

SKRIPSI

**PENGARUH PEMASANGAN *SPIRAL GROOVE*
TERHADAP LAJU PERPINDAHAN PANAS PENUKAR
KALOR PIPA GANDA**



POLITEKNIK NEGERI BALI

Oleh

I DEWA GEDE NARENDRA KRISNA

**PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN TEKNOLOGI
REKAYASA UTILITAS**

**JURUSAN TEKNIK MESIN
POLITEKNIK NEGERI BALI
2023**

SKRIPSI

**PENGARUH PEMASANGAN SPIRAL GROOVE
TERHADAP LAJU PERPINDAHAN PANAS PENUKAR
KALOR PIPA GANDA**



POLITEKNIK NEGERI BALI

Oleh

**I DEWA GEDE NARENDRA KRISNA
NIM. 1915234038**

**PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN TEKNOLOGI
REKAYASA UTILITAS**

**JURUSAN TEKNIK MESIN
POLITEKNIK NEGERI BALI
2023**

LEMBAR PENGESAHAN

PENGARUH PEMASANGAN *SPIRAL GROOVE* TERHADAP LAJU PERPINDAHAN PANAS PENUKAR KALOR PIPA GANDA

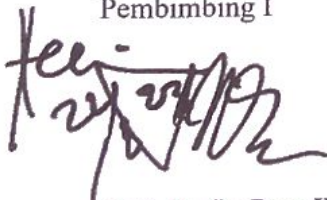
Oleh

I DEWA GEDE NARENDRA KRISNA
NIM. 1915234038

Diajukan sebagai persyaratan untuk menyelesaikan pendidikan
Program Studi D4 Teknologi Rekayasa Utilitas
pada Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Bali

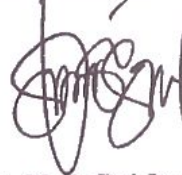
Disetujui oleh:

Pembimbing I



Prof. Dr. Ir. Putu Wijaya Sunu, ST., MT.
NIP.198006142006041004

Pembimbing II



Dr. Made Rai Jaya Widanta, S.S. M. Hum.
NIP.197310272001121002

Disahkan oleh:

~~Ketua Jurusan Teknik Mesin~~



Dr. Ir. I Gede Santosa, M.Erg
NIP.196609241993031003

LEMBAR PERSETUJUAN

PENGARUH PEMASANGAN *SPIRAL GROOVE* TERHADAP LAJU PERPINDAHAN PANAS PENUKAR KALOR PIPA GANDA

Oleh:

I Dewa Gede Narendra Krisna
NIM.1915234038

Proyek akhir ini telah di pertahankan di depan tim penguji dan di terima untuk dapat
di cetak sebagai buku Proyek Akhir Pada hari/tanggal:
Jumat, 24 Agustus 2023

Tim Penguji

Penguji I : I Kadek Ervan Hadi Wiryanta ST, MT
NIP : 198207102014041001

Penguji II : Ir. Daud Simon Anakottapary, MT
NIP : 196411151994031003

Penguji III : I Gede Artha Negara, ST., MT
NIP : 199805232022031011

Tanda Tangan



SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIAT

Saya yang bernda tangan di bawah ini :

Nama : I Dewa Gede Narendra Krisna
NIM : 1915234038
Program Studi : D4 Teknologi Rekayasa Utilitas
Judul Proyek Akhir : Pengaruh Pemasangan Spiral Groove Terhadap Laju
Perpindahan Panas Penukar Kalor pipa ganda

Dengan ini menyatakan bahwa karya ilmiah buku proyek akhir ini bebas plagiat. Apa bila dikemudian hari terbukti plagiat dalam buku proyek akhir ini, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan mendiknas RI No. 17 tahun 2010 dan perundang-undang yang berlaku.

Badung, 03 Maret 2023

Yang membuat pernyataan



I Dewa Gede Narendra Krisna
NIM : 1915234038

UCAPAN TERIMA KASIH

Dalam penyusunan Buku Proyek Akhir ini, penulis banyak menerima bimbingan, petunjuk dan bantuan dari berbagai pihak baik yang bersifat moral maupun material. Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah membantu. Dengan puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Kuasa, penulis pada kesempatan ini menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak I Nyoman Abdi, SE., M. eCom, selaku Direktur Politeknik Negeri Bali
2. Bapak Dr. Ir. I Gede Santosa, M.Erg, selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin
3. Bapak I Kadek Ervan Hadi Wiryanta, S.T., M.T, selaku Sekretaris Jurusan Teknik Mesin
4. Bapak Dr. Made Ery Arsana, S.T., M.T, selaku Ketua Program Studi D4 Teknologi Rekayasa Utilitas
5. Bapak Prof. Dr. Ir. Putu Wijaya Sunu, ST., MT. selaku dosen pembimbing-1 yang selalu memberikan bimbingan, arahan, dorongan, dan semangat kepada penulis, sehingga Buku Proyek Akhir ini dapat terselesaikan.
6. Bapak Dr. Made Rai Jaya Widanta, S.S. M. Hum. selaku dosen pembimbing-2 yang selalu memberikan dukungan, perhatian, semangat dari awal menjadi mahasiswa hingga saat ini.
7. Segenap dosen dan seluruh staf akademik serta PLP yang selalu membantu dalam memberikan fasilitas, ilmu, serta pendidikan pada penulis.
8. Kedua orang tua tercinta yang selama ini telah membantu penulis dalam bentuk perhatian, kasih sayang, semangat, serta doa demi kelancaran dan kesuksesan.
9. Kemudian kakak/adik tercinta yang memberikan dukungan kepada penulis
10. Teman-teman seperjuangan dalam menyelesaikan Proyek Akhir yang telah memberikan banyak masukan serta dukungan kepada penulis.
11. Sahabat-sahabat yang selalu memberikan dukungan, semangat, motivasi, serta doa hingga penulis dapat menyelesaikan buku Proyek Akhir ini.
12. Serta masih banyak lagi pihak-pihak berpengaruh dalam proses penyelesaian skripsi yang tidak bisa peneliti sebutkan satu persatu Semoga Tuhan Yang Maha Kuasa senantiasa membalas semua kebaikan yang telah diberikan.

Semoga Buku Proyek Akhir ini dapat bermanfaat bagi para pembaca umumnya, peneliti atau penulis, dan khususnya kepada civitas akademik Politeknik Negeri Bali.

Badung, 03 Januari 2023

I Dewa Gede Narendra Krisna

ABSTRAK

Studi ini menginvestigasi efisiensi perpindahan panas pada alat penukar panas tipe pipa ganda, dengan fokus pada penggunaan pipa aluminium dengan *groove* dan tanpa *groove* (alur) pada permukaan luarnya. Eksperimen dilakukan dengan mengukur kemampuan pipa-pipa ini dalam mentransfer energi panas, dengan memvariasikan parameter aliran air dingin.

Hasil pengujian mengungkapkan bahwa penggunaan pipa dengan *groove* memiliki kinerja yang lebih efektif dalam mentransfer energi panas dibandingkan dengan pipa tanpa *groove*. Nilai tertinggi tercapai pada pipa dengan *groove* berukuran 6 mm pada debit air dingin sebesar 0.00018 m³/s, di mana energi panas yang berhasil ditransfer mencapai 6570 W. Hal ini mengindikasikan bahwa *groove* pada pipa memiliki efek positif pada perpindahan panas.

Analisis lebih lanjut menunjukkan bahwa terdapat peningkatan signifikan dalam efisiensi perpindahan energi panas pada pipa dengan *groove*. Peningkatan ini mencapai 4,78% dibandingkan dengan penggunaan pipa tanpa *groove*, di mana nilai maksimum perpindahan panas hanya mencapai 6270 W pada debit air yang sama. Hasil ini menunjukkan bahwa *groove* pada pipa mampu meningkatkan efisiensi penukaran panas pada kondisi yang sama.

Kata kunci : sistem pemanas, double pipe, temperatur

EFFECT OF INSTALLING A SPIRAL GROOVE ON THE HEAT TRANSFER RATE OF A DOUBLE PIPE HEAT EXCHANGER

ABSTRACT

This study investigates the efficiency of heat transfer in a double-pipe heat exchanger apparatus, focusing on the utilization of aluminum pipes with and without grooves on their inner surfaces. Experiments were conducted to measure the heat transfer capabilities of these pipes by varying the parameters of cold water flow.

The test results reveal that the use of pipes with grooves demonstrates a more effective performance in heat energy transfer compared to pipes without grooves. The highest value was achieved with a pipe featuring a 6 mm groove at a cold water flow rate of 0.00018 m³/s, where the transferred heat energy reached 6570 W. This indicates a positive effect of grooves on the pipe's heat transfer efficiency.

Further analysis indicates a significant enhancement in the efficiency of heat energy transfer in pipes with grooves. This enhancement reaches 4.78% compared to the usage of pipes without grooves, where the maximum heat transfer value only reaches 6270 W at the same cold water flow rate. These findings underscore the groove's ability to elevate heat exchange efficiency under similar conditions

Keywords: heating system, double pipe, temperature

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa karena atas berkat rahmat-nya penulis dapat menyelesaikan Proposal Skripsi ini yang berjudul Pengaruh Penerapan *Spiral Groove* Terhadap Laju Perpindahan Panas Panukar Kalor pipa ganda. Penyusunan Proposal Skripsi ini merupakan salah satu syarat kelulusan program pendidikan pada jenjang Diploma 4 Teknologi Rekayasa Utilitas, Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri bali.

Penulis menyadari Proposal Skripsi ini masih jauh dari sempurna, oleh karena itu penulis sangat mengharapkan kritik dan saran sebagai pembelajaran demi penyempurnaan karya-karya ilmiah penulis dimasa yang akan datang.

Badung, 03 Januari 2023

I Dewa Gede Narendra Krisna

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
LEMBAR PERSETUJUAN.....	ii
SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIAT.....	iii
UCAPAN TERIMA KASIH	iv
ABSTRAK	v
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DATAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan Penelitian.....	3
1.4.1 Tujuan umum	3
1.4.2 Tujuan khusus	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
1.5.1 Penulis sendiri.....	4
1.5.2 Lembaga PNB.....	4
1.5.3 Bagi masyarakat.....	4
BAB II LANDASAN TEORI	5
2.1 Perpindahan Panas.....	5
2.1.1 Perpindahan panas secara konduksi.....	6
2.1.2 Perpindahan panas secara konveksi	6
2.2 Konduktivitas Thermal.....	7
2.3 Knveksi Alamiah	8
2.4 Konveksi Paksa	8

2.5	Alat Penukar Panas.....	9
2.5.1	Jenis <i>heat exchanger</i>	9
2.5.2	Klasifikasi Penukar Panas Berdasarkan Susunan Aliran Fluida	12
2.6	Bilangan Reynold.....	14
2.7	Perhitungan Penukar Panas	15
2.7.1	Beda temperatur rata-rata (LMTD).....	17
2.7.2	Faktor pengotoran.....	18
BAB III METODE PENELITIAN		20
3.1	Jenis Penelitian	20
3.2	Rancangan Penelitian	20
3.3	Alur penelitian.....	22
3.4	Lokasi dan Waktu Penelitian	23
3.5	Penentuan Sumber Data	23
3.6	Alat dan Bahan Pengujian	24
3.6.1	Alat-alat yang digunaka	24
3.6.2	Bahan yang digunakan	28
3.7	Prosedur Penelitian.....	30
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....		31
4.1	Hasil Penelitian.....	31
4.2	Pembahasan	36
BAB V PENUTUP.....		40
5.1	Kesimpulan.....	40
5.2	Saran.....	40
DAFTAR PUSTAKA.....		41
LAMPIRAN.....		43

DATAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Perpindahan panas secara konveksi, konduksi dan radiasi.....	5
Gambar 2. 2 Perpindahan panas konduksi pada silinder.....	6
Gambar 2. 3 Perpindahan panas secara konveksi	7
Gambar 2. 4 Laju aliran panas	7
Gambar 2. 5 Konveksi alamiah.....	8
Gambar 2. 6 Konveksi Paksa	9
Gambar 2. 7 Shell and Tube.....	10
Gambar 2. 8 Penukar Panas Jenis <i>Flat Plate</i>	11
Gambar 2. 9 Penukar panas jenis pipa ganda.....	11
Gambar 2. 10 Penukar Panas Dengan Aliran Berlawanan Arah <i>Counter Flow</i>	12
Gambar 2. 11 Penukaran panas dengan aliran searah <i>parallel flow</i>	13
Gambar 2. 12 Penukar panas dengan aliran silang <i>cross flow</i>	14
Gambar3. 1 Sketsa eksperimen alat penukar panas pipa ganda.....	20
Gambar3. 2 Skematik DPHE	21
Gambar3. 3 Skematik DPHE spiral groove	21
Gambar3. 4 Diagram alir flow chart.....	22
Gambar3.5 Thermocouple type-K	24
Gambar3.6 Data logger	25
Gambar3.7 Laptop.....	25
Gambar3.8 Rotameter	26
Gambar3.9 Water heater.....	26
Gambar3.10 Thermostat.....	27
Gambar3.11 Pompa air.....	27
Gambar3.12 Pipa akrilik	28
Gambar3.13 Pipa aluminium	28
Gambar3.14 Lem silen.....	29
Gambar3.15 Seal tape pipa	29
Gambar 4. 1 gambar grafik jumlah energi panas yang dapat ditransfer	35

Gambar 4. 2 Grafik perbandingan temperaur pada pipa tanpa groove pada debit air 11 lpm.....	36
Gambar 4. 3 Grafik perbandingan temperaur pada pipa groove 6 pada debit air 11 lpm	37
Gambar 4. 4 Grafik perbandingan temperaur pada pipa groove 8 pada debit air 11 lpm	37
Gambar 4. 5 Grafik perbandingan temperaur pada pipa groove 10 pada debit air 11 lpm.....	38
Gambar 4. 6 Grafik perbandingan temperatur pada pipa groove 12 pada debit air 11 lpm.....	39

DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Jadwal Pelaksanaan Penelitian	23
Tabel 4. 1 Data temperatur pipa groove dan pipa tanpa groove atau smooth pipe pada debit air dingin 0.00018 m/s.....	31
Tabel 4. 2 Nilai ΔT_{LMTD} untuk <i>smooth pipe</i> pada debit air 11 lpm.....	33
Tabel 4. 3 nilai ΔT untuk <i>smooth pipe</i> pada debit air 11 lpm.....	34
Tabel 4. 4 jumlah energi panas (q) yang dapat ditransfer untuk pipa <i>smooth</i> dan pipa groove.....	34
Tabel 4. 5 persentase q pada variasi groove debit 11 lpm.....	35

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 data 1 tempertur <i>smoot pipe</i> pada debit air 11 lpm.....	43
Lampiran 2 data 2	52
Lampiran 3 komponen sistem pemanas yang digunakan.....	65
Lampiran 4 dokuentasi alat yang digunakan.....	66

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Heat Exchanger merupakan alat yang digunakan untuk mengubah temperatur dan fasa suatu jenis fluida. Proses tersebut terjadi dengan memanfaatkan perpindahan kalor dari fluida bersuhu tinggi menuju fluida bersuhu rendah melalui proses konveksi. Penukar kalor banyak digunakan dalam kehidupan sehari-hari dan industri (Tambunan et al., 2016).

Alat penukar kalor yang cukup sederhana adalah *Double Pipe Heat Exchanger* (DPHE). Jenis penukar panas ini memiliki banyak keuntungan, seperti mudah diservis, rentang suhu yang luas, dan aplikasi tekanan. Kinerja termal penukar panas pipa ganda diukur dengan *Logarithmic Mean Temperature Difference* (LMTD). Salah satu kondisi utama yang mempengaruhi kinerja termal adalah aliran fluida. Masalah perpindahan panas melalui lapisan batas fluida dapat berdampak buruk di bidang teknik seperti kimia, transportasi, pembakaran, sistem pendingin, dan banyak lagi aplikasi lapangan lainnya. Perhatian khusus telah diberikan pada penukar panas yang kecil namun efisien dalam transfer panas.

Ada metode aktif dan pasif yang dikembangkan untuk meningkatkan perpindahan panas. Metode aktif menggunakan sumber daya eksternal untuk meningkatkan perpindahan panas seperti getaran permukaan, dan membuatnya cocok untuk aplikasi terbatas. Khususnya dalam metode pasif, modifikasi permukaan telah dikembangkan untuk meningkatkan perpindahan panas dan penurunan tekanan pada rezim aliran turbulen. Metode ini mengadopsi teknik permukaan yang menginduksi vortisitas di daerah aliran sekunder. *Groove* pada heat exchanger akan menjadi kandidat terbaik untuk kebutuhan ini. *Groove* meningkatkan area permukaan, sedikit ruang, dan berat. Konfigurasi geometrik tabung *groove* penukar panas pipa ganda spiral *groove* disusun pada luar tabung sisi atau di ruang annulus penukar panas pipa ganda (Sunu et al., 2018).

Perpindahan panas dalam penukar panas pipa ganda dengan *spiral groove* telah diteliti menggunakan metode eksperimen. Hasilnya menunjukkan bahwa alur-alur tersebut menginduksi pendekatan suhu. *Groove* meningkatkan luas permukaan panas pada bagian dalam pipa (sisi tabung), meningkatkan transfer momentum, dan menghasilkan efek pusaran pada fluida di dekat permukaan pipa di ruang annulus. Perubahan pendekatan suhu dari alur tersebut dibandingkan dengan tanpa alur menurun, yang menunjukkan peningkatan proses perpindahan panas dan kinerja penukar panas (Sunu et al., 2016).

Teknik kontrol aliran untuk pengurangan drag, hambatan aliran fluida maupun meningkatkan *heat transfer* sangatlah penting dalam aplikasi *engineering*. Pada metode ini kontrol dilakukan dengan memodifikasi struktur aliran dengan mengubah konfigurasi permukaan dengan jalan menambahkan peralatan tambahan seperti *groove*. Pemanfaatan metode pasif sangat efektif dari segi biaya karena tidak memerlukan energi tambahan. Karakteristik fisik *groove* terdiri atas lebar *groove* (s), jarak antar *groove* (t), dan tinggi *groove* (h). Penelitian ini memfokuskan permasalahan pada lebar *groove*. Perilaku dan interaksi akibat lebar *groove* akan mengoptimasi laju perpindahan panas yang terjadi pada *heat exchanger* (Sunu et al., 2020).

Dengan demikian, dalam proposal skripsi ini penulis mengangkat judul "Pengaruh Pemasangan *Spiral Groove* Terhadap Laju Perpindahan Panas Penukar Kalor Pipa Ganda". Jumlah *groove* pada pipa dibuat secara spiral untuk mengetahui jumlah panas yang dapat ditransfer dan seberapa besar *pressure drop* yang dihasilkan pada variasi debit fluida dingin dan dengan debit fluida panas konstan.

1.2 Rumusan Masalah

Dalam pembuatan proyek akhir ini, terdapat dua masalah yang akan penulis bahas, yaitu:

1. Berapa jumlah panas yang dapat ditransfer pada berbagai jumlah spiral pada alat penukar panas pipa ganda?
2. Berapa besar persentase yang dihasilkan dengan penggunaan *spiral grooved pipe* pada alat penukar panas pipa ganda?

1.3 Batasan Masalah

Dalam penyusunan proposal proyek akhir ini, penulis hanya mencakup tentang pengujian alat dengan mencari data suhu masuk dan keluar pada masing-masing fluida, serta berapa jumlah panas yang dapat ditransfer yang dihasilkan pada alat penukar panas dengan beberapa variasi jumlah *groove* secara spiral.

1.4 Tujuan Penelitian

Dalam menyusun proposal skripsi ini, penulis memiliki tujuan yang terdiri dari tujuan umum dan tujuan khusus. Adapun tujuan yang diharapkan penulis antara lain:

1.4.1 Tujuan umum

Tujuan umum yang ingin dicapai penulis dalam menyusun proposal skripsi ini adalah untuk memenuhi program pendidikan diploma IV pada program studi teknologi rekayasa utilitas teknik mesin Politeknik Negeri Bali.

1.4.2 Tujuan khusus

Tujuan khusus dalam penyusunan proposal skripsi ini adalah untuk dapat mengetahui kinerja dari sistem perpindahan panas pipa ganda heat exchanger dengan menggunakan spiral *groove*. Berkaitan dengan efisiensi alat penukar panas pipa ganda yang menggunakan spiral *groove*. Mengetahui berapa jumlah panas yang dapat ditransfer pada berbagai jumlah spiral yang digunakan. Dalam mengatasi masalah ini, beberapa faktor yang perlu diperhatikan antara lain ukuran pipa, material pipa, jenis fluida yang mengalir di dalam pipa, dan kecepatan aliran fluida.

Beberapa faktor yang perlu diperhatikan dalam mengatasi masalah ini antara lain ukuran pipa, kecepatan aliran fluida, jumlah spiral *groove* pada pipa, serta jenis dan viskositas fluida yang mengalir di dalam pipa.

1.5 Manfaat Penelitian

Ada beberapa manfaat dari hasil penelitian dalam analisa variasi *spiral groove heat exchanger* terhadap laju perpindahan panas sistem *double pipe heat exchanger* (DPHE). Diharapkan dapat bermanfaat bagi:

1.5.1 Penulis sendiri

Penyusunan proyek akhir ini merupakan sebagai sarana untuk menerapkan gagasan-gagasan dan mengembangkan materi pembelajaran yang telah didapat penulis saat mengikuti perkuliahan. Selain itu, juga sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan Diploma IV Program Studi Teknologi Rekayasa Utilitas Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Bali. Bagi

1.5.2 Lembaga PNB

Penyusunan proyek akhir ini dapat menjadi literatur atau acuan bagi mahasiswa ataupun pembaca dalam pembuatan jurnal ilmiah maupun karya tulis ilmiah, juga dapat menambah wawasan mahasiswa khususnya di lingkungan Politeknik Negeri Bali.

1.5.3 Bagi masyarakat

Penyusunan proyek akhir ini dapat dijadikan sebagai bahan pertimbangan untuk meningkatkan efisiensi kinerja dari sistem heat exchanger khususnya pada industri-industri yang menggunakan alat penukar kalor (*heat exchanger*).

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari pengujian yang dilakukan pada alat penukar panas jenis pipa ganda dalam penggunaan pipa aluminium dengan *groove* dan tanpa *groove*, dapat disimpulkan bahwa dari hasil yang telah didapat, energi panas yang dapat ditransfer pada pengujian pipa dengan *groove* didapat lebih efektif dibandingkan dengan penggunaan pipa tanpa *groove*, dengan nilai tertinggi yang didapat yaitu pada pipa dengan *groove* 6 mm dalam debit air dingin 0.00018 m³/s sebesar 6570 W dan dengan persentase peningkatan perpindahan energi panas mencapai 4,78% dari penggunaan pipa dengan *groove*, sedangkan untuk pipa tanpa *groove* nilai energi panas yang dapat ditransfer hanya dapat mencapai sebesar 6270 W pada debit air yang sama

5.2 Saran

Dalam pengujian alat penukar panas pipa ganda ini, terdapat saran yang dapat disampaikan sebagai berikut:

1. Pengujian dapat dilakukan dengan bentuk *groove* yang berbeda dan variasi debit air yang lebih banyak.
2. Pastikan tidak adanya kebocoran pada alat uji.
3. Sebaiknya pengambilan data dilakukan lebih banyak lagi agar nantinya mendapatkan hasil yang lebih akurat.

DAFTAR PUSTAKA

- Freddy Tambunan, J., Pembimbing Ir Rusdhianto Effendie, D. A., Eka Iskandar, M., & Jurusan Teknik Elektro, M. (2016). Pengendali Temperatur Fluida Pada Heat Exchanger Dengan Menggunakan Generalized Predictive Control (GPC).
- Febrina, A., Sembiring, B., Siahaan, J. C., & Siahaan, S. (2022). Sinergi Polmed : Jurnal Ilmiah Teknik Mesin Analisis Sistem Pendingin Bearing Turbin Francis Horizontal Unit 1 Dengan Daya 6,7 Mw Dan Putaran 750 Rpm Di Plta Pakkat Pt. Energi Sakti Sentosa I N F O A R T I K E L. <http://ojs.polmed.ac.id/index.php/Sinergi/index>
- Heryadi, Y., Nur Fahrudin, I., Studi Teknik Mesin, P., Tinggi Teknologi Wastukencana, S., & Corresponding Author, P. (2022). Analisa Panas Optimal Cawan Pembuatan Surabi Untuk Jenis Surabi Polos Dan Surabi Oncom Optimal Heat Analysis of Surabi Manufacturing Circuit for Plain Surabi Types and Oncom Surabi (Vol. 2022, Issue 2). DOI xxx.
- Laily. (2022). Konveksi Perpindahan Panas (Safrezi, Ed.). <https://katadata.co.id/safrezi/berita/61e0d7cac4884/konveksi-adalah-perpindahan-panas-pahami-contohnya>. 14 Januari 2022.
- Masyhuri, Puspawan, & Suandi, A. (2022). Analisa Efektivitas Heat Exchanger Oil Cooler Sebelum dan Sesudah Maintenance the Effectiveness of Heat Exchanger Oil Cooler Before and After Maintenance (Vol. 6, Issue 1).
- Russano, E., Avelino, E. 2019. Computational Fluid Mechanics and Dynamics for Scientists. Arcler Press, Ashland.
- Siagian. (2022). pengantar perpindahan panas (Janner Simarmata, Ed.). Yayasan Kita Menulis. https://books.google.co.id/books?hl=en&lr=&id=EWucEAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA1&dq=perpindahan+panas+dan+fluida+termasuk+konveksi+dan+konduksi&ots=oj-4SmuWin&sig=MFk8cR4H0YT_X7-ejJze0GQ0UXs&redir_esc=y#v=onepage&q=perpindahan%20panas%20dan%20fluida%20termasuk%20konveksi%20dan%20konduksi&f=false
- Smith, J., Petrovic, P., Rose, M., De Souza, C., Muller, L., Nowak, B., & Martinez, J. (2021). Placeholder Text: A Study. The Journal of Citation Styles, 3. <https://doi.org/10.10/X>
- Sunu, P. W., Anakottapary, D. S., & Santika, W. G. (2016). Optimasi Pendekatan Suhu Pada Penukar Panas Pipa Ganda Dengan Groove. MATEC Web of Conferences, 58. <https://doi.org/10.1051/mateconf/20165804006>
- Sunu, P. W., Arsawan, I. M., Anakottapary, D. S., Santosa, I. D. M. C., & Yasa, I. K. A. (2018). Experimental Studies on Grooved Double Pipe Heat Exchanger

with Different Groove Space. *Journal of Physics: Conference Series*, 953(1).
<https://doi.org/10.1088/1742-6596/953/1/012064>

Sunu, P. W., Darmawa, I. P., Mulawarman, A. A. N. B., Suarta, I. M., & Sopan Rahtika, I. P. G. (2020). Karakteristik Temperatur Fluida Dingin Pada Grooved Double Pipe Heat Exchanger. *Jurnal Teknosains*, 10(1), 64.
<https://doi.org/10.22146/teknosains.43291>