



PEMANFAATAN ENERGI PANAS PADA MESIN PENGKONDISIAN UDARA 3/4 PK SEBAGAI MEDIA PEMANAS AIR MANDI

Syadzwin Thasya Noeriska¹, Muhammad Ridwan Putra², Muchamad Arief Chaeriawan³,
Muhammad Faisal Saihitua⁴, Rida Zuraida⁵

^{1,2,3,4,5}Industrial Engineering Department, BINUS Graduate Program - Master of Industrial Engineering,
Bina Nusantara University, Jakarta, Indonesia

History Article

Article history:

Received Feb 8, 2023

Approved Feb 27, 2023

Keywords:

Air Conditioner (AC), Heat Energy, Water Heater

ABSTRACT

Air conditioning, commonly known as Air Conditioner (AC) is one type of cooling machine that is widely used by the community, almost in every home and heat energy is wasted in the surrounding environment from outdoor unit devices. The amount of heat energy released to the environment comes from the heat absorbed by the evaporator or indoor unit to the cooled room and added heat energy from the work of the compressor. The heat energy can be reused. The form of utilizing wasted heat energy is to add a pipe from the compressor to the condenser to heat the water. The working process of the AC machine is a closed cycle of the compressor, condenser, capillary tube and evaporator where the cooling medium will work continuously as long as the AC is turned on. Addition of a pipe to heat water for bathing purposes. The test results of the air conditioner using a water heater is an increase in the actual power that is equal to from 1,357 Kw to 1,447 Kw. The heat removed from the condenser decreased from 154.546 kJ/kg to 152.137 kJ/kg. The resulting temperature from a 20 liter water tank is 63.0 OC in 120 minutes.

ABSTRAK

Pengkondisian udara yang biasa disebut dengan Air Conditioner (AC) merupakan salah satu jenis mesin pendingin yang banyak digunakan masyarakat, hampir ada di setiap rumah dan membuang percuma energi panasnya ke lingkungan sekitar dari perangkat outdoor unit. Besarnya energi panas yang dibuang ke lingkungan berasal dari panas yang diserap oleh evaporator atau indoor unit terhadap ruangan yang didinginkan serta ditambah energi panas hasil kerja kompresor. Energi panas tersebut dapat dimanfaatkan kembali. Bentuk pemanfaatan energi panas yang terbuang adalah dengan menambah pipa yang berasal dari kompresor menuju

kondensor untuk memanaskan air. Proses kerja mesin AC adalah siklus tertutup dari kompresor, kondensor, pipa kapiler dan evaporator dimana media pendingin akan bekerja secara terus menerus selama AC tersebut dinyalakan. Penambahan pipa guna memanaskan air untuk keperluan mandi. Hasil pengujian dari AC yang menggunakan pemanas air adalah kenaikan daya aktual yaitu sebesar dari 1,357 Kw menjadi 1,447 Kw. Kalor yang dibuang kondensor terjadi penurunan dari 154,546 kJ/kg menjadi 152,137 kJ/kg. Temperatur yang dihasilkan dari tangki air berkapasitas 20 liter adalah 63,0 OC dalam waktu 120 menit.

© 2023 Jurnal Ilmiah Global Education

*Corresponding author email: syadzwinanoeriska@binus.ac.id

PENDAHULUAN

Panas yang dihasilkan dari mesin pengkondisian udara pada ruang tertentu yang tidak dimanfaatkan lebih lanjut, merupakan pembuangan energi yang sia-sia. Hal ini mendasari penelitian akan pemanfaatan energi panas dari pengkondisian udara. Dengan memperhatikan banyaknya pengeluaran biaya yang dikeluarkan oleh setiap keluarga dengan membeli dan membayar biaya listrik serta gas untuk memanaskan air bagi keperluan mandi air panas oleh sebagian masyarakat. seperti memasak air panas baik dengan pemanas air yang menggunakan listrik, serta menggunakan gas bahkan yang sederhana dengan memasak air dalam ceret air. Hal tersebut yang mendasari berapa pentingnya memanfaatkan sumber panas yang di keluarkan oleh hasil kerja pengkompresian kompresor dari pengkondisian udara menuju kondensor pada rangkaian siklus pendingin. Mengingat bahwa alat pengkondisian udara untuk daerah perkotaan sudah merupakan sebuah alat yang biasa atau dengan kata lain bukan alat yang mahal atau mewah, maka jumlah pemakai dari alat tersebut meningkat banyak. Dengan melihat banyaknya pemakai pengkondisian udara serta pengefisienan pengeluaran biaya bulanan per kepala keluarga maka alangkahbaiknya bila memanfaatkan panas yang di hasilkan dari kerja mesin pengkondisian udara tersebut. Bila kita anggap penggunaan AC (*Air Conditioner*) dalam satu keluarga sebanyak 3(tiga) unit dengan konsumsi pemakaian air untuk satu kali mandi sebanyak 20 liter/orang dimana jumlah satu keluarga terdapat 5 orang dengan demikian berapa sumber energi yang di habiskan untuk menghangatkan air sebanyak 20 liter. [1]

Mesin pengkondisian udara adalah mesin yang dipergunakan untuk menyerap panas dari ruang yang didinginkan kemudian melepas panas tersebut ke luar ruangan. Kalor tersebut dilepas melalui kondensor, dengan temperatur refrigeran masuk kondensor sekitar 50 C, dan didinginkan hingga temperatur keluar kondensor hingga sebesar 55 C. Sehingga terdapat potensi kalor yang bisa dimanfaatkan untuk kebutuhan lainnya. Untuk menghemat penggunaan energi, maka kalor yang akan dilepas oleh kondensor tersebut dapat digunakan untuk memanaskan air, yaitu disamping sebagai pendingin kondensor akan diperoleh air panas yang dapat dipergunakan untuk keperluan sehari-hari/mandi [2,3]Mesin pengkondisian udara yang dipergunakan untuk penelitian ini adalah mesin pengkondisian udara dengan beban pendinginan sebesar 3/4 PK atau setara dengan 18.000 Btu/h dengan merek sharp.

METODE PENELITIAN

Tahapan Metode Penelitian

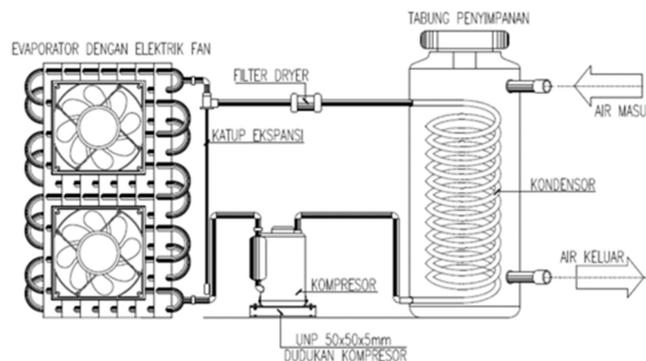
Metode penelitian ini adalah suatu cara yang digunakan dalam penelitian, sehingga pelaksanaan dan hasil penelitian bisa dipertanggung jawabkan secara ilmiah.

Penelitian ini menggunakan metode eksperimental, yaitu suatu cara untuk mencari hubungan sebab akibat antara dua faktor yang berpengaruh. Metode yang digunakan dalam penelitian adalah meliputi langkah terlampir pada gambar berikut ini



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Langkah penelitian yang dilakukan secara menyeluruh dengan melihat dan membaca teori-teori dasar dan pendukung dalam pelaksanaan penelitian ini dari studi pendahuluan dan literatur yang akan dihitung dalam pelaksanaan penelitian ini. Dengan didapatnya bahan literatur yang mendukung dalam penelitian maka secara tidak langsung dapat dilaksanakan perakitan alat yang menjadi penelitian. Dari alat yang telah selesai dirakit atau di pasang maka dilakukan pengetesan alat yang bertujuan mengetahui apakah alat tersebut berfungsi dengan baik atau tidak. Dari hasil pengujian yang menyatakan alat tersebut bekerja dengan apa yang diharapkan maka dilakukan pengambilan data yang berfungsi sebagai bahan perhitungan guna membuktikan apakah secara teoritis dan praktek menghasilkan sebuah kesimpulan yang sesuai dari apa yang diharapkan. Pada penelitian ini dimana data yang didapat bersumber dari dua alat yang berbeda guna memastikan apakah fungsi pemanfaatan panas yang di hasilkan dari pengkompresian mesin pendingin dapat beroperasi secara maksimal. Metodologi pemanfaatan kalor untuk pemanas air terurai dalam gambar berikut.



Gambar 2. Pemanfaatan Kalor Untuk Pamanas Air Terurai

Langkah dalam melakukan pemanfaatan kalor adalah dengan menyiapkan bahan yang akan diteliti khususnya AC split 1 PK dengan tangki air sebagai media yang akan di panasi

dengan memanfaatkan panas yang dihasilkan dari kompresor menuju ke kondensor. Dimana melihat peningkatan suhu yang terjadi dalam satu jam pertama. Dari peningkatan suhu pada jam pertama maka bisa diamati kembali kenaikan suhu dalam jam berikutnya. Namun bukan hanya terdapat pada kenaikan suhu air semata namun kepada beban pendinginan yang akan dilakukan pada ruangan yang akan didinginkan. Dari hasil tersebut maka dapat dihitung kenaikan rata-rata dalam 2 jam serta perhitungan panas yang dihasilkan dari pemanas air tersebut yang menggunakan panas dari hasil kompresi kompresor terhadap freon R22. Dalam melaksanakan penelitian yang bersifat membuat alat sebagai pemanas air dari hasil kerja kompresor pendingin ruangan. Terurai dalam Gambar metodologi rancang bangun alat pemanas air.

Dalam pelaksanaan pembuatan alat untuk penelitian ini difokuskan kepada bentuk susunan alat yang dapat terlihat dengan jelas dan bagus dalam arti dapat digunakan untuk keperluan lain yang berhubungan dengan alat tersebut seperti terurai dalam tujuan penelitian ini. Saat alat sudah terpasang maka dilakukan pengujian alat tersebut dari setiap bagian kerja. Bila terdapat kebocoran atau keganjilan dalam pengujian alat maka dilakukan perbaikan yang bertujuan agar mendapatkan hasil yang optimal saat pengujian alat guna mendapatkan data yang akurat dan tepat. Sesuai dengan tujuan penelitian bahwa hasil perakitan alat penelitian akan di manfaatkan sebagai alat praktikum mahasiswa. Maka untuk memenuhi hal tersebut diperlukan sebuah kerangka pemikiran dalam pemanfaatan alat tersebut sebagai pemanas air.

Define

Informasi yang telah dikumpulkan selama tahap Empathize, dianalisis dan disintesis untuk menentukan masalah inti yang akan diidentifikasi. Tahap define ini akan sangat membantu untuk menyelesaikan masalah customer karena telah dilakukan penetapan masalah. Dalam tahap define kami akan menjelaskan mengenai AC Plus Water Heater atau pemanas air menggunakan AC atau Air Conditioner yakni pemanas air yang memanfaatkan energi panas yang dihasilkan oleh AC (Air Conditioner). Ini merupakan inovasi yang masih terbilang baru untuk sebuah pemanas air. Dengan pemanas air AC (Air Conditioner) ini Anda tidak memerlukan energi tambahan alat elektronik baru untuk mendapatkan air panas untuk keperluan rumah tangga. Namun, tidak semua tipe AC bisa “dicangkok” dengan pemanas air ini. Umumnya tipe AC (Air Conditioner) split yang bisa dicangkok, sedang tipe AC (Air Conditioner) windows tidak bisa.

Ideate

Tahap ini mengembangkan atau penciptaan ide dapat dilakukan dengan menggunakan pendekatan permasalahan-permasalahan yang telah diobservasi. Ide-ide diharapkan dapat dikumpulkan sehingga dapat dilakukan kajian pada tahapan selanjutnya sebelum memutuskan pilihan terbaik untuk menjawab permasalahan yang ada.

Prototype

Pembuatan prototype atau proyek percontohan dilakukan bersumber dari ide-ide yang telah dikumpulkan. Pembangunan skala percontohan ini diharapkan dapat menunjukkan apakah solusi-solusi tersebut dapat menjawab permasalahan-permasalahan sebelumnya. Selain itu, tahapan ini juga menjadi penting untuk melihat potensi timbulnya masalah baru yang lain.

Workplan Project Assignment

Penulis membuat sebuah program kerja (workplan) untuk memastikan semua tahapan berjalan sesuai dengan timeline project assignment . Workplan terdiri dari 3 tahapan, yaitu tahapan developme (kegiatan yang terkait dengan persiapan, pengembangan dan perencanaan), tahap deployment (kegiatan pelaksanaan/ inisiatif di lapangan), dan tahap academy (evaluasi dan pembelajaran). Melalui pembuatan workplan ini, penulis dapat memonitor sejauh mana progress project assignment telah dijalankan. Workplan ini merupakan salah satu upaya penulis untuk dapat merencanakan project assignment dan mengatur agar program dapat selesai tepat waktu.

Penelitian Mengenai Kajian Perilaku Konsumen Terhadap Produk Pemanas Saat Ini

Sebelum kelompok kami berpindah ke tahap pengembangan material untuk dijadikan produk, kami mencoba membuat angket kuisisioner yang kami sebar luaskan di kalangan Pekerja Perusahaan dalam kurun waktu 6 Oktober sd 12 Oktober 2021. Guna dari kuisisioner ini adalah, kami mencoba menggali apa saja yang menjadi concern bagi pengguna air panas serta mencoba mengetahui animo pasar akan produk yang akan kami coba rancang nantinya.

HASIL DAN PEMBAHASAN

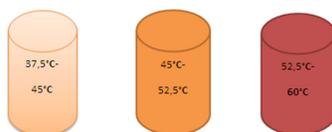
	Kebutuhan Pelanggan	Peringkat Penting							
		1	2	3	4	5	6	7	8
		4,2	2	8	3				1
1	Apakah masyarakat memerlukan pemanas air di rumah	4,2	2	8	3				1
2	Pemanas air jenis apa yang digunakan oleh masyarakat pada saat ini	4,3	1	1	1	1			9
3	Seberapa sering masyarakat menggunakan air panas untuk keperluan rumah tangga	4,1	3	9	1	3			1
4	Apakah masyarakat terbebani dengan tarif listrik untuk pemanas air di rumah	4,2	1	3		9			
5	Apakah masyarakat menggunakan AC di rumah	4,1	8	2	3	3			1
6	Berapa ukuran daya AC yang digunakan masyarakat pada saat ini	4,1	9	3	3	2			
7	Apakah masyarakat tertarik dengan pengaplikasian green technology	4,1	9	1	1	1	1		1
8	Apakah masyarakat tertarik dengan pemanas air tanpa tarif energi	4,7			9	1	9		
	Total	14	22	20	17	10	13	12	11
	Perioritas	4	1	2	3	8	5	6	7

Tabel 1. Hasil Penelitian Survey

Deskripsi Profil Responden :

Responden yang terlibat dalam penelitian ini sebanyak 114 dengan responden yang paling dominan adalah pria sebesar 60 orang yang berusia >17-25 tahun dengan pendapatan sebesar 2.500.001-5.000.000 dan bekerja sebagai pelajar / mahasiswa serta sebanyak 30 dengan responden yang paling dominan adalah pria sebesar 24 orang yang berusia >26-40 tahun dengan pendapatan sebesar 5.000.001-7.500.000 yang bekerja sebagai karyawan swasta dan mengisi survey pada tanggal dari tanggal 6 Oktober 2021 – 12 Oktober 2021.

Analisa Survey Kenyamanan Pelanggan



Gambar 3. Ilustrasi 3 tipe suhu air untuk keperluan rumah tangga tipe 1 (37,5°C-45°C), tipe 2 (45°C-52,5°C) dan tipe 3 (52,5°C-60°C)

Dimana survey ini melibatkan 30 orang warga yang berada di sekitar alat pemanas air dengan hasil survey menunjukkan bahwa 5 orang memilih dengan menggunakan suhu air tipe 1 yaitu dengan kisaran suhu 37,5°C-45 °C, 16 orang memilih menggunakan air dengan suhu 45°C-52,5 °C dan 9 orang memilih untuk menggunakan air panas dengan suhu 52,5°C-60°C.

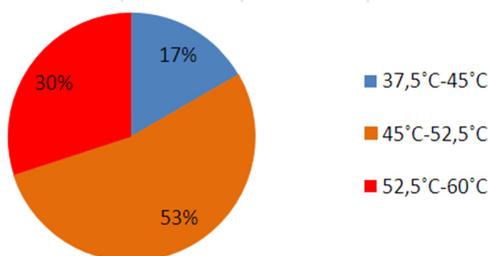
Tabel 2. Survey Masyarakat Terhadap Penggunaan Air Dengan Tingkatan Suhu Tertentu

Jenis Suhu	Jumlah Pemilih
37,5°C-45°C	5
45°C-52,5°C	16
52,5°C-60°C	9

Dari ketiga jenis suhu tersebut perlu diketahui bahwa ketiga jenis suhu tersebut memiliki nilai rata-rata sebagai nilai tengah (median) dari rentang suhu terendah dan suhu tertinggi pada tipe suhu tersebut.

Tabel 3. Rata-Rata Pada Rentang Nilai Tertinggi Dan Terendah Pada Suhu Air Yang Disurvey Di Masyarakat

Suhu Rata-rata	
$(37,5+45)/2$	41,25°C
$(45+52,5)/2$	48,75°C
$(52,5+60)/2$	56,25°C



Gambar 4. Grafik Survey Minat Suhu Air Yang Digunakan Oleh Masyarakat

Analisa Campuran Air Dengan Menggunakan Azas Black

Azas Black merupakan prinsip termodinamika dimana apabila ada 2 buah benda yang berbeda yang suhunya dicampurkan atau disatukan, maka akan terjadi aliran kalor dari benda yang bersuhu lebih tinggi menuju benda yang bersuhu lebih rendah dimana perpindahan kalor tersebut akan berhenti sampai terjadi keseimbangan thermal atau suhu dari kedua benda. Dimana 2 benda tersebut diasumsikan bisa dalam kalor jenis yang sama maupun dari kalor jenis yang berbeda.

$$Q_{\text{lepas}} = Q_{\text{terima}}$$

$$\rho = \frac{m}{V}$$

$$m = \rho V$$

$$Q_{\text{lepas}} = Q_{\text{terima}}$$

$$Q_{\text{airpanas}} = Q_{\text{airdingin}}$$

$$(mc\Delta T)_{\text{airpanas}} = (mc\Delta T)_{\text{airdingin}}$$

$$(\rho Vc\Delta T)_{\text{airpanas}} = (\rho Vc\Delta T)_{\text{airdingin}}$$

$$V_{\text{airpanas}}(T_{\text{airpanas}} - T_c) = V_{\text{airdingin}}(T_c - T_{\text{airdingin}})$$

$$5(64 - T_c) = 10(T_c - 31)$$

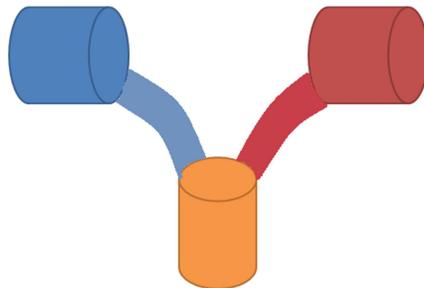
$$320 - 5T_c = 10T_c - 310$$

$$15T_c = 630$$

$$T_c = 630/15$$

$$T_c = 42^\circ\text{C}$$

Pada dasarnya rumus di atas adalah formula untuk menghitung nilai kalor (Q) yang berupa besaran turunan yaitu energi, sedangkan parameter yang akan ditinjau adalah nilai suhu (T) yang merupakan besaran pokok, Dengan mengkalkulasi formula di atas maka dengan mengasumsikan T_o air panas (suhu awal air panas) adalah 64°C sedangkan $T_{\text{airdingin}}$ (suhu awal air dingin) adalah 31°C dimana kedua nilai T_o tersebut adalah didapat dari rata-rata dari tiga kali melakukan pengukuran suhu T_o . Sehingga didapat nilai suhu campuran kedua zat dimana nilai c (kalor jenis) dua benda yang sama-sama berupa zat cair mendapatkan nilai T_c (suhu campuran) adalah 42°C



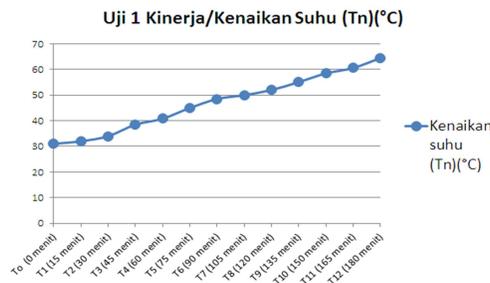
Gambar 5. Ilustrasi Kegiatan Azaz Black Pada Pencampuran 2 Zat Cair Yang Berbeda Suhnya

Uji Kinerja Produk Pemanas

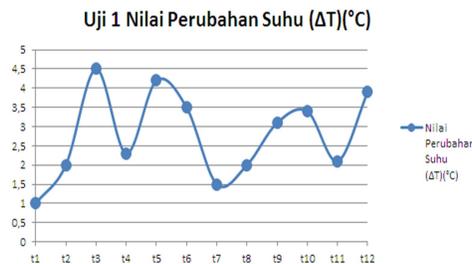
Kegiatan ini bertujuan untuk mendapatkan kesimpulan kinerja alat pemanas air dengan menguji kemampuan pemanas air menaikkan suhu air (T) di dalam penampungan (V) dalam waktu tertentu (t) sehingga didapat petunjuk teknis pemakaian alat pemanas tersebut oleh user. Langkah kerja tersebut meliputi menentukan suhu awal air (T_o)($^\circ\text{C}$) dengan volum awal air (V_o)(Liter/ dm^3) dengan nilai waktu tempuh awal adalah nol ($t_o=0$)(menit), dengan cara mengukur perubahan suhu (ΔT) pada rentang waktu setiap 15 menit (Δt).

Tabel 4. Uji Kinerja 1 Pemanas Air

Volume					15 Liter
Uji					1
Tanggal					18-Okt-21
Tn	Waktu pencatatan	tn	Δt	Tn	ΔT
T ₀	21.12	0	0	31°C	0
T ₁	21.27	15 menit	15 menit	32°C	1°C
T ₂	21.42	30 menit	15 menit	34°C	2°C
T ₃	21.57	45 menit	15 menit	38,5°C	4,5°C
T ₄	22.12	60 menit	15 menit	40,8°C	2,3°C
T ₅	22.27	75 menit	15 menit	45°C	4,2°C
T ₆	22.42	90 menit	15 menit	48,5°C	3,5°C
T ₇	22.57	105 menit	15 menit	50°C	1,5°C
T ₈	23.12	120 menit	15 menit	52°C	2°C
T ₉	23.27	135 menit	15 menit	55,1°C	3,1°C
T ₁₀	23.42	150 menit	15 menit	58,5°C	3,4°C
T ₁₁	23.57	165 menit	15 menit	60,6°C	2,1°C
T ₁₂	00.12	180 menit	15 menit	64,5°C	3,9°C



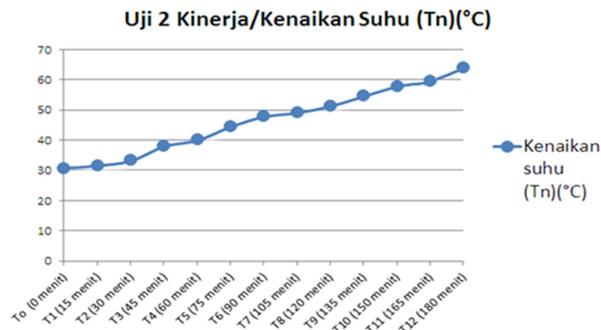
Gambar 6. Grafik Kenaikkan Suhu Uji Kinerja 1 Alat Pemanas Air (Tn)(°C)



Gambar 7. Grafik Kenaikkan Dan Penurunan Nilai Perubahan Suhu Pada Uji Kinerja 1 (Δt)(°C)

Tabel 5. Uji Kinerja 2 Alat Pemanas Air

Volume					15 Liter
Uji					2
Tanggal					30-Okt-21
Tn	Waktu pencatatan	tn	Δt	Tn	ΔT
T ₀	09.10	0	0	30,9°C	0
T ₁	09.25	15 menit	15 menit	31,8°C	0,92°C
T ₂	09.40	30 menit	15 menit	33,4°C	1,6°C
T ₃	09.55	45 menit	15 menit	38,2°C	4,8°C
T ₄	10.10	60 menit	15 menit	40,2°C	1,99°C
T ₅	10.25	75 menit	15 menit	44,7°C	4,5°C
T ₆	10.40	90 menit	15 menit	48°C	3,3°C
T ₇	10.55	105 menit	15 menit	49,3°C	1,3°C
T ₈	11.10	120 menit	15 menit	51,5°C	2,2°C
T ₉	11.25	135 menit	15 menit	54,8°C	3,3°C
T ₁₀	11.40	150 menit	15 menit	58°C	3,2°C
T ₁₁	11.55	165 menit	15 menit	59,9°C	1,9°C
T ₁₂	12.10	180 menit	15 menit	64,1°C	4,2°C



Gambar 8. Grafik Kenaikkan Suhu Uji Kinerja 2 Alat Pemanas Air (Tn)(°c)



Gambar 9. Grafik Kenaikkan Dan Penurunan Nilai Perubahan Suhu Pada Uji Kinerja 2 (Δt)(°c)

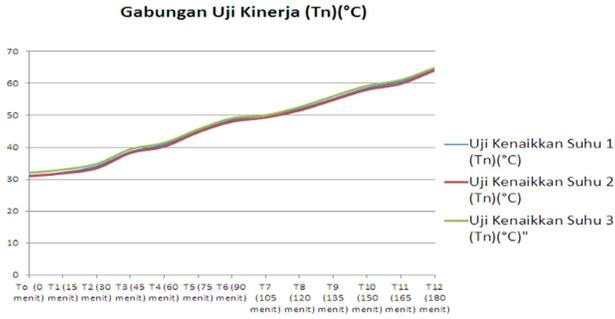
Tabel 6. Uji Kinerja 3 Alat Pemanas Air

Volume		15 Liter			
Uji		3			
Tanggal		31-Okt-21			
Tn	Waktu pencatatan	tn	Δt	Tn	ΔT
T0	08.00	0	0	32°C	0
T1	08.15	15 menit	15 menit	33°C	1°C
T2	08.30	30 menit	15 menit	34,8°C	1,8°C
T3	08.45	45 menit	15 menit	39,4°C	4,6°C
T4	09.00	60 menit	15 menit	41,4°C	2°C
T5	09.15	75 menit	15 menit	45,6°C	4,2°C
T6	09.30	90 menit	15 menit	49,1°C	3,5°C
T7	09.45	105 menit	15 menit	50°C	0,9°C
T8	10.00	120 menit	15 menit	52,6°C	2,6°C
T9	10.15	135 menit	15 menit	56°C	3,4°C
T10	10.30	150 menit	15 menit	59,3°C	3,3°C
T11	10.45	165 menit	15 menit	61,1°C	1,8°C
T12	11.00	180 menit	15 menit	64,9°C	3,8°C

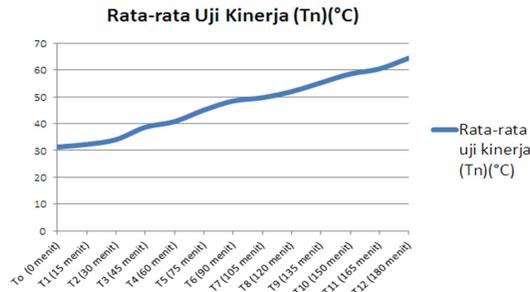
Perbandingan uji kinerja alat pemanas air pada ketiga percobaan di atas, dimana kegiatan ini bertujuan untuk membandingkan suhu pada waktu tertentu (Tn)(°C) dan nilai kenaikan suhu (ΔT)(°C) pada ketiga percobaan tersebut.

Tabel 7. Perbandingan Nilai Suhu Pada Rentang Waktu Tertentu (Tn)(°c) Dan Nilai Kenaikkan Suhu Ketiga Uji Kinerja Alat Pemanas Air(Δt)(°c)

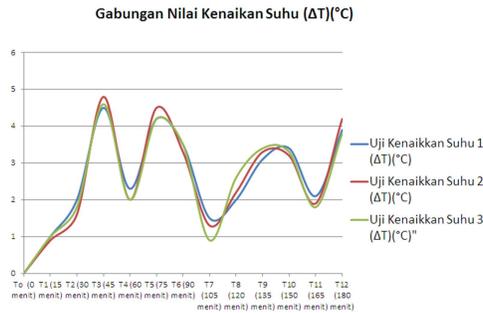
Tn	tn	Δt	Tn1	ΔT1	Tn2	ΔT2	Tn3	ΔT3
T0	0	0	31°C	0	30,9°C	0	32°C	0
T1	15 menit	15 menit	32°C	1°C	31,8°C	0,92°C	33°C	1°C
T2	30 menit	15 menit	34°C	2°C	33,4°C	1,6°C	34,8°C	1,8°C
T3	45 menit	15 menit	38,5°C	4,5°C	38,2°C	4,8°C	39,4°C	4,6°C
T4	60 menit	15 menit	40,8°C	2,3°C	40,2°C	1,99°C	41,4°C	2°C
T5	75 menit	15 menit	45°C	4,2°C	44,7°C	4,5°C	45,6°C	4,2°C
T6	90 menit	15 menit	48,5°C	3,5°C	48°C	3,3°C	49,1°C	3,5°C
T7	105 menit	15 menit	50°C	1,5°C	49,3°C	1,3°C	50°C	0,9°C
T8	120 menit	15 menit	52°C	2°C	51,5°C	2,2°C	52,6°C	2,6°C
T9	135 menit	15 menit	55,1°C	3,1°C	54,8°C	3,3°C	56°C	3,4°C
T10	150 menit	15 menit	58,5°C	3,4°C	58°C	3,2°C	59,3°C	3,3°C
T11	165 menit	15 menit	60,6°C	2,1°C	59,9°C	1,9°C	61,1°C	1,8°C
T12	180 menit	15 menit	64,5°C	3,9°C	64,1°C	4,2°C	64,9°C	3,8°C



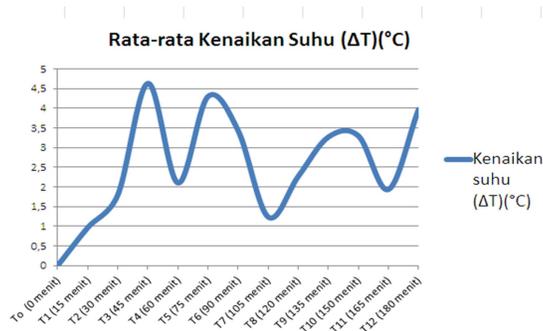
Gambar 10. Grafik Perbandingan Nilai Suhu Pada Rentang Waktu Tertentu (T_n)(°c) Ketiga Uji Kinerja Alat Pemanas Air



Gambar 11. Grafik Rata-Rata Nilai Suhu Pada Rentang Waktu Tertentu (T_n)(°c) Ketiga Uji Kinerja



Gambar 12. Grafik Perbandingan Nilai Kenaikkan Suhu (Δt)(°c) Pada Ketiga Uji Kinerja Alat Pemanas Air



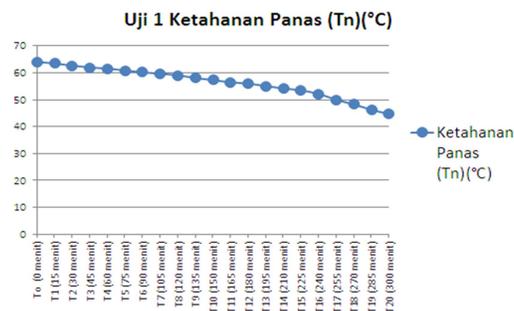
Gambar 13. Grafik Rata-Rata Nilai Kenaikkan Suhu (Δt)(°c) Pada Ketiga Uji Kinerja Alat Pemanas Air

Uji Ketahanan Suhu

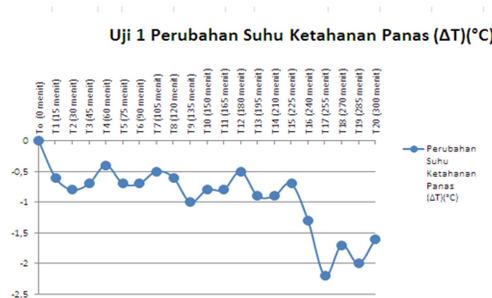
Uji ketahanan suhu merupakan uji alat yang bertujuan mengetahui seberapa jauh kemampuan alat pemanas air mempertahankan suhu air yang sudah dicapai pada alat pemanas air sehingga pemakaian AC yang telah dihentikan maka tidak terlalu berpengaruh terhadap penurunan suhu air yang ada dalam tabung penampungan air panas. Dengan mengukur suhu tertentu setiap 15 menit dan dapat ditinjau dengan durasi selama 300 menit.

Tabel 8. Uji 1 Ketahanan Suhu Alat Pemanas Air

Uji		1			
Tanggal		30-Okt-21			
Tn	Waktu pencatatan	tn	Δt	Tn	ΔT
T ₀	12.10	0	0	64,1°C	0 °C
T ₁	12.25	15 menit	15 menit	63,5°C	-0,6 °C
T ₂	12.40	30 menit	15 menit	62,7°C	-0,8 °C
T ₃	12.55	45 menit	15 menit	62°C	-0,7 °C
T ₄	13.10	60 menit	15 menit	61,6°C	-0,4 °C
T ₅	13.25	75 menit	15 menit	60,9°C	-0,7 °C
T ₆	13.40	90 menit	15 menit	60,2°C	-0,7 °C
T ₇	13.55	105 menit	15 menit	59,7°C	-0,5 °C
T ₈	14.10	120 menit	15 menit	59,1°C	-0,6 °C
T ₉	14.25	135 menit	15 menit	58,1°C	-1 °C
T ₁₀	14.40	150 menit	15 menit	57,3°C	-0,8 °C
T ₁₁	14.55	165 menit	15 menit	56,5°C	-0,8 °C
T ₁₂	15.10	180 menit	15 menit	56°C	-0,5 °C
T ₁₃	15.25	195 menit	15 menit	55,1°C	-0,9 °C
T ₁₄	15.40	210 menit	15 menit	57°C	1,9 °C
T ₁₅	15.55	225 menit	15 menit	55°C	-2 °C
T ₁₆	16.10	240 menit	15 menit	53°C	-2 °C
T ₁₇	16.25	255 menit	15 menit	50°C	-3 °C
T ₁₈	16.40	270 menit	15 menit	48,3°C	-1,7 °C
T ₁₉	16.55	285 menit	15 menit	46,3°C	-2 °C
T ₂₀	17.10	300 menit	15 menit	44,7°C	-1,6 °C



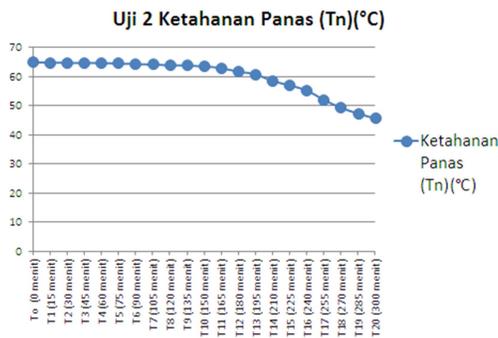
Gambar 14. Grafik Uji 1 Ketahanan Suhu Alat Pemanas Air (Tn)(°c)



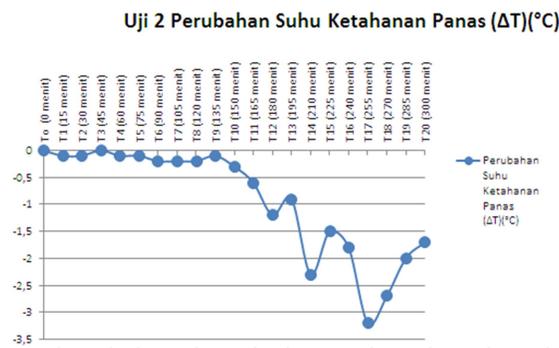
Gambar 15. Grafik Kenaikkan Penurunan Suhu Uji 1 Ketahanan Suhu (Δt)(°c)

Tabel 9. Uji 2 Ketahanan Suhu Alat Pemanas Air

Uji				2	
Tanggal				31-Okt-21	
Tn	Waktu pencatatan	tn	Δt	Tn	ΔT
To	11.00	0	0	64,9°C	0 °C
T1	11.15	15 menit	15 menit	64,8°C	-0,1 °C
T2	11.30	30 menit	15 menit	64,7°C	-0,1 °C
T3	11.45	45 menit	15 menit	64,7°C	0 °C
T4	12.00	60 menit	15 menit	64,6°C	-0,1 °C
T5	12.15	75 menit	15 menit	64,5°C	-0,1 °C
T6	12.30	90 menit	15 menit	64,3°C	-0,2 °C
T7	12.45	105 menit	15 menit	64,1°C	-0,2 °C
T8	13.00	120 menit	15 menit	63,9°C	-0,2 °C
T9	13.15	135 menit	15 menit	63,8°C	-0,1 °C
T10	13.30	150 menit	15 menit	63,5°C	-0,3 °C
T11	13.45	165 menit	15 menit	62,9°C	-0,6 °C
T12	14.00	180 menit	15 menit	61,7°C	-1,2 °C
T13	14.15	195 menit	15 menit	60,8°C	-0,9 °C
T14	14.30	210 menit	15 menit	58,5°C	-2,3 °C
T15	14.45	225 menit	15 menit	57°C	-1,5 °C
T16	15.00	240 menit	15 menit	55,2°C	-1,8 °C
T17	15.15	255 menit	15 menit	52°C	-3,2 °C
T18	15.30	270 menit	15 menit	49,3°C	-2,7 °C
T19	15.45	285 menit	15 menit	47,3°C	-2 °C
T20	16.00	300 menit	15 menit	45,6°C	-1,7 °C



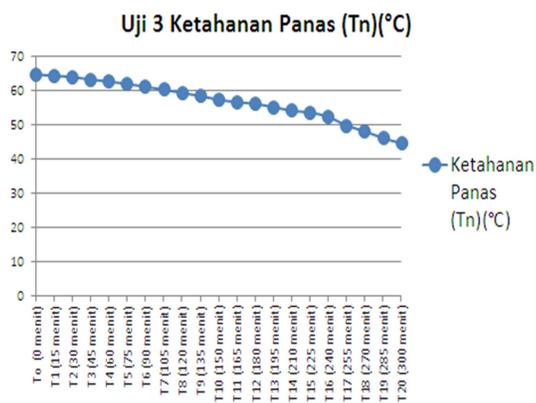
Gambar 16. Grafik Uji 2 Ketahanan Suhu Alat Pemanas Air (Tn)(°C)



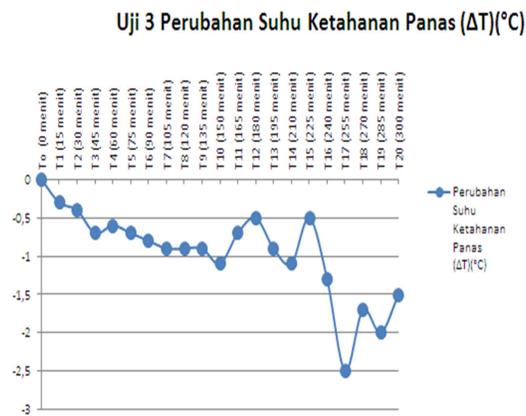
Gambar 17. Grafik Kenaikan Penurunan Suhu Uji 2 Ketahanan Suhu (ΔT)(°C)

Tabel 10. Uji 3 Ketahanan Suhu Alat Pemanas Air

Uji				3	
Tanggal				07-Nop-21	
Tn	Waktu pencatatan	tn	Δt	Tn	ΔT
To	12.10	0	0	64,5°C	0 °C
T1	12.25	15 menit	15 menit	64,2°C	-0,6 °C
T2	12.40	30 menit	15 menit	63,8°C	-0,8 °C
T3	12.55	45 menit	15 menit	63,1°C	-0,7 °C
T4	13.10	60 menit	15 menit	62,5°C	-0,4 °C
T5	13.25	75 menit	15 menit	61,8°C	-0,7 °C
T6	13.40	90 menit	15 menit	61°C	-0,7 °C
T7	13.55	105 menit	15 menit	60,1°C	-0,5 °C
T8	14.10	120 menit	15 menit	59,2°C	-0,6 °C
T9	14.25	135 menit	15 menit	58,3°C	-1 °C
T10	14.40	150 menit	15 menit	57,2°C	-0,8 °C
T11	14.55	165 menit	15 menit	56,5°C	-0,8 °C
T12	15.10	180 menit	15 menit	56°C	-0,5 °C
T13	15.25	195 menit	15 menit	55,1°C	-0,9 °C
T14	15.40	210 menit	15 menit	54°C	-1,1 °C
T15	15.55	225 menit	15 menit	53,5°C	-0,5 °C
T16	16.10	240 menit	15 menit	52,2°C	-1,3 °C
T17	16.25	255 menit	15 menit	49,7°C	-2,5 °C
T18	16.40	270 menit	15 menit	48°C	-1,7 °C
T19	16.55	285 menit	15 menit	46°C	-2 °C
T20	17.10	300 menit	15 menit	44,5°C	-1,5 °C



Gambar 18. Grafik Uji 3 Ketahanan Suhu Alat Pemanas Air (Tn)(°c)

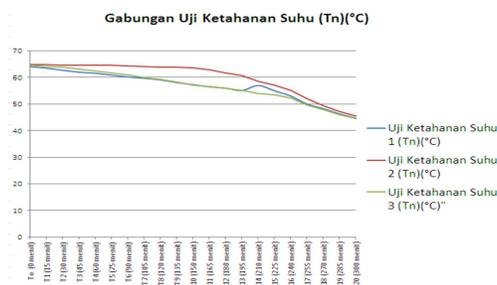


Gambar 19. Grafik Kenaikkan Penurunan Suhu Uji 3 Ketahanan Suhu (Δt)(°c)

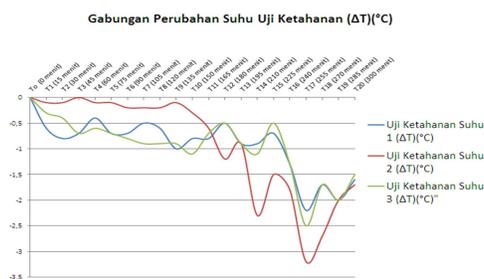
Tabel 11. Perbandingan Nilai Uji Ketahanan Suhu Pada Rentang Waktu Tertentu (T_n)(°C) Dan Nilai Penurunan Suhu Ketiga Uji Ketahanan Suhu Alat Pemanas Air(ΔT)(°C)

T_n	t_n	Δt	T_{n1}	$\Delta T1$	T_{n2}	$\Delta T2$	T_{n3}	$\Delta T3$	T_n Rata-rata	ΔT Rata-rata
T_0	0	0	64,1°C	0 °C	64,9°C	0 °C	64,5°C	0 °C	64,5°C	0 °C
T_1	15 menit	15 menit	63,5°C	-0,6 °C	64,8°C	-0,1 °C	64,2°C	-0,6 °C	64,1°C	-0,34 °C
T_2	30 menit	15 menit	62,7°C	-0,8 °C	64,7°C	-0,1 °C	63,8°C	-0,8 °C	63,7°C	-0,44 °C
T_3	45 menit	15 menit	62°C	-0,7 °C	64,7°C	0 °C	63,1°C	-0,7 °C	63,3°C	-0,47 °C
T_4	60 menit	15 menit	61,6°C	-0,4 °C	64,6°C	-0,1 °C	62,5°C	-0,4 °C	62,9°C	-0,37 °C
T_5	75 menit	15 menit	60,9°C	-0,7 °C	64,5°C	-0,1 °C	61,8°C	-0,7 °C	62,4°C	-0,5 °C
T_6	90 menit	15 menit	60,2°C	-0,7 °C	64,3°C	-0,2 °C	61°C	-0,7 °C	61,8°C	-0,57 °C
T_7	105 menit	15 menit	59,7°C	-0,5 °C	64,1°C	-0,2 °C	60,1°C	-0,5 °C	61,3°C	-0,54 °C
T_8	120 menit	15 menit	59,1°C	-0,6 °C	63,9°C	-0,2 °C	59,2°C	-0,6 °C	60,7°C	-0,57 °C
T_9	135 menit	15 menit	58,1°C	-1 °C	63,8°C	-0,1 °C	58,3°C	-1 °C	60,1°C	-0,67 °C
T_{10}	150 menit	15 menit	57,3°C	-0,8 °C	63,5°C	-0,3 °C	57,2°C	-0,8 °C	59,3°C	-0,74 °C
T_{11}	165 menit	15 menit	56,5°C	-0,8 °C	62,9°C	-0,6 °C	56,5°C	-0,8 °C	58,7°C	-0,7 °C
T_{12}	180 menit	15 menit	56°C	-0,5 °C	61,7°C	-1,2 °C	56°C	-0,5 °C	57,9°C	-0,74 °C
T_{13}	195 menit	15 menit	55,1°C	-0,9 °C	60,8°C	-0,9 °C	55,1°C	-0,9 °C	57°C	-0,9 °C
T_{14}	210 menit	15 menit	57°C	1,9 °C	58,5°C	-2,3 °C	54°C	-1,1 °C	56,5°C	-1,44 °C
T_{15}	225 menit	15 menit	55°C	-2 °C	57°C	-1,5 °C	53,5°C	-0,5 °C	55,1°C	-0,9 °C
T_{16}	240 menit	15 menit	53°C	-2 °C	55,2°C	-1,8 °C	52,2°C	-1,3 °C	53,5°C	-1,47 °C
T_{17}	255 menit	15 menit	50°C	-3 °C	52°C	-3,2 °C	49,7°C	-2,5 °C	50,8°C	-2,64 °C
T_{18}	270 menit	15 menit	48,3°C	-1,7 °C	49,3°C	-2,7 °C	48°C	-1,7 °C	48,6°C	-2,04 °C
T_{19}	285 menit	15 menit	46,3°C	-2 °C	47,3°C	-2 °C	46°C	-2 °C	46,5°C	-2 °C
T_{20}	300 menit	15 menit	44,7°C	-1,6 °C	45,6°C	-1,7 °C	44,5°C	-1,5 °C	44,9°C	-1,6 °C

Perbandingan nilai uji ketahanan suhu tersebut dapat dilihat yaitu dengan meninjau nilai penurunan suhu dari ketiga uji tersebut sehingga dapat dilihat perbedaan penurunan setiap 15 menit yang berbeda-beda sehingga diperlukan nilai rata-rata dari ketiga nilai suhu tersebut. Dengan ini pengujian dengan teliti menghindari kesalahan paralaks dalam pengukuran, dengan mengukur suhu posisi mata tegak lurus terhadap bar yang ada di thermometer dan menjaga kondisi tubuh yang tidak kelelahan agar tetap konsentrasi dalam melihat nilai suhu yang ada pada thermometer.



Gambar 20. Grafik Perbandingan Nilai Uji Ketahanan Suhu Pada Rentang Waktu Tertentu (T_n)(°C) Ketiga Uji Kinerja Alat Pemanas Air



Gambar 21. Grafik Perbandingan Nilai Ketahanan Suhu (Δt)(°C) Pada Ketiga Uji Ketahanan Suhu Alat Pemanas Air

KESIMPULAN

Dalam project pembuatan pemanas air dengan memanfaatkan panas AC Outdoor yang dikeluarkan, dari analisa teknis dan pembuatan prototype dapat disimpulkan :

1. Alat pemanas air dapat meningkatkan suhu dengan kenaikan suhu rata-rata adalah 2,56°C /15 menit selama uji kenaikan suhu selama 3 jam/180 menit.
2. Dengan menggunakan Asas black maka didapat bahwa produk pemanas air ini dapat membantu menaikkan suhu air yang ideal sesuai dengan survey kenyamanan pelanggan yaitu dengan mencampur suhu air terpanas 64°C sebanyak 5 liter dengan suhu terdingin 31°C sebanyak 10 liter yaitu dengan suhu campuran 32°C (masuk dalam kategori 2).
3. Dari uji ketahanan air dapat disimpulkan suhu air dapat bertahan pada suhu ideal berdasarkan survey kenyamanan pelanggan selama 5 jam/300 menit yaitu dengan suhu rata-rata pengukuran 44,9°C (masuk dalam kategori 2).

DAFTAR PUSTAKA

- Algorithm, AD. PR. Tailor, HR. Jivanramajiwal, "Optimization of R507A-R23 Cascade Refrigeration System Using Genetic" , World Academy of Science, Engineering and Technology 70, 2010
- Frank Kreith, William Z Black, "Basic Heat Transfer", Harper & Row, Publisher, New York
- Idawati Supu, Baso Usman, Selviani Basri, Sunarmi, "Pengaruh Suhu Terhadap Perpindahan Panas Pada Material Yang Berbeda"
- Merle C Potter, David C Wiggert, "Mechanic of Fluid" third edition
- Michael J Moran, Howard N Shapiro, alih bahasa Yulianto Sulisty Nugroho, Edi Surjosatyo, "Termodinamika Teknik" Jilid 2, Erlangga, Jakarta, 2004
- Muhsin "Application of Talking Stick Learning Model to Improve Students' Positive Attitude and Learning Achievement in the Subject of Heat"
- K, E. setyadi, & Komalasari, A. (2012). Miskonsepsi Tentang Suhu dan Kalor Pada Siswa Kelas 1 Di Sma Muhammadiyah Purworejo, Jawa Tengah. Berkala Fisika Indonesia, 4(1 & 2), 46-49.
- P. Sathiamurti, "Design and Defelopment of Waste Recove System for Air Conditioning Unit" Departement of Mechanical Engineering, Kongu Engineering College, Perundurai, Eronde 638052, Tamilnadu, India, European Journal of Science Research, 2011
- Rasta made I, "pamanfaatan energi panas terbuang pada kondensor AC sentral jenis water chiller untuk pemanas air hemat energi" , jurnal ilmiah teknik mesin cakra, politeknik negri bali 2009
- R.J Dossat, "Principle of Refrigeration", John Wiley & Sons, Inc, New York and London
- Wilbert F Stoecker, Jerold W Jones, Supratman Hara, "Refrigerasi dan Pengkondisian udara", Erlangga, Jakarta