	27
2.15 Input Data Untuk Simulasi CFD	27
BAB III METODE Pengerjaan Tugas Akhir	28
3.1 Diagram Alir Pengerjaan.....	28
3.2 Penjelasan Diagram Alir Pengerjaan.....	29
3.2.1 Identifikasi Masalah.....	29
3.2.2 Perumusan Masalah	29
3.2.3 Studi Pustaka	29
3.2.4 Parameter Desain	29
3.2.5 Desain Berdasarkan Metode Analitikal LMTD.....	29
3.2.6 Proses Simulasi.....	29



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

3.2.7 Analisis Hasil.....	29
3.2.8 Memilih Desain Terbaik Antara Konsep Desain 1 dan 2.....	30
3.3 Metode Pemecahan Masalah	30
3.3.1 Parameter Desain	30
3.3.2 Pengumpulan Data Melalui Studi Literatur.....	30
3.3.3 Parameter Pompa.....	32
3.3.4 Simulasi CFD dengan <i>Solidworks</i>	33
3.3.5 Penentuan Kriteria Konsep Desain.....	47
BAB IV PEMBAHASAN.....	49
4.1 Konsep Desain.....	49
4.1.1 Konsep Desain 1	49
4.1.2 Konsep Desain 2	49
4.2 Desain DPHE Berdasarkan Metode Analitikal LMTD	50
4.2.1 Metode Analitikal LMTD Bagian <i>Tube</i>	50
4.2.1.1 Menghitung (T_{avg}).....	50
4.2.1.2 Menghitung Luas Penampang Tube (A).....	51
4.2.1.3 Menghitung Kecepatan Aliran (v)	51
4.2.1.4 Menghitung Laju Massa (\dot{m}).....	51
4.2.1.5 Diameter Hidrolik (D_h).....	51
4.2.1.6 Menghitung Reynold Number (Re).....	52
4.2.1.7 <i>Nusselt number</i> (Nu).....	52
4.2.1.8 Mencari <i>Heat Transfer Coefficient</i> (h_{tube}).....	52
4.2.2 Metode Analitikal LMTD Bagian <i>Annulus</i>	52
4.2.2.1 Temperatur (t).....	52
4.2.2.2 Menghitung Luas Penampang Annulus (A_c).....	52
4.2.2.3 Menghitung Kecepatan Aliran (v)	53
4.2.2.4 Menghitung Laju Alir Massa (\dot{m})	53
4.2.2.5 Diameter Hidrolik (D_h).....	53
4.2.2.6 Menghitung Reynold Number (Re)	53
4.2.2.7 <i>Heat Balance</i> (\dot{Q}).....	54



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

4.2.2.8 Reynold Number (Re)	55
4.2.2.9 Nusselt number (Nu)	55
4.2.2.10 Mencari Heat Transfer Coefficient ($h_{annulus}$).....	55
4.2.3 Mencari Panjang DPHE.....	55
4.2.3.1 Mencari Overall Heat Transfer Coefficient (U)	55
4.2.3.2 Mencari LMTD.....	56
4.2.3.3 Luas Area Heat Transfer DPHE (A_s).....	56
4.2.3.4 Mencari Panjang DPHE (L).....	56
4.3 Perhitungan Pressure Drop dan Head Loss	57
4.3.1 Pressure Drop Pada Tube Konsep Desain 1 (Ukuran merujuk pada gambar 4.1).....	57
4.3.1.1 Relative Roughness	57
4.3.1.2 Darcy Friction Factor	57
4.3.1.3 Pressure drop mayor	57
4.3.2 Head Loss Pada Tube Pada Konsep Desain 1	57
4.3.2.1 Relative Roughness	57
4.3.2.2 Darcy Friction Factor	57
4.3.2.3 Head loss	58
4.3.3 Pressure Drop Pada Annulus Konsep Desain 1	58
4.3.3.1 Relative Roughness	58
4.3.3.2 Darcy Friction Factor	58
4.3.3.3 Sigma Loss Coefficient Fitting (Tee Pipe).....	58
4.3.3.4 Pressure Drop Mayor	58
4.3.3.5 Pressure Drop Minor.....	59
4.3.3.6 Pressure Drop Total	59
4.3.4 Head Loss Pada Annulus Konsep Desain 1	59
4.3.4.1 Relative Roughness	59
4.3.4.2 Darcy Friction Factor	59
4.3.4.3 Sigma Loss Coefficient Fitting (Tee Pipe).....	59
4.3.4.4 Head Loss Mayor.....	59
4.3.4.5 Head Loss Minor	60



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

4.3.4.6 <i>Head Loss Total</i>	60
4.5 Validasi Simulasi CFD Dengan Hasil Analitikal	60
4.5.1 Hasil Simulasi Konsep Desain 1.....	60
4.5.2 Hasil simulasi Konsep desain 2	63
4.7 Estimasi <i>Bill Of Quantity</i> (BOQ) Alat DPHE	66
4.8 Dimensi Alat DPHE	67
4.8.2 Dimensi Tempat DPHE Konsep Desain 1	67
4.8.1 Dimensi Tempat DPHE Konsep Desain 2.....	68
4.9 Tabel <i>Scoring</i> Konsep Desain DPHE.....	69
BAB V KESIMPULAN	70
5.1 Kesimpulan.....	70
5.2 Saran	71
DAFTAR PUSTAKA.....	72
LAMPIRAN.....	74
Lampiran 1 Tipe roda <i>trolley</i>	75
Lampiran 2 <i>U-Bolt clamp</i>	76
Lampiran 3 Perhitungan pressure drop dan head loss konsep desain 2	77
Lampiran 4 Perhitungan nilai U untuk simulasi konsep desain 1	82
Lampiran 5 Perhitungan nilai U untuk simulasi konsep desain 2	84
Lampiran 6 Perhitungan persentase nilai T_{Cour} konsep desain 1 & 2	86
Lampiran 7 Gambar Kerja.....	87

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 mengumumikan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Konduksi panas melewati dinding tebal Δx	6
Gambar 2. 2 Perpindahan panas secara radiasi	7
Gambar 2. 3 Perpindahan panas konveksi.....	8
Gambar 2. 4 Aliran paralel (atas) dan aliran counter flow (bawah)	10
Gambar 2. 5 Double Pipe Heat Exchanger parallel flow.....	10
Gambar 2. 6 Tube ditandai dengan warna coklat.....	11
Gambar 2. 7 Annulus.....	12
Gambar 2. 8 Rumus diameter hidrolik berdasarkan penampang	12
Gambar 2. 9 Satu hairpin	13
Gambar 2. 10 Tee pipe pada DPHE	14
Gambar 2. 11 Elbow long radius	14
Gambar 2. 12 Lapisan batas kecepatan fluida pada penampang pipa.....	18
Gambar 2. 13 Diagram moody.....	21
Gambar 2. 14 Loss coefficient fitting	21
Gambar 2. 15 Counter flow.....	24
Gambar 2. 16 Counter flow.....	25
Gambar 2. 17 Interface Solidworks.....	27
Gambar 3. 1 Diagram alir.....	28
Gambar 3. 2 Referensi pompa air	32
Gambar 3. 3 Interface Solidworks.....	33
Gambar 3. 4 3D Model alat yang disederhanakan bentuknya.....	34
Gambar 3. 5 Lokasi menu flow simulation.....	34
Gambar 3. 6 Lokasi menu create lids.....	35
Gambar 3. 7 Input nama file	35
Gambar 3. 8 Ubah satuan temperatur menjadi [$^{\circ}C$]	36
Gambar 3. 9 Centang pada bagian yang ditandai.....	36
Gambar 3. 10 Add fluid berupa water.....	36
Gambar 3. 11 Add material berupa copper	37
Gambar 3. 12 Klik next.....	37
Gambar 3. 13 Ubah temperatur ke 30 [$^{\circ}C$]	37
Gambar 3. 14 Klik finish	38
Gambar 3. 15 Lalu akan muncul computational domain.....	38
Gambar 3. 16 Section view pada benda	38
Gambar 3. 17 Klik kanan pada fluid subdomain lalu klik insert fluid subdomain	39
Gambar 3. 18 Klik surface dalam annulus.....	39
Gambar 3. 19 Sehingga muncul fluid subdomain dari annulus.....	39



© 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 mengumumikan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Gambar 3. 20 Ubah temperatur ke 25[°C]	40
Gambar 3. 21 Pilih surface dalam tube	40
Gambar 3. 22 Ubah temperatur tube ke 60 [°C].....	40
Gambar 3. 23 Klik kanan pada menu solid materials lalu pilih import data from model	41
Gambar 3. 24 Klik scan lalu klik import lalu silang	41
Gambar 3. 25 Klik kanan boundary condition lalu pilih inlet mass flow	41
Gambar 3. 26 Klik kanan pada permukaan luar lids lalu pilih select other.....	42
Gambar 3. 27 Pilih face lids bagian dalam untuk hot fluid inlet	42
Gambar 3. 28 Masukan nilai laju alir massa sesuai dengan perhitungan pada bagian tube lalu centang	42
Gambar 3. 29 Pilih face lids bagian dalam untuk Cold fluid inlet annulus.....	43
Gambar 3. 30 Ubah nilai laju alir massa sesuai perhitungan pada bagian annulus lalu centang.....	43
Gambar 3. 31 Beri pressure pada lubang outlet pada cold dan hot fluid.....	43
Gambar 3. 32 Klik kanan menu goals lalu pilih insert surface goals	44
Gambar 3. 33 Centang pada kotak Temperatur → Average	44
Gambar 3. 34 Pilih face dalam lids bagian outlet.Llakukan langkah yang sama untuk outlet hot dan cold fluid lalu centang.	45
Gambar 3. 35 Klik kanan menu goals lalu pilih insert equation goals.....	45
Gambar 3. 36 Masukan rumus untuk Delta 1 dan Delta 2,rumus dapat dilihat pada sub bab (2.9) lalu centang.....	45
Gambar 3. 37 Masukan rumus untuk LMTD,bisa dilihat pada sub bab (2.9) atau terlampir pada gambar diatas.	46
Gambar 3. 38 Klik tombol running	46
Gambar 3. 39 Software akan menyiapkan perhitungan pada model untuk dilakukan iterasi.....	46
Gambar 3. 40 Setelah iterasi muncul,anda dapat mengatur untuk menampilkan grafik perubahan suhu yang terjadi.Proses berlangsung hingga iterasi selesai..	47
Gambar 3. 41 Ini bentuk akhir dari grafik.Anda dapat membaca hasil akhir suhu pada kolom current value untuk dibandingkan dengan nilai dari analitik.....	47
Gambar 4. 1 DPHE konsep desain 1	49
Gambar 4. 2 DPHE konsep desain 2.....	50
Gambar 4. 3 Bentuk 3D model DPHE (kiri) dan DPHE yang bentuknya disederhanakan (kanan).....	60
Gambar 4. 4 Nilai-nilai suhu yang terjadi(atas),grafik suhu masuk dan keluar (tengah) dan gradien suhu pada alat DPHE (bawah).Desain pertama (gambar detail sisi inlet dan outlet).....	61



© 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

Gambar 4. 5 Nilai-nilai tekanan yang terjadi (atas),grafik pressure drop annulus dan tube (tengah) dan gradien tekanan pada alat DPHE (bawah).Desain pertama	62
Gambar 4. 6 Hasil nilai dari head loss (atas) dan grafik head loss (bawah)	62
Gambar 4. 7 Bentuk 3D model DPHE (kiri) dan DPHE yang bentuknya disederhanakan (kanan).Model kedua	63
Gambar 4. 8 Nilai-nilai suhu yang terjadi(atas),grafik suhu masuk dan keluar (tengah) dan gradien suhu pada alat DPHE (bawah).Model kedua	64
Gambar 4. 9 Nilai-nilai tekanan yang terjadi (atas),grafik pressure drop annulus dan tube (tengah) dan gradien tekanan pada alat DPHE (bawah).Model kedua	65
Gambar 4. 10 Hasil nilai dari head loss (atas) dan grafik head loss (bawah)	65
Gambar 4. 11 Dimensi tempat untuk DPHE konsep desain 1	67
Gambar 4. 12 Dimensi tempat untuk DPHE konsep desain 2	68





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 TABEL

Tabel 2. 1 <i>Ukuran tee pipe</i>	14
Tabel 2. 2 <i>Copper elbow-long radius 90°</i>	15
Tabel 2. 3 <i>Ukuran female external flat end cap</i>	15
Tabel 2. 4 <i>Ukuran male adapter</i>	16
Tabel 2. 5 <i>Standard ukuran removable push to connect fitting</i>	16
Tabel 2. 6 <i>Insert adapter</i>	17
Tabel 2. 7 <i>Tabel Ukuran Pipa PVC sch 40</i>	17
Tabel 2. 8 <i>Tabel Ukuran Pipa Copper standar CTS</i>	18
Tabel 2. 9 <i>Roughness material</i>	20
Tabel 2. 10 <i>Tabel konduktivitas termal material</i>	23
Tabel 2. 11 <i>Typical overall coefficient</i>	24
Tabel 2. 12 <i>Tabel untuk properti air dalam satuan SI</i>	27
Tabel 3. 1 <i>Parameter desain</i>	30
Tabel 3. 2 <i>Properti fluida</i>	31
Tabel 3. 3 <i>Properti pipa</i>	31
Tabel 3. 4 <i>Spesifikasi aktual pompa</i>	32
Tabel 3. 5 <i>Spesifikasi pompa yang akan dipakai</i>	33
Tabel 4. 1 <i>Properti fluida dingin</i>	54
Tabel 4. 2 <i>Perbandingan hasil simulasi CFD dan analitikal LMTD konsep desain 1</i>	63
Tabel 4. 3 <i>Hasil simulasi CFD konsep desain 2</i>	66
Tabel 4. 4 <i>BOQ DPHE</i>	66
Tabel 4. 5 <i>Luas tempat alat konsep desain 1</i>	67
Tabel 4. 6 <i>Luas tempat alat konsep desain 2</i>	68
Tabel 4. 7 <i>Parameter nilai scoring</i>	69
Tabel 4. 8 <i>Tabel scoring konsep desain</i>	69



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 mengumumikan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Heat transfer merupakan perpindahan energi akibat adanya perbedaan suhu antara dua tempat yang berbeda [1]. *Heat exchanger* merupakan sebuah alat yang digunakan untuk melakkan proses perpindahan panas fluida tanpa pencampuran langsung [2]. Alat penukar kalor *double pipe* dengan tipe aliran *counterflow* dianggap lebih cocok untuk pemulihan panas dalam industri di bidang perpindahan panas [3]. Laju perpindahan panas dalam penukar kalor tipe *double pipe* dapat ditingkatkan dengan menggunakan berbagai teknik peningkatan perpindahan panas, di antaranya menambahkan sirip pada permukaan luar *tube* dan mengubah material dari pipa dalam atau *tube* [4]. DPHE dapat dirancang menggunakan metode analitikal LMTD dan metode CFD.

Log Mean Temperature Difference (LMTD) adalah bentuk perbedaan suhu rata-rata yang dapat digunakan dalam analisis penukar panas. Di sini, ΔT_1 dan ΔT_2 mewakili perbedaan suhu antara air panas dan air dingin [5]. Seiring dengan berjalannya waktu berbagai software penunjang mulai bermunculan yang bertujuan membantu proses perancangan sebuah *heat exchanger*. Selain itu aplikasi-aplikasi ini juga berfungsi sebagai media validasi, apakah nilai-nilai perancangan yang telah dihitung sudah dinilai sesuai dengan hasil perhitungan simulasi ataupun bisa juga berlaku kebalikannya, apakah hasil simulasi yang dilakukan pada software sudah dinilai sesuai dengan hasil perancangan manual [6]. Dalam banyak bidang rekayasa modern, *computational fluids dynamics* (CFD) telah diadopsi sebagai metodologi untuk memecahkan masalah-masalah kompleks. CFD menjadi komponen kunci dalam mengembangkan desain terbaru dan optimisasi melalui simulasi komputasi, yang menghasilkan biaya operasional yang lebih rendah dan efisiensi yang lebih tinggi [7]. Simulasi CFD dilakukan melalui tiga tahapan, yaitu *pre processing*, *solving*, dan *post processing*.

Pada kajian penelitian sebelumnya, simulasi CFD hanya digunakan untuk simulasi, verifikasi, dan analisis kerja panas alat *heat exchanger*[8]. Tujuan



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

penelitian ini adalah untuk merancang alat penukar kalor tipe *double pipe* dengan menggunakan 2 metode, yaitu metode analitikal LMTD dan metode simulasi CFD. Setelah hasil simulasi CFD divalidasi dengan metode analitikal LMTD, kemudian konsep desain baru dirancang berdasarkan hasil dari metode CFD. *New Product Development* (NPD) merupakan salah satu langkah kunci dalam tahap awal dalam menentukan ide konsep desain terbaik dengan menentukan parameter sebagai penilaian antara konsep desain 1 dengan yang lainnya [9]. Data hasil simulasi CFD untuk konsep desain 1 dan konsep desain 2 digunakan sebagai parameter untuk memilih konsep desain terbaik. *Concept scoring* digunakan untuk mempertegas perbedaan diantara konsep-konsep yang akan dibandingkan. Pada tahap ini dilakukan pembobotan pada tingkat kepentingan relatif dari kriteria pemilihan dan difokuskan pada perbandingan yang lebih teliti terhadap masing-masing kriteria. Pada tahap ini pula ditentukan skala rating yang akan dipakai dalam menentukan skor bobot dari masing-masing kriteria pemilihan [10].

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah diatas, dapat dirumuskan masalah sebagai berikut :

1. Bagaimana proses perancangan desain *Double Pipe Heat Exchanger* secara analitikal LMTD.
2. Bagaimana cara menggunakan CFD sebagai metode untuk menentukan konsep desain alat penukar kalor tipe *double pipe* yang terbaik.

1.3 Tujuan Penelitian

1.3.1 Tujuan Umum

1. Sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan Program Diploma III Jurusan Teknik Mesin, Program Studi Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta.

1.3.2 Tujuan Khusus

1. Mengetahui proses dalam mendesain alat *Double Pipe Heat Exchanger* dengan metode analitikal LMTD.
2. Mengetahui proses dalam mendesain alat *Double Pipe 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

dengan simulasi CFD.

3. Memanfaatkan simulasi CFD untuk menentukan parameter desain terbaik.

1.4 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah pada tugas akhir kali ini adalah membahas sebagai berikut :

1. Fluida yang digunakan berupa air, baik fluida panas maupun dingin.
2. Tipe *Heat Exchanger* adalah *Double Pipe*.
3. Tipe aliran *counter flow*.
4. Perancangan fokus terhadap suhu keluar fluida panas dari $T_{h_{out}} = 55^{\circ}\text{C}$, nilai *head loss* dan nilai *U*.
5. Kondisi pada DPHE adalah adiabatik, dimana perpindahan panas terjadi pada sistem dalam saja dan mengabaikan faktor luar atau lingkungan.
6. Nilai temperatur masuk, temperatur keluar dan *LMTD* diasumsikan sama untuk metode analitik.
7. *Software* yang digunakan adalah *Solidworks*.
8. *Fouling factor* diabaikan.
9. Batas *BOQ* berdasarkan dari material.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat penelitian tugas akhir adalah sebagai berikut :

1. Menambah wawasan bagi peneliti dan pembaca tentang bagaimana cara mendesain *Double Pipe Heat Exchanger* dengan metode analitikal *LMTD*.
2. Menambah wawasan bagi peneliti dan pembaca tentang bagaimana cara mendesain *Double Pipe Heat Exchanger* dengan metode simulasi CFD.
3. Dapat menentukan konsep desain DPHE terbaik berdasarkan hasil simulasi CFD.

1.6 Sistematika Penulisan Laporan Tugas Akhir

1. Bab I Pendahuluan



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 satu 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

Menguraikan latar belakang pemilihan topik, perumusan masalah, tujuan umum dan tujuan khusus, batasan masalah, manfaat penulisan, serta sistematika penulisan tugas akhir

2. Bab 2 Tinjauan Pustaka

Memaparkan rangkuman kritis atau Pustaka untuk menunjang penyusunan penelitian, meliputi pembahasan topik yang akan dikaji.

3. Bab 3 Metodologi Pengerjaan Tugas Akhir

Menguraikan tentang metodologi, yaitu metode yang digunakan untuk menyelesaikan masalah/penelitian, meliputi diagram alir, penjelasan diagram alir, dan metode pemecahan masalah.

4. Bab 4 Hasil dan Pembahasan

Berisi tentang data yang didapat di lapangan, kemudian data tersebut diolah dan akan didapatkan hasil analisis serta pembahasannya.

5. Bab 5 Kesimpulan

Berisi kesimpulan dari seluruh hasil pembahasan. Isi kesimpulan harus menjawab permasalahan dan tujuan yang telah ditetapkan dalam tugas akhir.

**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 mengumumikan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

BAB V

KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil perancangan yang dilakukan diatas terkait perancangan alat penukar pada *Double Pipe Heat Exchanger* dapat disimpulkan bahwa :

- 1) Perancangan alat *Double Pipe heat Exchanger* dapat dilakukan dengan metode analitikal LMTD karena suhu masuk dan keluar fluida panas dan dingin diketahui,yaitu T_{hin} 60 [°C], T_{hout} 55 [°C], t_{cin} 25 [°C] dan t_{cout} 28,0879 [°C].Metode analitikal LMTD menghasilkan nilai geometri DPHE dengan panjang 1,7 [m], *head loss tube* 0,108 [m], *head loss annulus* 0,0962 [m] dan nilai U 1074,556 [W/m² .k].
- 2) Proses simulasi CFD diawali dengan *pre-processor,processor dan post processor*.*Pre-processor* meliputi pengaturan geometri dan pembangkitan grid serta kondisi operasional seperti temperatur dan laju massa.*Processor* merupakan proses iterasi yang dilakukan oleh *software*.*Post processor* merupakan analisis hasil dalam bentuk grafik,kontur dan vector.Lalu didapat nilai untuk konsep desain 1 dan 2 seperti *T_{hout}*,*head loss* dan nilai *overall heat transfer coefficient “U”*.Konsep desain 1 mendapatkan nilai *T_{hout}* 55,395 [°C],*head loss* 0,118 [m] dan *overall heat transfer coefficient* 1073,792 [W/m².k].Konsep desain 2 mendapatkan nilai *T_{hout}* 56,094 [°C],*head loss* 0,14 [m] dan *overall heat transfer coefficient* 1075,139 [W/m² .k].
- 3) Berdasarkan hasil simulasi CFD, konsep desain ke-2 adalah konsep desain terbaik karena nilai *T_{hout}* tidak lebih dari 10% yaitu 1,98%, nilai *head loss* tidak lebih dari 2,5 [m] yaitu 0,14 [m], nilai U berada pada rentang 1500-1000 [W/m² .k], dimensi tempat alat DPHE < 0,5 [m²] dan nilai BOQ < Rp 1.000.000,00.



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

5.2 Saran

Berdasarkan hasil perancangan diatas, disarankan agar menggunakan *software* khusus untuk analisis alat *Heat Exchanger* seperti HTRI karena untuk mendapatkan nilai U tidak dapat ditampilkan langsung oleh *solidworks* dan butuh beberapa tahapan untuk menemukan nilainya. Disarankan juga untuk melihat harga barang pada *market place*, karena harga akan berubah seiring berjalannya waktu dan menghitung kembali beban statis pada tempat untuk alat DPHE.





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] Alif Gita Arumsari and Petrus Junake Ginting, “Analysis of Heat Transfer Coefficient of Shell and Tube on Heat Exchanger Using Heat Transfer Research Inch (HTRI) Software,” *Formosa J. Sustain. Res.*, vol. 2, no. 5, pp. 1175–1184, 2023, doi: 10.55927/fjsr.v2i5.4271.
- [2] S. S. Alwashdeh, H. Ammari, M. A. Madanat, and A. M. Al-Falahat, “The Effect of Heat Exchanger Design on Heat transfer Rate and Temperature Distribution,” *Emerg. Sci. J.*, vol. 6, no. 1, pp. 128–137, 2022, doi: 10.28991/ESJ-2022-06-01-010.
- [3] B. Venkatesh *et al.*, “Design Optimization of Counter-Flow Double-Pipe Heat Exchanger Using Hybrid Optimization Algorithm,” *Processes*, vol. 11, no. 6, p. 1674, 2023, doi: 10.3390/pr11061674.
- [4] T. Venkateshan, C. Gokulan, K. Sabarish, K. S. Raj, and V. Jawaharsuriya, “FABRICATION AND ANALYSIS OF DOUBLE PIPE HEAT EXCHANGER WITH TWISTED TAPES,” vol. 10, no. 5, pp. 413–428, 2023.
- [5] M. A. Almeshaal and K. Choubani, “Using the Log Mean Temperature Difference (LMTD) and ϵ -NTU Methods to Analyze Heat and Mass Transfer in Direct Contact Membrane Distillation,” *Membranes (Basel)*, vol. 13, no. 6, p. 588, 2023, doi: 10.3390/membranes13060588.
- [6] R. A. H. Akbar, “Institut Teknologi Indonesia Semester Ganjil 2022/2023 Laporan Penelitian Institut Teknologi Indonesia,” *Skripsi*, 2023.
- [7] E. I. Basri, A. A. Basri, and K. A. Ahmad, “Computational Fluid Dynamics Analysis in Biomimetics Applications: A Review from Aerospace Engineering Perspective,” *Biomimetics*, vol. 8, no. 3, 2023, doi: 10.3390/biomimetics8030319.
- [8] C. Damis Widiawaty, R. Gunadi, and D. A. Syuriadi, “PEMODELAN DAN ANALISIS KINERJA SHELL AND TUBE HEAT EXCHANGER DENGAN METODE CFD,” 2017.



© 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

- [9] J. Cheng, Shuo Ying ;Yai, Lai li;Kwai, Sang Chin;Hong, Tai Yang;Xu, “A new product development concept selection approach based on cumulative prospect theory and hybrid-information MADM,” 2018, [Online]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0360835218302304>
- [10] “Seleksi Konsep Produk,” 2017. <http://xindustri.blogspot.com/2017/08/seleksi-konsep-produk.html>
- [11] G. CENGEL A, YUNUS;AFSHIN J, *HEAT AND MASS TRANSFER.FUNDAMENTALS & APPLICATION*, no. 1. 2004.
- [12] F. Dzulqornain, “Prinsip Kerja heat Exchanger,” 2015. <https://www.insinyoer.com/prinsip-kerja-heat-exchanger/>
- [13] D Q Kern, “Process Heat Transfer.” 1983.
- [14] R. TOWLER,GAVIN;SINNOT, *CHEMICAL ENGINEERING DESIGN.PRICIPLE,PRACTICE AND ECONOMICS OF PLANT AND PROCESS DESIGN*, no. 1. 2004.

POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA

LAMPIRAN



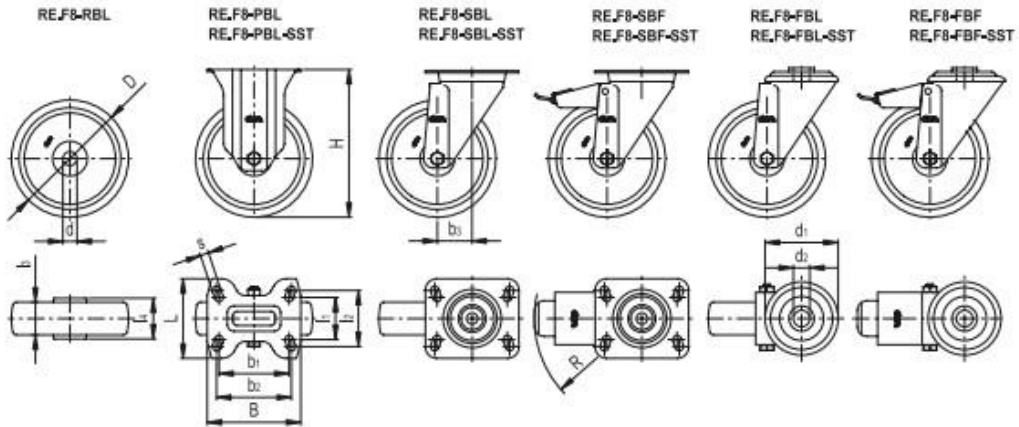
© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

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 satu 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 1 Tipe roda *trolley*



450681	RE.FB-065-FBL	65	12	30	-	100	-	-	-	-	-	39	-	73	12	-	900	1200	520
450683	RE.FB-080-FBL	80	12	30	-	107	-	-	-	-	-	39	-	73	12	-	1500	1800	535
450685	RE.FB-100-FBL	100	12	30	-	128	-	-	-	-	-	35	-	73	12	-	1750	2000	555
450687	RE.FB-125-FBL	125	15	38	-	156	-	-	-	-	-	37	-	73	12	-	2000	2200	850
450689	RE.FB-150-FBL	150	20	45	-	188	-	-	-	-	-	56	-	102	20	-	2500	3000	1570

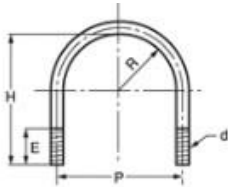
Sumber : <https://www.eles-ganter.com/static/technicaldata/files/Castors and Wheels TD EN.pdf>

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 satu 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 2 U-Bolt clamp



Unit: mm

Screw Nominal Length (d)	Steel Pipe Outer Diameter	R	M6			M8			M10			M12			M16			M20		
			P	H	E	P	H	E	P	H	E	P	H	E	P	H	E			
For 8A 1/4"	13.8	7.5	21	27	15															
For 10A 3/8"	17.3	9.5	25	33	18	27	38	24	28	43	28									
For 15A 1/2"	21.7	12	29.5	36	18	31	42	24	34	46	30									
For 20A 3/4"	27.2	15	34	42	18	37	48	24	40	51	30									
For 25A 1"	34.0	18	41	49	25	44	54	25	46	59	30	48	68	35						
For 32A 1 1/4"	42.7	23	50.5	57	25	52	62	30	56	68	30	57	70	35						
For 40A 1 1/2"	48.6	26	57	68	25	59	67	30	62	74	30	63	81	35						
For 50A 2"	60.5	32	70	80	30	72	80	30	74	85	30	76	90	35						
For 65A 2 1/2"	76.3	40	84	96	30	86	96	30	88	107	35	90	107	45						
For 80A 3"	89.1	46	97	107	30	99	109.5	30	101	117	35	103	119	45						
For 90A 3 1/2"	101.6	52							115	132	35	116	131	45						
For 100A 4"	114.3	59							126	145	35	129	150	45	134	151	60			
For 125A 5"	139.8	72							152	175	40	154	175	45	160	175	60			
For 150A 6"	165.2	85							180	200	40	182	200	45	186	202	60	189	205	70
For 200A 8"	216.3	111										232	252	45	236	254	60	239	263	70
For 250A 10"	267.4	137										282	307	50	286	308	60	289	315	70
For 300A 12"	318.5	162										332	360	50	341	368	70	344	371	80
For 350A 14"	355.6	181													376	401	70	377	403	80
For 400A 16"	406.4	207													426	454	70	429	455	80
For 450A 18"	457.2	233													478	508	75	481	507	80
For 500A 20"	508.0	259													529	560	80	532	560	80

Sumber : <https://in.misumi-ec.com/vona2/detail/221004997116/>



- Hak Cipta :**
- Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan satu masalah.
 - Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
 - Dilarang mengummikan 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

Lampiran 3 Perhitungan pressure drop dan head loss konsep desain 2

Relative Roughness

$$\begin{aligned} &= \frac{\epsilon}{D_h} \\ &= \frac{0,0015 \text{ [mm]}}{18 \text{ [mm]}} \\ &= 0,0000833 \end{aligned}$$

Gunakan nilai *Relative roughness* untuk mencari *Darcy friction factor* menggunakan *moody chart* pada gambar (2.13).

Darcy Friction Factor

$$f = 0,03$$

Sigma Loss Coefficient Fitting (Tee Pipe)

$$\begin{aligned} \Sigma KL &= \text{Jumlah fitting} \times \text{loss coefficient} \\ &= (4) \times (1,0) \\ &= 4 \end{aligned}$$

Loss coefficient fitting di dapat dari jenis fitting *Tee (branch flow) flanged* dengan $K_L = (1,0)$, dapat dilihat pada gambar (2.14).

Pressure Drop Mayor

$$\begin{aligned} \Delta P_{L1} &= f \frac{L}{D} \frac{\rho \cdot V_{avg}^2}{2} \\ &= 0,03 \frac{1,734 \text{ [m]}}{0,018 \text{ [m]}} \frac{(996,8 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}) \cdot (0,6256 \frac{\text{m}}{\text{s}})^2}{2} \\ &= 563,727 \text{ [kg/m.s}^2\text{]} \end{aligned}$$

Pressure Drop Minor

$$\begin{aligned} \Delta P_{L2} &= \Sigma KL \frac{\rho \cdot V_{avg}^2}{2} \\ &= 4 \frac{(996,8 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}) \cdot (0,6256 \frac{\text{m}}{\text{s}})^2}{2} \\ &= 780,245 \text{ [kg/m.s}^2\text{]} \end{aligned}$$



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

Pressure Drop Total

$$\begin{aligned} \Sigma \Delta P_L &= \Delta P_{L1} + \Delta P_{L2} \\ &= 563,727 \text{ [kg/m.s}^2\text{]} + 780,245 \text{ [kg/m.s}^2\text{]} \\ &= 1343,972 \text{ [Pa]} \end{aligned}$$

Head Loss Pada Annulus Konsep Desain 2

Relative Roughness

$$\begin{aligned} &= \frac{\epsilon}{D_h} \\ &= \frac{0,0015 \text{ [mm]}}{18 \text{ [mm]}} \\ &= 0,0000833 \end{aligned}$$

Gunakan nilai *Relative roughness* untuk mencari *Darcy friction factor* menggunakan *moody chart* pada gambar (2.13).

Darcy Friction Factor

$f = 0,03$

Sigma Loss Coefficient Fitting (Tee Pipe)

$$\begin{aligned} \Sigma K_L &= \text{Jumlah fitting} \times \text{loss coefficient} \\ &= (4) \times (1,0) \\ &= 4 \end{aligned}$$

Loss coefficient fitting di dapat dari jenis fitting Tee (branch flow) flanged dengan $K_L = (1,0)$, dapat dilihat pada gambar (2.14).

Head Loss Mayor

$$\begin{aligned} h_{L1} &= f \frac{L}{D} \frac{V_{avg}^2}{2g} \\ &= 0,03 \frac{1,734 \text{ [m]}}{0,018 \text{ [m]}} \frac{(0,6256 \text{ [m/s]}^2)}{(2) \cdot (9,8 \text{ [m/s}^2\text{]})} \\ &= 0,057 \text{ [m]} \end{aligned}$$



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 mengummikan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Head loss Minor

$$\begin{aligned} h_{L2} &= \Sigma KL \frac{v_{avg}^2}{2g} \\ &= 4 \frac{(0,6256 \frac{[m]}{s})^2}{(2) \cdot (9,8 \frac{[m]}{s^2})} \\ &= 0,079 [m] \end{aligned}$$

Head loss Total

$$\begin{aligned} \Sigma h_L &= \Delta h_{L1} + \Delta h_{L2} \\ &= 0,057 [m] + 0,079 [m] \\ &= 0,136 [m] \end{aligned}$$

Pressure Drop Pada Tube Konsep Desain 2

Relative Roughness

$$\begin{aligned} &= \frac{\epsilon}{D_h} \\ &= \frac{0,0015 [mm]}{19,9 [mm]} \\ &= 0,0000753 \end{aligned}$$

Gunakan nilai *Relative roughness* untuk mencari *Darcy friction factor* menggunakan *moody chart* pada gambar (2.13).

Darcy Friction Factor

$$f = 0,02$$

Sigma Loss Coefficient Fitting (90° Elbow)

$$\begin{aligned} \Sigma KL &= \text{Jumlah fitting} \times \text{loss coefficient} \\ &= (2) \times (0,3) \\ &= 0,6 \end{aligned}$$

Pressure Drop Mayor

$$\Delta P_{L1} = f \frac{L}{D} \frac{\rho \cdot v_{avg}^2}{2}$$



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

$$= 0,02 \frac{1,9 [m]}{0,0199 [m]} \frac{(984,25 \frac{kg}{m^3}) \cdot (1,117 \frac{m}{s})^2}{2}$$
$$= 1172,498 [kg/m.s^2]$$

Pressure Drop Minor

$$\Delta P_{L2} = \Sigma KL \frac{\rho \cdot V^2_{avg}}{2}$$
$$= 0,6 \frac{(984,25 \frac{kg}{m^3}) \cdot (1,117 \frac{m}{s})^2}{2}$$
$$= 368,411 [kg/m.s^2]$$

Pressure Drop Total

$$\Sigma \Delta P_L = \Delta P_{L1} + \Delta P_{L2}$$
$$= 1172,498 [kg/m.s^2] + 368,411 [kg/m.s^2]$$
$$= 1540,909 [Pa]$$

Head Loss Pada Tube Konsep Desain 2

Relative Roughness

$$= \frac{\epsilon}{D_h}$$
$$= \frac{0,0015 [mm]}{19,9 [mm]}$$
$$= 0,0000753$$

Gunakan nilai *Relative roughness* untuk mencari *Darcy friction factor* menggunakan *moody chart* pada gambar (2.13).

Darcy Friction Factor

$$f = 0,02$$

Sigma Loss Coefficient Fitting (90° Elbow)

$$\Sigma KL = \text{Jumlah fitting} \times \text{loss coefficient}$$
$$= (2) \times (0,3)$$
$$= 0,6$$



© 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

Head loss Mayor

$$\begin{aligned}h_{L1} &= f \frac{L}{D} \frac{V_{avg}^2}{2g} \\&= 0,02 \frac{1,9 [m]}{0,0199 [m]} \frac{(1,117 \left[\frac{m}{s} \right]^2)}{(2) \cdot (9,8 \left[\frac{m}{s^2} \right])} \\&= 0,121 [m]\end{aligned}$$

Head loss Minor

$$\begin{aligned}h_{L2} &= \Sigma KL \frac{V_{avg}^2}{2g} \\&= 0,6 \frac{(1,117 \left[\frac{m}{s} \right]^2)}{(2) \cdot (9,8 \left[\frac{m}{s^2} \right])} \\&= 0,038 [m]\end{aligned}$$

Head loss Total

$$\begin{aligned}\Sigma h_L &= \Delta h_{L1} + \Delta h_{L2} \\&= 0,121 [m] + 0,038 [m] \\&= 0,159 [m]\end{aligned}$$



Lampiran 4 Perhitungan nilai U untuk simulasi konsep desain 1

Tavg annulus 25.8988 °C
 Tavg tube 57.6976 °C

Simbol	Satuan	Cold fluid (t _{avg})
ρ	[kg/m ³]	996,8
C_p	[J/kg. °C]	4179,6
k	[W/m.K]	0,608
μ	[kg/m.s]	0,000876
Pr		6,02

Simbol	Satuan	Hot fluid (T _{avg})
ρ	[kg/m ³]	984,2
C_p	[J/kg. °C]	4184
k	[W/m.K]	0,651
μ	[kg/m.s]	0,000485
Pr		3,114

$$Re_{annulus} = \frac{\left(996,8 \frac{kg}{m^3}\right) \cdot \left(0,6256 \frac{m}{s}\right) \cdot (0,0181 [m])}{0,000876}$$

$$Re_{annulus} = 12884 \rightarrow \text{Turbulen}$$

$$Nu_{annulus} = (0,023) \cdot (12884)^{0,8} \cdot (6,02)^{0,3}$$

$$Nu_{annulus} = 76,512$$

$$h_{annulus} = (76,512) \cdot ((0,608 [W/m.k]) / (0,0181 [m]))$$

$$h_{annulus} = 2570,126 [W/m^2.K]$$

$$Re_{tube} = \frac{\left(984,2 \frac{kg}{m^3}\right) \cdot \left(1,117 \frac{m}{s}\right) \cdot (0,0199 [m])}{0,000485}$$

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 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

$$Re_{tube} = 45107 \rightarrow \text{Turbulen}$$

$$Nu_{tube} = (0,023).(45107)^{0,8}.(3,11)^{0,3}$$

$$Nu_{tube} = 171,048$$

$$h_{tube} = (171,048).((0,651 \text{ [W/m.k]})/(0,0199 \text{ [m]}))$$

$$h_{tube} = 5595,59 \text{ [W/m}^2\text{.K]}$$

$$\frac{1}{U} = \frac{1}{2570,126 \left[\frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{.k}} \right]} + \frac{0,0482 \text{ [m]} \cdot \ln \left(\frac{0,0482 \text{ [m]}}{0,0199 \text{ [m]}} \right)}{390 \left[\frac{\text{W}}{\text{m} \cdot \text{k}} \right]} + \frac{0,0482 \text{ [m]}}{0,0199 \text{ [m]}} \cdot \frac{1}{5595,59 \text{ [W/m}^2\text{.K]}}$$

$$U = 1073,792 \text{ [W/m}^2\text{.K]}$$



POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA

Lampiran 5 Perhitungan nilai U untuk simulasi konsep desain 2

Tavg annulus 25.7625 °C
Tavg tube 58.0473 °C

Simbol	Satuan	Cold fluid (t _{avg})
ρ	[kg/m ³]	996,8
C_p	[J/kg.°C]	4179,7
k	[W/m.K]	0,608
μ	[kg/m.s]	0,000878
Pr		6,03

Simbol	Satuan	Hot fluid (T _{avg})
ρ	[kg/m ³]	984,06
C_p	[J/kg.°C]	4184,2
k	[W/m.K]	0,652
μ	[kg/m.s]	0,000482
Pr		3,09

$$Re_{annulus} = \frac{\left(996,8 \frac{kg}{m^3}\right) \cdot \left(0,6256 \frac{m}{s}\right) \cdot (0,0181 [m])}{0,000878}$$

$$Re_{annulus} = 12855 \rightarrow Turbulen$$

$$Nu_{annulus} = (0,023) \cdot (12855)^{0,8} \cdot (6,03)^{0,3}$$

$$Nu_{annulus} = 76,397$$

$$h_{annulus} = (76,397) \cdot ((0,608 [W/m.k]) / (0,0181 [m]))$$

$$h_{annulus} = 2566,263 [W/m^2.K]$$

$$Re_{tube} = \frac{\left(984,06 \frac{kg}{m^3}\right) \cdot \left(1,117 \frac{m}{s}\right) \cdot (0,0199 [m])}{0,000482}$$

$$Re_{tube} = 45381 \rightarrow Turbulen$$

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 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 mengummikan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

$$Nu_{tube} = (0,023).(45381)^{0,8}.(3,09)^{0,3}$$

$$Nu_{tube} = 171,48$$

$$h_{tube} = (171,48).((0,652 [W/m.k])/(0,0199 [m]))$$

$$h_{tube} = 5618,339 [W/m^2.K]$$

$$\frac{1}{U} = \frac{1}{2566,263[\frac{W}{m^2.k}]} + \frac{0,0482[m].\ln(\frac{0,0482[m]}{0,0199[m]})}{390[\frac{W}{m.k}]} + \frac{0,0482[m]}{0,0199[m]} \cdot \frac{1}{5618,339 [W/m^2.K]}$$

$$U = 1075,139 [W/m^2.K]$$



POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Lampiran 6 Perhitungan persentase nilai T_{cout} konsep desain 1 & 2

A) Konsep desain 1

$$\frac{55,395-55}{55} \times 100\% = 0,71 \%$$

A) Konsep desain 1

$$\frac{56,094-55}{55} \times 100\% = 1,98 \%$$



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 milik Politeknik Negeri Jakarta

Lampiran 7 Gambar Kerja

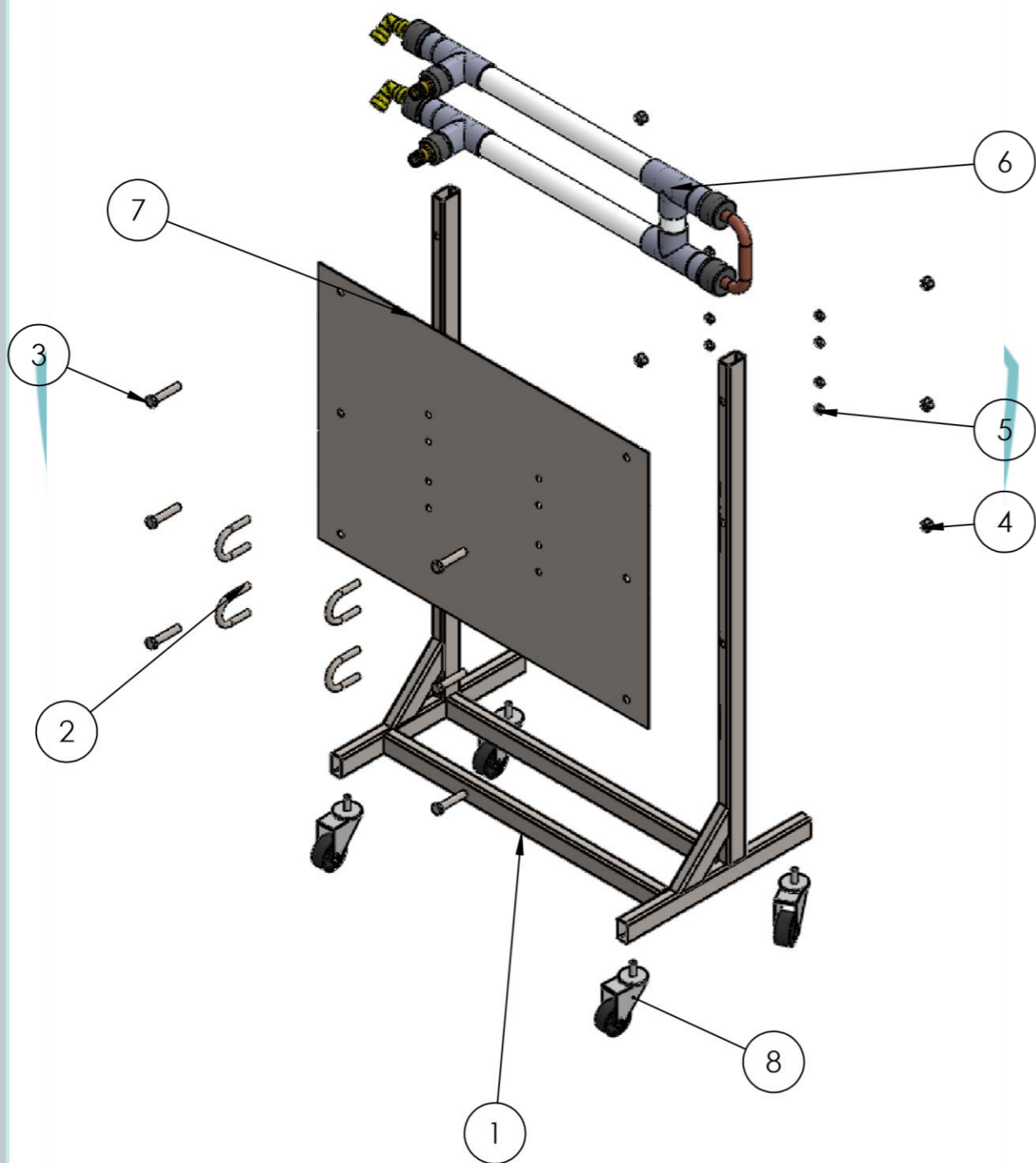


Hak Cipta :

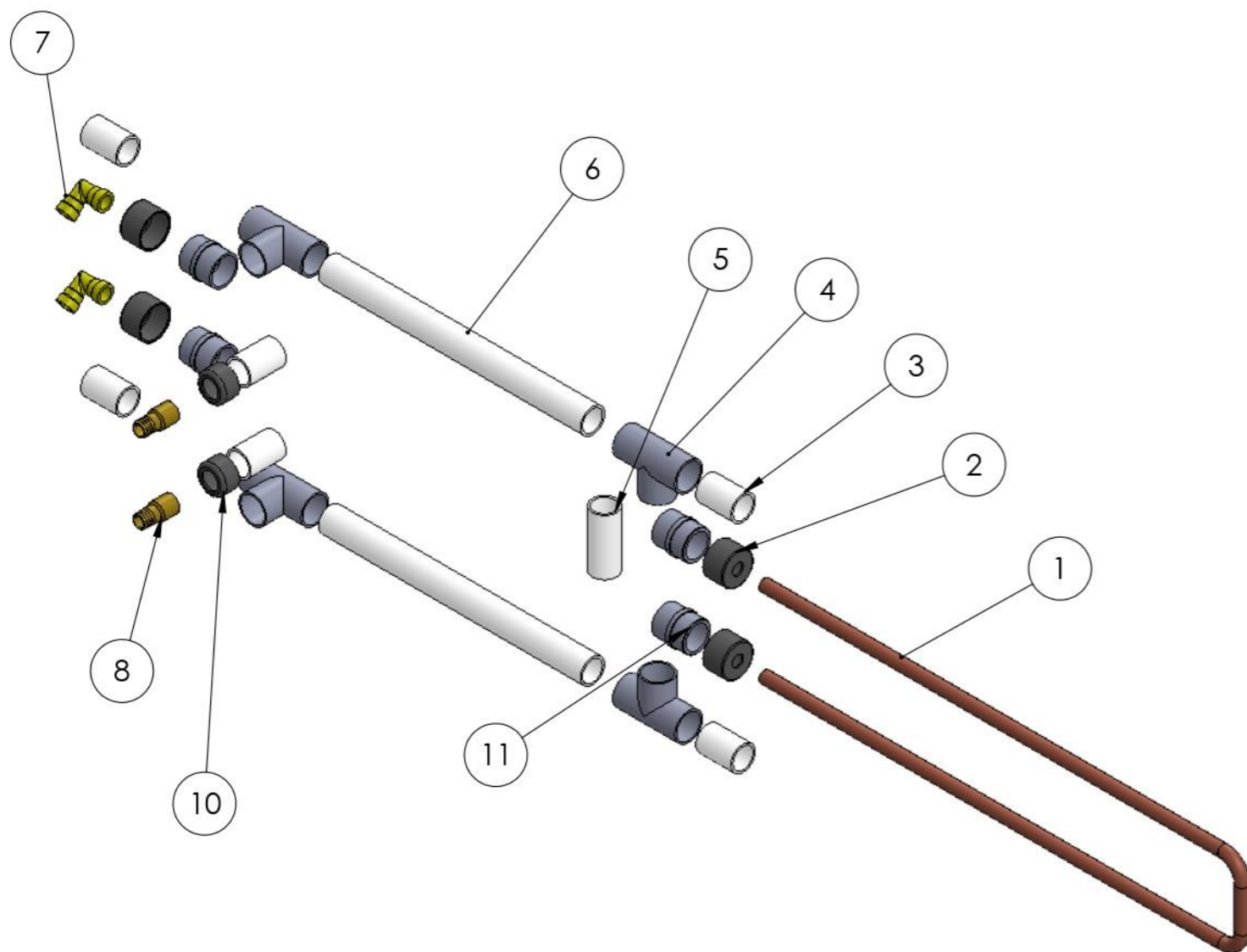
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan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

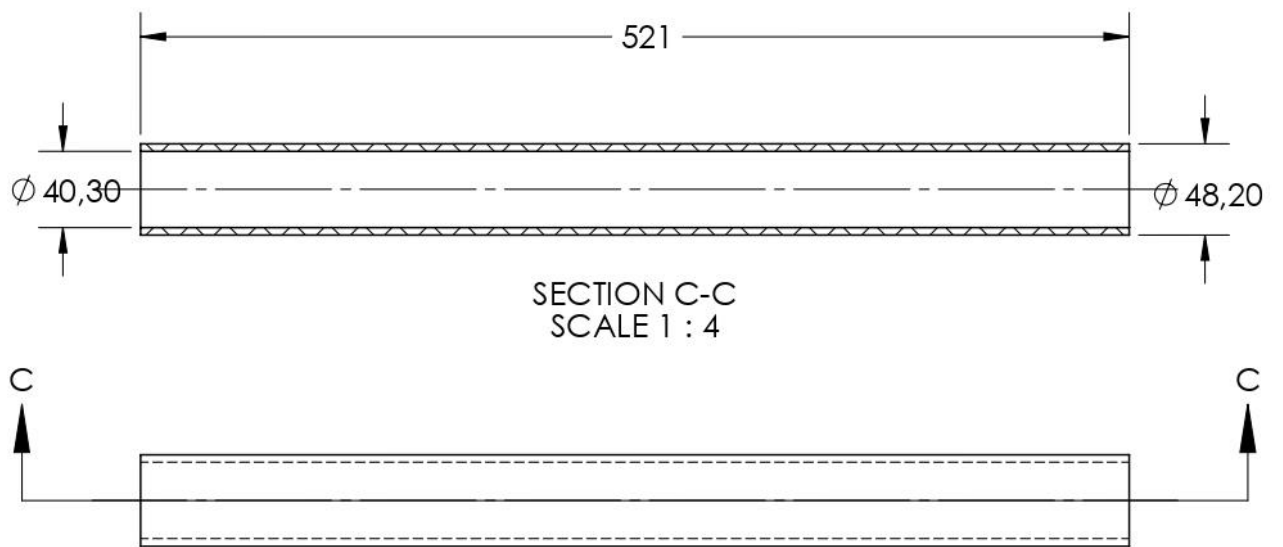


	4	RODA TROLLEY	8	-	RE.F8-065-FBL	DIBELI
	1	PLATE	7	ALLOY STEEL	900x650	DIBUAT
	1	SUB ASSEMBLY DPHE	6	-	850x81.30	DIBUAT
	4	HEX NUT JAM	5	CARBON STEEL	M12	DIBELI
	6	HEX NUT	4	CARBON STEEL	M14	DIBELI
	6	HEX CAP SCREW	3	CARBON STEEL	M14	DIBELI
	2	U BOLT CLAMP	2	SS	40A 1-1/2	DIBELI
	1	FRAME	1	SS	810x500x1225	DIBUAT
	<i>Jumlah</i>	<i>Nama Bagian</i>	<i>No.Bag</i>	<i>Bahan</i>	<i>Ukuran</i>	<i>Keterangan</i>
III	II	I	Perubahan:			
			FULL ASSEMBLY DPHE			
			Digambar	24/7/23	Noer	
			Diperiksa			
POLITEKNIK NEGERI JAKARTA					LEMBAR 1/8	A3



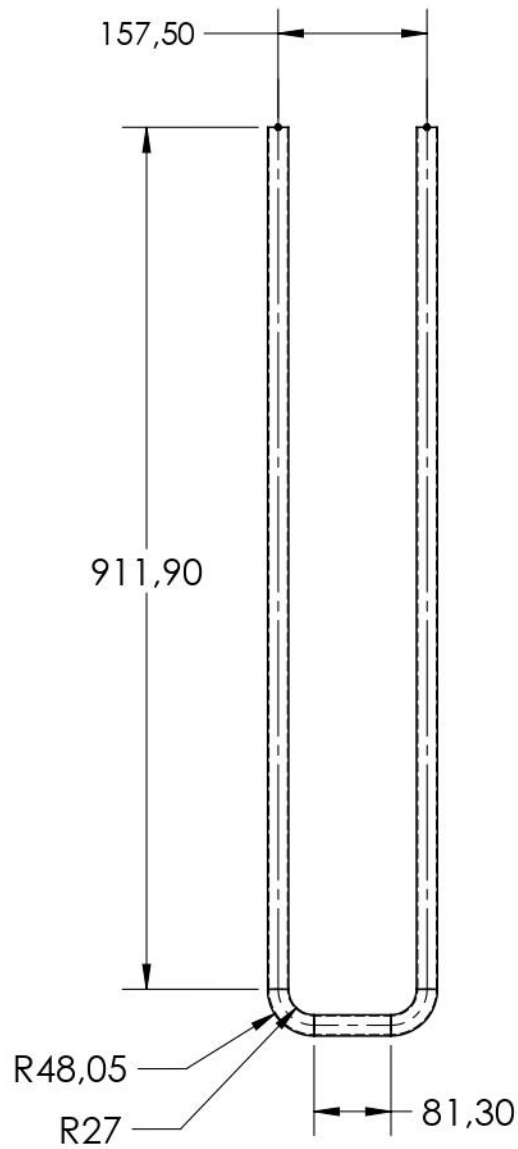
		4	MALE ADAPTER	10	PVC	1-1/2"	DIBELI	
		2	FLAT END CAP	9	PVC	1-1/2"	DIBELI	
		2	INSERT ADAPTER	8	BRASS	3/4"	DIBELI	
		2	PUSH TO CONNECT	7	BRASS	3/4"	DIBELI	
		1	PIPA ANNULUS	6	PVC	1-1/2"x521	DIBUAT	
		1	PIPA PENYAMBUNG 2	5	PVC	1-1/2"x110.44	DIBUAT	
		4	TEE PIPE	4	PVC	1-1/2"	DIBELI	
		6	PIPA PENYAMBUNG 1	3	PVC	1-1/2"x70	DIBUAT	
		4	Female external flat end cap	2	PVC	1-1/2"	DIBELI	
		1	U-SHAPE TUBE	1	COPPER	3/4"x1800	DIBUAT	
		<i>Jumlah</i>	<i>Nama Bagian</i>	<i>No.Bag</i>	<i>Bahan</i>	<i>Ukuran</i>	<i>Keterangan</i>	
III	II	I	<i>Perubahan:</i>					
			SUB ASSEMBLY DPHE			Skala	Digambar 24/7/23	
					1:9	Diperiksa	Noer	
			POLITEKNIK NEGERI JAKARTA			LEMBAR 2/8		
							A3	

Ukuran Toleransi Umum	
Ukuran	Toleransi
3-6	± 0.1
6-30	± 0.2
30-120	± 0.3
120-315	± 0.5
315-1000	± 0.8



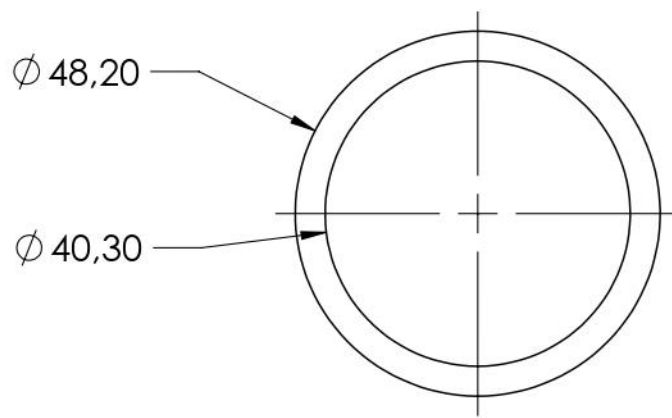
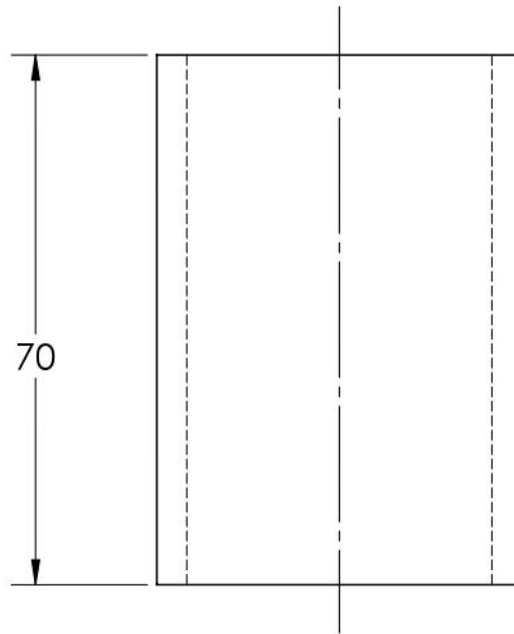
		1	PIPA ANNULUS	6	PVC	1-1/2"	Dibuat	
		Jumlah	Nama Bagian	No.Bag	Bahan	Ukuran	Keterangan	
III	II	I	Perubahan:					
			SUB ASSEMBLY DPHE			Skala 1:4		
			POLITEKNIK NEGERI JAKARTA			LEMBAR 3/8		A4

Ukuran Toleransi Umum	
Ukuran	Toleransi
3-6	± 0.1
6-30	± 0.2
30-120	± 0.3
120-315	± 0.5
315-1000	± 0.8



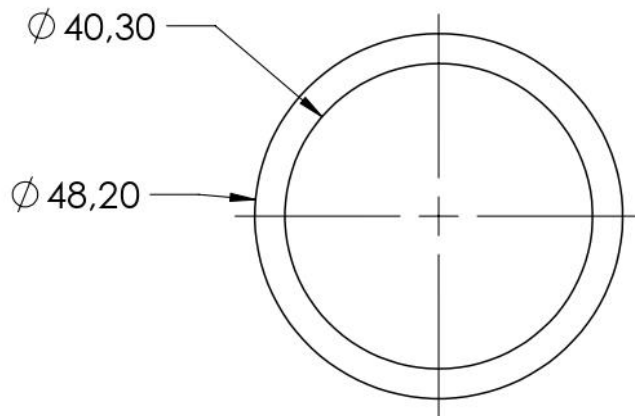
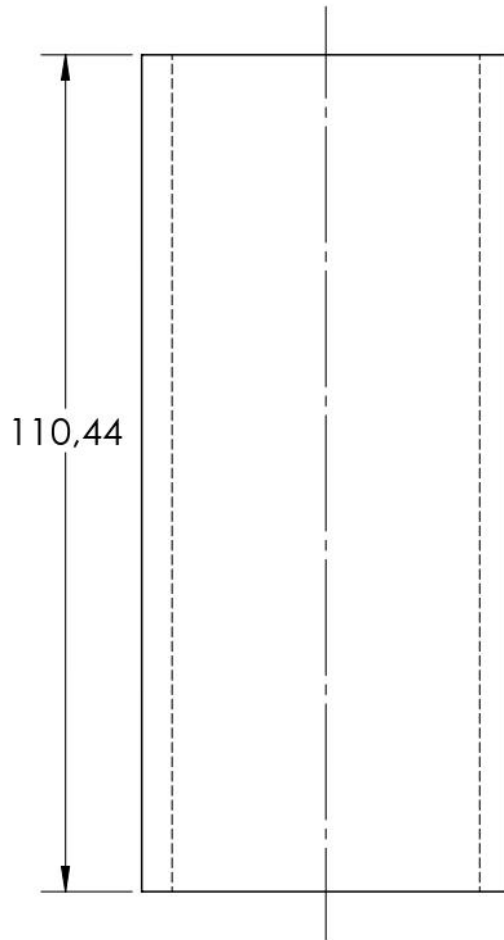
		1	U SHAPE TUBE	1	COPPER	3/4"	DIBUAT	
Jumlah			Nama Bagian	No.Bag	Bahan	Ukuran	Keterangan	
III	II	I	Perubahan:					
SUB ASSEMBLY DPHE						Skala 1:8	Digambar 24/7/23	Noer
POLITEKNIK NEGERI JAKARTA						LEMBAR 4/8		A4

Ukuran Toleransi Umum	
Ukuran	Toleransi
3-6	± 0.1
6-30	± 0.2
30-120	± 0.3
120-315	± 0.5
315-1000	± 0.8



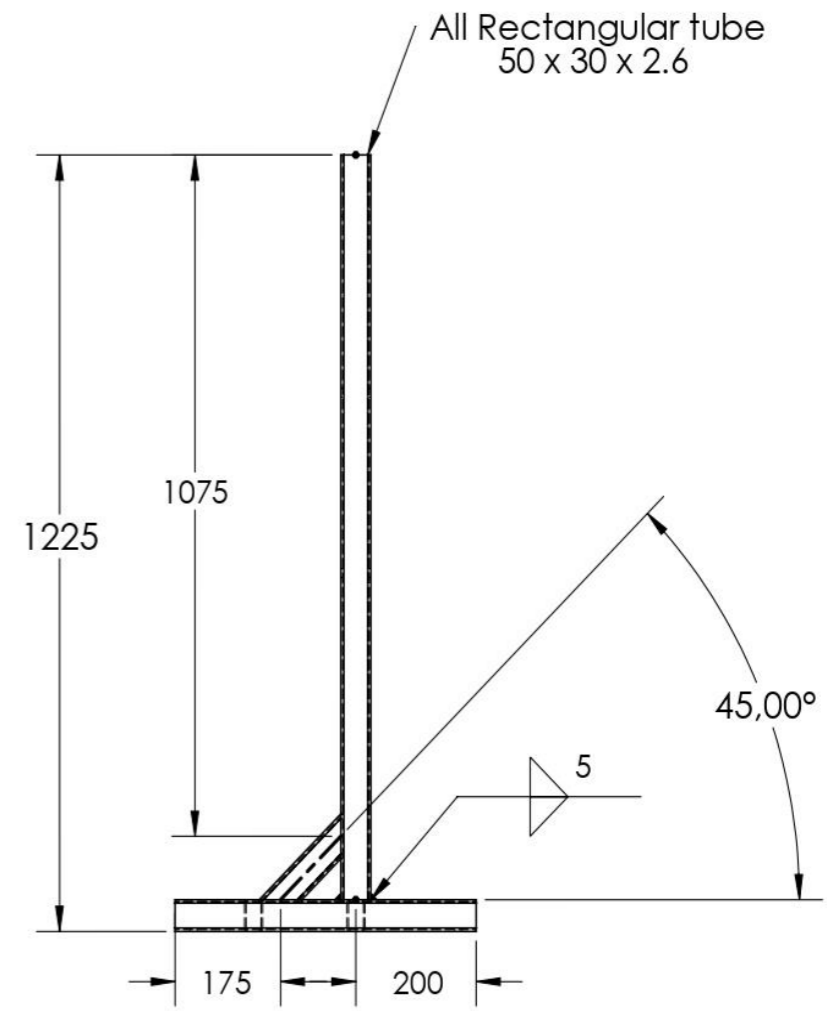
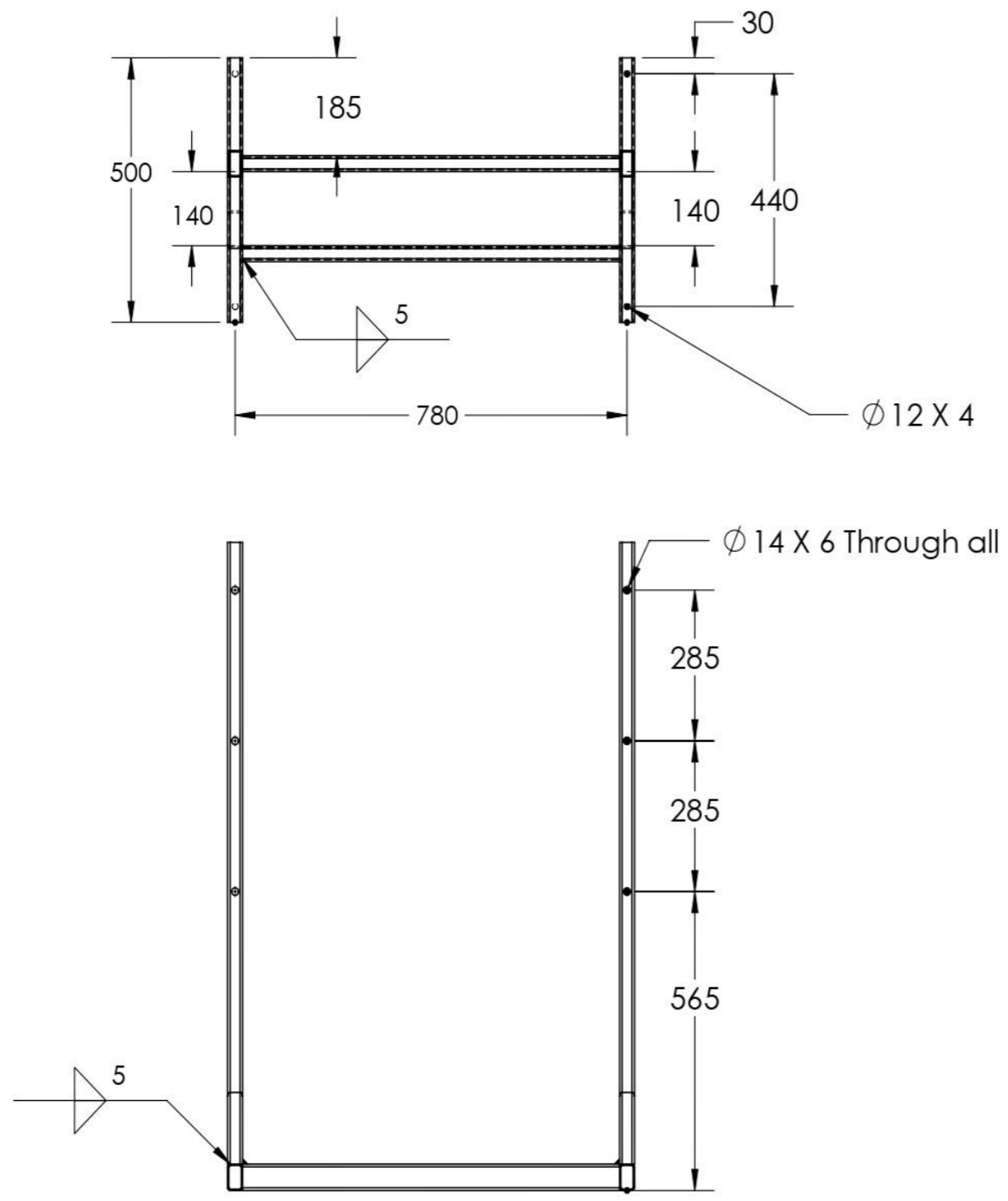
		6	PIPA PENYAMBUNG 1	3	PVC	1-1/2"	DIBUAT			
Jumlah			Nama Bagian	No.Bag	Bahan	Ukuran	Keterangan			
III	II	I	Perubahan:							
SUB ASSEMBLY DPHE						Skala 1:1	Digambar	24/7/23	Noer	
							Diperiksa			
POLITEKNIK NEGERI JAKARTA						LEMBAR 5/8		A4		

Ukuran Toleransi Umum	
Ukuran	Toleransi
3-6	± 0.1
6-30	± 0.2
30-120	± 0.3
120-315	± 0.5
315-1000	± 0.8



		1	PIPA PENYAMBUNG 2	5	PVC	1-1/2"	DIBUAT			
Jumlah			Nama Bagian	No.Bag	Bahan	Ukuran	Keterangan			
III	II	I	Perubahan:							
SUB ASSEMBLY DPHE						Skala 1:1	Digambar	24/7/23	Noer	
							Diperiksa			
POLITEKNIK NEGERI JAKARTA						LEMBAR 6/8			A4	

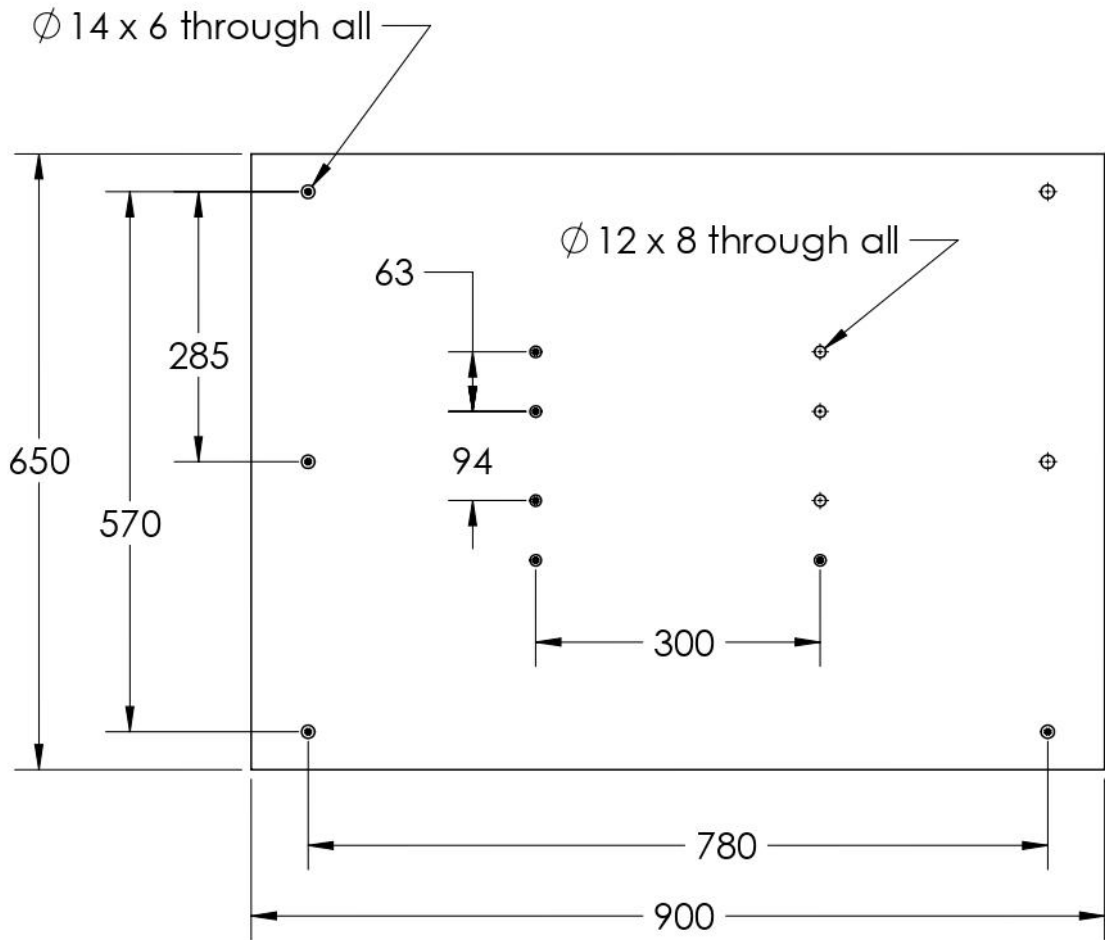
Ukuran Toleransi Umum	
Ukuran	Toleransi
3-6	± 0.1
6-30	± 0.2
30-120	± 0.3
120-315	± 0.5
315-1000	± 0.8



1	FRAME	1	SS	500x780x1225	Dibuat
Jumlah	Nama Bagian	No.Bag	Bahan	Ukuran	Keterangan
III	II	I	Perubahan:		
FULL ASSEMBLY DPHE				Skala	Digambar 24/7/23 Noer
				1:12	Diperiksa
POLITEKNIK NEGERI JAKARTA				LEMBAR 7/8	A3

Ukuran Toleransi Umum	
Ukuran	Toleransi
3-6	± 0.1
6-30	± 0.2
30-120	± 0.3
120-315	± 0.5
315-1000	± 0.8

Note
Thickness 2 mm



		1	PLATE	7	ALLOY STEEL	900 X 650	DIBUAT			
Jumlah			Nama Bagian	No.Bag	Bahan	Ukuran	Keterangan			
III	II	I	Perubahan:							
FULL ASSEMBLY DPHE						Skala 1:8	Digambar	24/7/23	Noer	
							Diperiksa			
POLITEKNIK NEGERI JAKARTA						LEMBAR 8/8		A4		