

Pemanfaatan Panas Buang AC Sebagai Pemanas Air Menggunakan *Heat Exchanger Double Pipe*

Rafi Ikhsan Sodikin¹, Bowo Yuli Prasetyo^{1*}, Windy Hermawan Mitrakusuma¹

¹Jurusan Teknik Refrigerasi dan Tata Udara, Politeknik Negeri Bandung, Bandung 40559
E-mail : bowo_yuli@polban.ac.id

ABSTRAK

Air Conditioning merupakan sebuah kebutuhan untuk mendapatkan kenyamanan saat melakukan berbagai aktivitas manusia di dalam ruangan dan *water heater* menjadi salah satu sistem yang menjadi kebutuhan manusia. Penggunaan sistem dari *air conditioning* dapat dimodifikasi untuk menambahkan sistem *water heater* dengan menggunakan *heat exchanger* jenis *double pipe* dan air ditampung oleh *water tank* untuk kapasitasnya disamakan dengan besaran kondensor yang ada pada sistem. Pada penelitian ini bertujuan untuk memanfaatkan panas yang terbuang sebagai media memanaskan air dengan menambahkan sistem *heat exchanger*. *Heat exchanger* tipe *double pipe* memerlukan pipa tambahan untuk memanaskan air dengan menggunakan pipa PVC sebagai pipa luar dan pipa refrigeran menggunakan pipa tembaga. Hasil dari penelitian ini didapatkan panjang pipa *heat exchanger* yaitu 14 meter untuk pipa air dan pipa refrigeran. Air yang berhasil dipanaskan dengan mengalir pada pipa dari temperatur awal sebesar 29°C hingga 37,5°C dalam kurun waktu 120 menit.

Kata Kunci

Air Conditioning, heat recovery, double pipe heat exchanger

ABSTRACT

Air conditioning is a necessity for achieving comfort while performing various indoor activities, and water heaters have become an essential system for humans. The air conditioning system can be modified to include a water heating system by using a double-pipe heat exchanger, with water stored in a tank whose capacity matches the size of the condenser in the system. This research aims to utilize waste heat as a medium to heat water by adding a heat exchanger system. The system requires additional pipes to heat the water, using PVC pipes as the outer pipes and copper pipes for the refrigerant. The results of this research showed that the length of the heat exchanger pipes is 14 meters for both the water pipes and the refrigerant pipes. The water was successfully heated, flowing through the pipes from an initial temperature of 29°C to 37.5°C within 120 minutes.

Keywords

Air Conditioning, heat recovery, double pipe heat exchange

1. PENDAHULUAN

Sistem kompresi uap diserupakan sebagai dasar dari sebagian besar sistem pendinginan yang digunakan secara luas. Sistem ini terdiri dari beberapa komponen utama, yaitu kompresor, evaporator, alat ekspansi. (*Throttling Device*), dan kondenser (1). Setiap komponen dari empat tersebut berfungsi secara bersamaan dan saling berhubungan dalam pembentukan siklus refrigerasi kompresi uap. Dalam sistem ini, terdapat refrigeran atau fluida yang bertindak

sebagai media penyerap panas dari kabin atau ruangan yang ingin dikondisikan. Refrigeran ini kemudian mengalir melalui komponen sistem, mengambil panas dari ruangan tersebut melalui evaporator, kemudian dikompresi oleh kompresor, dan akhirnya membuang panas ke lingkungan melalui kondenser (2).

Perpindahan panas adalah bidang studi yang mengkaji transfer energi dikarenakan suhu yang berbeda dalam kisaran dua atau lebih objek (3) Meninjau serangkaian proses transfer energi ini, adanya perpindahan panas yang berpindah biasa disebut sebagai laju perpindahan panas (4).

Pada semua *heat exchanger*, perpindahan panas didominasi oleh konveksi dan konduksi dari fluida panas ke fluida dingin, dimana keduanya dipisahkan oleh dinding (5).

Heat Exchanger berjenis *double pipe* menjadi keperluan utama dalam upaya mendalami informasi mengenai sejumlah faktor yang dirancang oleh *heat exchanger* model *double pipe* sederhana dengan acuan terhadap kaidah desain yang telah ada (6). Cara kerja *heat exchanger* tipe *double pipe* adalah dengan menggunakan fluida panas untuk pipa yang besar dan fluida yang dingin menggunakan pipa kecil yang didorong menggunakan pompa, sehingga setelah bersinggungan akan menghasilkan perbedaan temperatur dan suhu (7). Pemilihan desain yang tepat, biaya operasional harian dan perawatan akan bisa diminimalisir (8). Dalam hal transportasi energi, *heat exchanger* sebagai peralatan yang menangani energi termal banyak digunakan dalam industri perhotelan, perminyakan, pembangkit listrik, petrokimia, pendingin maupun industri lainnya (9).

Tujuan penelitian adalah untuk memanfaatkan panas buang dari *air conditioning* untuk memanaskan air sehingga dapat menghemat energi (10). Pemanasan air dilakukan secara mengalir dengan menggunakan *heat exchanger* berjenis *double pipe* yang dipasang secara seri dengan kondenser utama. Pada pengujian ini diharapkan dengan penambahan *heat exchanger* akan meningkatkan pemanfaatan dari *air conditioning* dan menyediakan air panas yang bisa digunakan untuk kebutuhan rumah tangga tanpa perlu adanya penambahan pemasangan *electric heater*.

2. METODE PENELITIAN

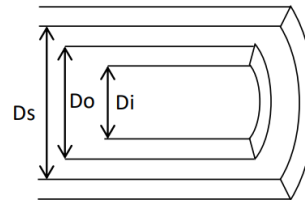
Perancangan merupakan suatu kegiatan yang bertujuan untuk memberikan gambaran lengkap mengenai suatu sistem perancangan, Pada perancangan sistem *heat exchanger* dengan jenis *double pipe* ini menggunakan unit AC yang sudah tersedia dengan kapasitas 9000 Btu/h. Langkah pertama yang dilakukan adalah menentukan fluida yang digunakan, yaitu fluida dingin menggunakan air dan fluida panas menggunakan refrigeran. Langkah selanjutnya menentukan kondisi akhir dan awal penukar kalor *double pipe* seperti terlihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Data Awal Perancangan

No	Parameter	Perancangan
1	d – pipa dalam (di)	0,25 inch

No	Parameter	Perancangan
2	d – pipa dalam sisi luar (do)	0,14 inch
3	d – pipa luar sisi dalam atau anulus (ds)	1,25 inch
4	Temp. air masuk	29 °C
5	Temp. air keluar	37,5 °C

Diameter pipa yang terdiri dari diameter dalam pipa (di), diameter pipa sisi luar (do) dan diameter pipa luar atau ruang anulus (da) pada Tabel 1 didefinisikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Diameter Pipa *Double Pipe Heat Exchanger*

Langkah selanjutnya adalah melakukan perhitungan dan menentukan nilai koefisien perpindahan kalor dengan aliran *counter flow*, dengan tahapan sebagai berikut :

Kapasitas kalor merupakan kapasitas tertinggi dibanding benda lain. untuk menghitung kapasitas kalor menggunakan persamaan (1).

$$Q = m \times c \times \Delta T \quad (1)$$

Dengan m , c , ΔT secara berurutan adalah koefisien perpindahan panas menyeluruh ($W/m^2 K$), massa produk (kg), kalor spesifik ($kJ/ kg K$), beda temperatur (K).

Pada perancangan *heat exchanger double pipe* yang akan digunakan memiliki panjang yang menyesuaikan dari beban pendinginan dan kapasitas unit yang digunakan. Untuk menghitung panjang pipa *heat exchanger double pipe* menggunakan persamaan (2), (3), (4), (5), (6), (7).

$$= \times \times \times \quad (2)$$

$$= \times \times \times \quad (3)$$

$$= \quad (4)$$

$$= + \quad (5)$$

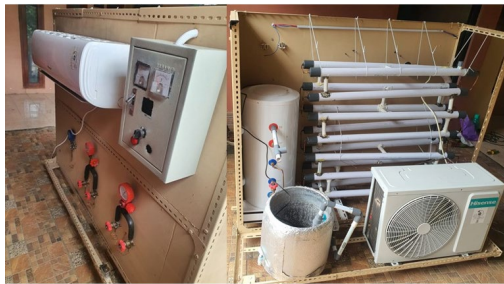
$$A = \quad (6)$$

$$L = \quad (7)$$

Dengan ρ , k , D , De , Uc , A , L , A dan a'' secara berurutan adalah koefisien konveksi bagian dalam pipa ($W/m^2 K$), konduktivitas *thermal* ($Btu/hr.ft^2. ^\circ F$), diameter dalam pipa (ft^2), koefisien konveksi

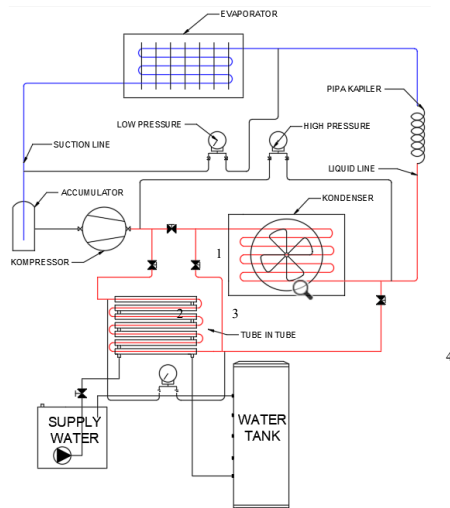
bagian luar pipa ($W/m^2 K$), diameter luar pipa (ft^2), koefisien perpindahan panas keseluruhan ($Btu/hr.ft^2. ^\circ F$), luas permukaan perpindahan panas (ft^2), panjang pipa (ft^2).

Setelah mendapatkan nilai panjang pipa *heat exchanger double pipe* untuk dipasangkan dengan unit AC *split wall mounted*, selanjutnya dilakukan perancangan pada tahap instalasi yang di bagi menjadi 2 bagian yaitu instalasi pemipaan untuk menyambungkan pipa *double pipe* dengan unit AC dan instalasi kelistrikan. Berikut unit dari sistem *heat exchanger double pipe* dan AC *split wall mounted* yang sudah dimodifikasi.



Gambar 2. Kontruksi Unit *Heat Exchanger Double Pipe*

Cara kerja dari pemipaan sistem pada perancangan ini sama seperti cara kerja dari sistem refrigerasi kompresi uap pada umumnya. Cara kerja pemipaan pada sistem *heat recovery* bisa ditinjau dalam Gambar 3.



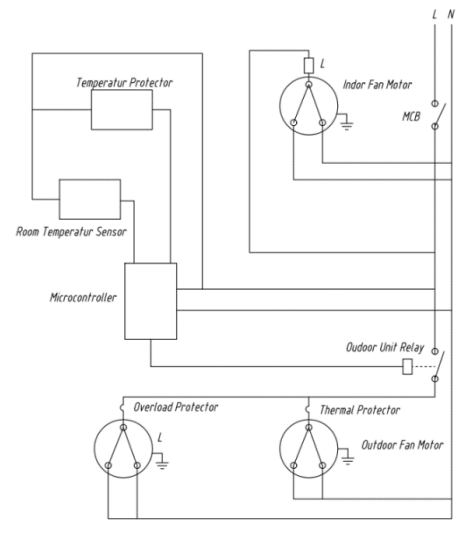
Gambar 3. Diagram Pemipaan

Pada saat sistem dijalankan dengan menggunakan mode secara normal sistem akan berjalan seperti biasa untuk katup 2, 3 dan 4 pada posisi tertutup dan katup 1 yang menuju kondenser utama pada posisi terbuka. Jika menggunakan mode seri

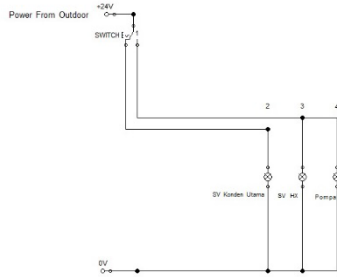
dengan kondenser utama dan *double pipe heat exchanger* maka katup 1, 2 dan 3 pada posisi terbuka dan katup 4 posisi tertutup. Pada mode menggunakan *heat exchanger* posisi katup 1 dan 3 tertutup dan posisi katup 2 dan 3 terbuka.

Awalnya refrigeran berfasa gas bertekanan rendah di hisap oleh kompresor dan di dalam kompresor terdapat penekanan pula hingga tekanan yang ada pada refrigeran akan naik dan temperturnya menjadi tinggi. Refrigeran setelah ditekan di kompresor akan mengalir dan masuk ke dalam *double pipe* dan melepas kalor refrigeran pada air yang berada dalam ruang anulus. Kemudian refrigeran akan menuju kondenser dan akan muncul proses dimana kalor yang terlepas ke lingkungan sehingga refrigeran akan mengalami perubahan fasa menjadi cair dengan tekanan yang tinggi. Setelah dari kondenser refrigeran masuk ke alat ekspansi yang berjenis pipa kapiler. Pada pipa kapiler refrigeran akan diturunkan tekanan dan temperturnya menjadi rendah dan refrigeran akan berubah fasa. Dari pipa kapiler refrigeran kemudian masuk ke evaporator dan refrigeran akan menjadi subjek yang mengambil serapan terhadap kalor dari ruangan sehingga bentuk dari refrigeran akan berubah menjadi gas.

Pada Sistem kelistrikan yang digunakan sama dengan sistem kelistrikan dari *air conditioning* tersebut. Cara kerja kelistrikan dari sistem ini bisa ditinjau dalam Gambar 4.



Gambar 4. Diagram Kelistrikan



Gambar 5. Diagram Kontrol

Pada saat unit dinyalakan arus akan masuk ke dalam modul PCB *indoor*, pertama komponen yang akan bekerja yaitu *blower indoor unit*. Sedangkan *fan* kondenser dan kompresor akan mengalami *delay* beberapa saat karena pada modul

PCB yang ada di *indoor unit* terdapat *time delay relay* sehingga arus ke *outdoor unit* akan mengalami *delay*. Setelah *delay* selesai maka komponen yang ada di *outdoor unit* akan *running*. Apabila temperatur ruangan yang didinginkan sudah tercapai maka komponen *thermistor* akan bekerja dan menghentikan arus ke *outdoor unit* sehingga proses pendinginan akan berhenti hingga temperatur ruangan naik sampai temperatur ruangan di atas temperatur yang diatur.

Pada saat unit bekerja dan dibutuhkan mode HX bekerja maka *swich* pada panel dapat dipindahkan ke mode HX, setelah *swich* dipindahkan ke mode HX maka *solenoid valve* akan membuka dan refrigerant mengalir ke HX seluruhnya, begitupun *solenoid valve* untuk kondenser utama akan menutup.

Pengambilan data untuk sistem AC *Split wall mounted* yang dimodifikasi dengan menambahkan komponen tambahan yaitu *heat exchanger double pipe* menggunakan beberapa alat ukur dari mengukur suhu, arus dan tegangan yang dikonsumsi oleh kompresor. Kemudian setelah mendapatkan data yang dibutuhkan selanjutnya diolah menggunakan bantuan software Microsoft Excel untuk menghitung nilai COP, daya input dan kapasitas dari unit AC. Berikut spesifikasi dari alat ukur yang digunakan ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Spesifikasi Alat Ukur

Nama Alat	Merek	Spesifikasi
Thermometer Digital	Smart Sensor	Batas ukur suhu : -200°C s.d 1327 °C Akurasi 0,1% Jumlah Input 4 Buah Tampilan Layar LCD Batas ukur tekanan:

Nama Alat	Merek	Spesifikasi
Pressure Gauge	NC Single Manifold	-30 psi s.d 800 psi
Anemometer	Benetech	Rentang Jangkauan: 0 s.d 30 m/s & -10°C s.d 45°C Tampilan Layar LCD
Water Flow Meter	Evoqua	Rentang Pengukuran: 1 s.d 10 GPM Fluida: Air

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Sesudah pelaksanaan mengenai perancangan sistem *heat recovery* telah diselesaikan dan mendapatkan data yang dibutuhkan. Data pengukuran pada menit ke-120 yang akan dilakukan untuk diamati. Pengambilan data dilaksanakan pada pukul 12.00 sampai 14.00 pada hari senin tanggal 6 Mei 2024 di Desa Rancamanyar Kec. Baleendah Kab. Bandung. Sistem *heat recovery* dapat beroperasi sebagaimana mestinya dengan terdapat kekurangan dalam aliran air pada pipa pvc begitu juga dengan pengisian air yang akan dipanaskan harus dilakukan secara manual. Dalam proses pengolahan data yang akan dijadikan acuan untuk menentukan performansi dari sistem *heat recovery*. Pada penelitian ini fluida yang dipanaskan adalah air, data yang diperoleh dan diambil bisa diperhatikan dalam Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Pengambilan Data

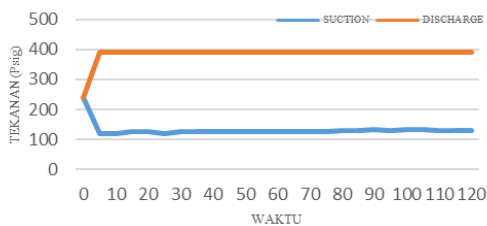
c	Parameter	Data Aktual
1	Tekanan <i>Suction</i>	130 psig
2	Tekanan <i>Discharge</i>	390 psig
3	Temperatur <i>Discharge</i>	89,4 °C
4	Temperatur <i>Suction</i>	20,2 °C
5	Temperatur <i>Out</i> kondenser	37,7 °C
6	Temperatur <i>out</i> evaporator	16,1 °C
7	Tdb <i>supply indoor</i> AC	15,3 °C
8	Twb <i>Supply indoor</i> AC	11,3 °C
9	Tdb <i>return indoor</i> AC	25 °C
10	Twb <i>return indoor</i> AC	21 °C
11	Temperatur air <i>in</i> HX	29 °C
12	Temperatur air <i>out</i> HX	37,5 °C
13	Temperatur Lingkungan	29,2 °C
14	Arus	3,3 A
16	Tegangan	220 V

Data yang telah didapatkan pada saat pengukuran ditunjukkan pada Tabel 3 dan dilakukan pengolahan data untuk *plotting* P-h diagram menggunakan website Tlk Energy dan perhitungan menggunakan *software* Microsoft Excel.

Dari hasil pengolahan data yang diperoleh perancangan sistem pemanas air yang mengambil

manfaat dalam panas buang dari *air conditioning* ini mendapatkan hasil yang sesuai dengan perancangan yaitu sistem *air conditioning* kapasitas 1 Pk dengan menggunakan *double pipe heat exchanger* dapat memanaskan air hingga 37°C dengan aliran refrigeran dialirkan secara seri antara DPHE dengan kondenser.

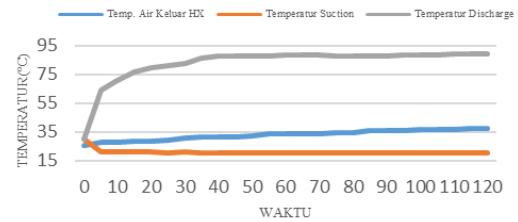
Pada sisi pendinginan kinerja dari sistem *air conditioning* dapat terjaga ditandai dengan kestabilan rata-rata temperatur yang dikeluarkan *indoor* ke ruangan sebesar 16°C. Penambahan penggunaan *heat exchanger* dengan air mengalir dapat memungkinkan proses *cooling* dan *heating* berjalan bersamaan, karena *supply air* untuk mendinginkan refrigeran dapat terjaga sehingga unit AC tidak terjadi *overheat* yang dapat mengganggu kinerja pada saat sistem bekerja untuk mengkondisikan ruangan. Data pengukuran yang disajikan kedalam grafik analisis ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Grafik Tekanan Terhadap Waktu

Tekanan *discharge* pada sistem *heat recovery* dari menit ke-0 hingga menit ke-5 mengalami kenaikan dari 240 Psig ke 390 Psig, setelah dari menit ke-10 hingga menit ke-120 tekanan dapat terjaga dan konstan. Tekanan konstan ini dikarenakan air yang mengalir pada DPHE sehingga sistem dapat membuang kalor dengan baik.

Tekanan *suction* pada sistem *heat recovery* pada menit ke-0 sampai menit ke-5 mengalami penurunan dari 240 Psig ke 120 Psig, pada menit ke-30 sampai menit ke-120 tekanan *suction* mengalami naik turun tetapi tidak signifikan dan mulai konstan pada menit ke-110 dengan nilai 120 Psig. Dengan tekanan *suction* yang konstan sistem berjalan dengan normal.



Gambar 7. Grafik Temperatur Air Keluar HX, Suction dan Discharge Terhadap Waktu

Pada sistem *heat recovery* dengan menggunakan *heat exchanger* jenis *double pipe* untuk temperatur air meningkat memerlukan waktu untuk mencapai target sama seperti pada Gambar 7, temperatur tercapai di menit ke-120 pada temperatur 37,5 °C dengan aliran air mengalir. Temperatur *discharge* pada menit ke-5 pada memiliki nilai temperatur sebesar 64,5 °C dan terus mengalami kenaikan secara signifikan, pada menit ke-60 sampai menit ke-115 temperatur *discharge* cenderung konstan dengan nilai 88°C. Temperatur *suction* pada sistem *heat recovery* dimulai pada 30°C dan langsung terjadi penurunan sebesar 10°C dalam kurun waktu 10 menit, temperatur *suction* dapat dikatakan stabil karena dalam kurun waktu 120 menit hanya berada dalam temperatur sekitar 20°C hingga 20,5°C.

Hasil perhitungan dan pengambilan data pada sistem *air conditioning wall mounted* yang dimodifikasi dengan menambahkan komponen *heat exchanger* jenis *double pipe* diperoleh pada saat sistem bekerja *steady* pada menit ke-120, karena pada menit tersebut sistem sudah tidak banyak perubahan pada setiap parameter yang akan diambil. Hasil dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Data Perhitungan

No	Assessment	Rate
1	Kerja kompresi	0,723 kW
2	Kalor yang dilepas kondensor	3,962 kW
3	Kalor yang diserap evaporator	3,23 kW
4	Daya yang dikeluarkan	0.726 kW
5	Laju aliran massa refrigeran	0,0131 kg/s
6	COP aktual	4.48
7	COP <i>carnot</i>	6.51
8	Efisiensi sistem	68%
9	Nilai perpindahan kalor pada HX	3,49 kW

4. KESIMPULAN

Sistem *heat recovery* yang telah sampai pada tahap penyelesaian, pemilihan komponen,

melakukan instalasi dan melakukan pengujian sistem, maka dapat diambil kesimpulan :

1. Penambahan sistem *heat recovery* dengan *double pipe heat exchanger* untuk memanaskan air pada sistem AC *split* terbukti dapat mempengaruhi dari kinerja sistem normal. Pada saat menggunakan mode *heat exchanger* besaran kalo yang dapat dilepas oleh refrigeran adalah 3,49 kW, sedangkan mode normal besaran kalor yang dilepas adalah 3,96 kW.
2. Penambahan heat exchanger dengan jenis double pipe setelah dilakukan perhitungan didapatkan untuk panjang pipa heat exchanger adalah 14 meter dengan menggunakan pipa PVC ukuran 1 ½ inch yang akan dialiri oleh air dan pipa tembaga ukuran ¼ inch yang akan dialiri refrigeran sebagai kondenser.
3. Rancangan sistem heat recovery untuk pemanas air rumah tangga menggunakan double pipe heat exchanger sederhana dapat menghasilkan air hangat hingga 37 – 38°C. Temperatur ini didapatkan pada saat menit ke-90.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Politeknik Negeri Bandung untuk bantuan pandaan penelitian ini dan pihak-pihak yang sudah mensupport penulis dalam proses penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Kern, Donald Q. "Process Heat Transfer". New York: Mc.Graw-Hill, 1950
- [2] W.F Stoecker dan J.W Jones. "Refrigerasi dan Sistem Pengkondisian Udara". Jakarta: Erlangga, 1982.
- [3] Z.Y. Guo et al. "Effectiveness-thermal resistance method for heat exchanger design and analysis", International Journal of Heat and Mass Transfer, vol.53, p.2877-2884, June 2010
- [4] Holman, J.P., "Heat Transfer". New York: Mc.Graw-Hill ,1986
- [5] Handoyo, E.A, "Pengaruh Kecepatan Aliran Terhadap Efektivitas Shell-and-Tube Heat Exchanger," in JURNAL TEKNIK MESIN Vol. 2, No. 2, pp. 86 – 90, Oktober 2000.
- [6] Septian, B., Aziz, A., & Rey, P. D. "Desain Dan Rancang Bangun Alat Penukar Kalor (Heat Exchanger) Jenis Shell Dan Tube". Jurnal Baut Dan Manufaktur, Vol 03 No.1, pp. 53–60, 2021
- [7] Harini, "Analisis Perhitungan Laju Perpindahan Panas Alat Penukar Kalor Type Pipa Ganda Di Laboratorium Universitas 17 Agustus 1945 Jakarta," Jurnal Konversi Energi dan Manufaktur UNJ, Edisi terbit II–Oktober 2017.
- [8] I. M. Ainursyiam and N. Hendrawati, "Studi Perhitungan Heat Exchanger Tipe Double Pipe Sebelum Reaktor Pada Pra-Rancangan Pabrik Kimia Cucumber Soap Kapasitas Produksi 6.300 Ton/Tahun," Vol 8 No.2, pp. 367-376, Distilat. 2022.
- [9] Putu. W. S, Daud. S. A, and Wayan. G. S, "Efektifitas Perpindahan Panas Pada Double Pipe Heat Exchanger Dengan Groove," Proceeding Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin XIV (SNTTM XIV), 7-8 , Banjarmasin, Oktober 2015
- [10] Aziz, A., Harianto, J., & Kurniawan Mainil, A. "Potensi Pemanfaatan Energi Panas Terbuang Pada Kondenser Ac Sentral Untuk Pemanas Air Hemat Energi". Jurnal Mekanikal, Vol 6, No.2, 569–576, 2015.