

PROTOTIPE SISTEM HIBRID-PEMANFAATAN PANAS AC *SPLIT* DAN RADIASI PANAS MATAHARI UNTUK PEMANAS AIR

Yudhy Kurniawan

Politeknik Negeri Indramayu
Jl. Lohbener Lama No. 8, Indramayu, Jawa Barat 45252
email: k.yudhy@yahoo.com

ABSTRAK

Hampir lebih dari tiga perempat kebutuhan energi didunia ini masih didominasi bahan bakar fosil yang saat ini semakin menipis, dimana konsumsi terbesar yang dihasilkan dari fosil ini adalah energi listrik. Untuk kondisi negara tropis di Indonesia, terutama di daerah dimana peneliti tinggal beriklim panas, sehingga rata-rata setiap rumah maupun gedung instansi dan perhotelan banyak menggunakan *Air conditioning (AC) split* sebagai alat untuk mengkondisikan ruangan agar terasa nyaman bagi penghuninya. Disisi lain kebutuhan akan pemanas air untuk keperluan sehari-hari sangatlah diharapkan juga oleh para penghuni. Pemanfaatan panas buang dari kondensor AC *split* sebagai pemanas air saat ini sudah dirintis sebagai solusi terhadap krisis energi dan penghematan konsumsi listrik. Begitu pula alternatif lain pemanfaatan radiasi panas matahari sebagai bahan pemanas juga sudah banyak diciptakan. Hanya saja masih minim penelitian terkait jika kedua system tersebut digabungkan menjadi sebuah satu system hibrid yang menggabungkan panas dari AC *split* dan solar termal kolektor. Metode penelitian diawali dengan membuat prototype atau model alat yang mengkombinasikan system dengan panas luaran kompresor berbentuk *helical pipe* yang dihubungkan tangki pemanas air, sedangkan air disirkulasikan oleh pompa dari tangki pemanas air menuju solar termal kolektor type *flat plate* untuk dipanaskan kembali. Untuk menjaga kesetimbangan panas pada tangki secara kontinyu, dikarenakan penggunaan AC *split* yang tidak terus-menerus bekerja, maka dikombinasikan dengan menambahkan alat solar termal kolektor sebagai alat penyerap panas untuk memanaskan air. Hasil yang diperoleh dapat diketahui berapa lama waktu pemanasan tercapai lebih cepat serta nilai performansi dari system lebih tinggi dibandingkan dengan hanya menggunakan AC *split* saja.

Kata kunci: panas AC *split* (ACWH), STAC hybrid system, pemanas air, kinerja

PENDAHULUAN

Dewasa ini, alat pengkondisian udara (*air conditioner /AC*) sudah menjadi kebutuhan primer bagi sebagian besar penduduk dipertanian begitu pula pemanas air (*water heater*) sudah menjadi barang perabot umum pada rumah tangga di perkotaan. Alat pengkondisian udara banyak diperlukan karena Indonesia merupakan negara yang beriklim tropis dimana kondisi udara cenderung panas dan lembab, sehingga tidak nyaman untuk beraktivitas. Sedangkan pemanas air digunakan untuk mandi air panas sebagai sarana relaksasi tubuh setelah penggunaannya melakukan aktivitas yang melelahkan sepanjang hari. Pengkondisi udara umumnya mengkonsumsi energi listrik untuk beroperasi yang besarnya tergantung dari kapasitas pendinginannya, sedangkan pemanas air memiliki sumber energi yang lebih bervariasi yaitu gas, listrik, dan surya (Santoso,2013). Pada kondisi yang lain perlu disadari bahwa kebutuhan akan bahan bakar fosil semakin besar sementara ketersediaannya semakin menipis, sehingga jika tidak dilakukan inovasi tentang energy alternative akan mengancam generasi yang akan datang, dan untuk saat ini konsumsi terbesar sekitar 42,5 % ada pada total konsumsi listrik (Soegijanto,1993), sedangkan kebutuhan energy listrik terbesar ada pada penggunaan pengkondisian udara (AC *split*). Dengan alasan ini pula menjadi perhatian penelitian terhadap pemanfaatan panas buang dari AC *split* untuk pemanas air dikombinasikan dengan solar kolektor radiasi matahari.

Selama ini pemanas air diperoleh secara terpisah, dari hanya menggunakan panas buang kondensor AC *split* (Sonawan,2018), pengkondisian udara dengan kondensor Dummy tipe multi helical coil (Azis, 2015) atau hanya bersumberkan dari pemanfaatan solar termal kolektor sebagai pemanas air mandi (Subur,2014), sedangkan kombinasi system dengan memanfaatkan keduanya masih jarang dilakukan penelitian. Penelitian ini akan dilakukan analisis seberapa besar performansi dari system kombinasi alat tersebut bekerja, kemudian jika didapatkan hasil yang sesuai dengan yang diharapkan berkisar 40-50°C (Nurhalim,2011) dalam waktu relatif singkat, maka akan diimplementasikan sebagai pemanas air dalam rumah tangga.

METODE PENELITIAN

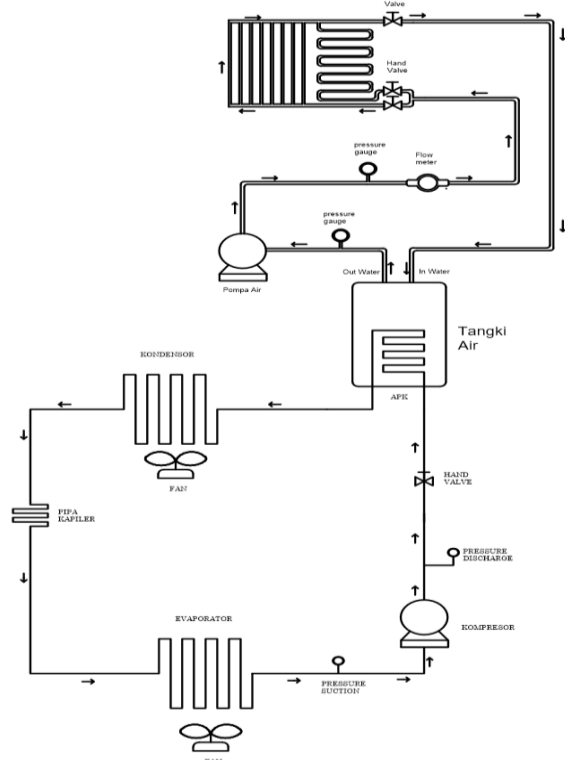
Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah secara teoritis dan eksperimental. Metode secara teoritis menggunakan parameter rancangan dari system hybrid tersebut, sedangkan metode secara eksperimental dilakukan setelah prototype alat beroperasi dengan baik kemudian dilakukan pengujian untuk mengetahui analisis performansi system hybrid tersebut. Skema rancangan system hybrid dapat dilihat pada Gambar 1. Tahapan-tahapan penelitian yang akan dilakukan antara lain:

1. Tahapan Persiapan (perencanaan dan studi pustaka)
- Studi pustaka dilakukan untuk mendapatkan materi mengenai pendahuluan, tinjauan pustaka, data-data

atau informasi sebagai bahan acuan dalam melakukan pengujian. Perencanaan dilakukan agar tidak terjadi banyak kesalahan pada saat proses pembuatan alat.

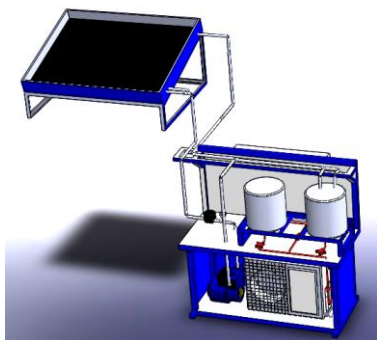
2. Tahapan Perancangan

Tahapan ini merupakan tahapan awal mendesain sistem yang akan dibuat. Dalam tahapan ini diperlukan data rancangan awal sistem. Perancangan desain ACWH dan solar thermal collector yang akan dibuat dengan memanfaatkan panas dari keduanya yang disebut *Solar Thermal Air Conditioning (STAC) Hybrid System*. Setelah itu memilih material dan komponen yang akan digunakan.



Gambar 1. Skema rancangan system hybrid pemanas air

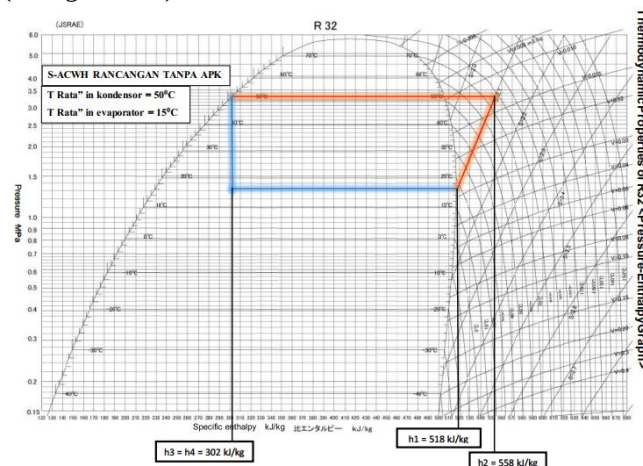
STAC-hybrid system merupakan sistem pemanas air menggunakan kolektor energi surya jenis plat datar yang dikombinasikan dengan ACWH (Air conditioning Water Heater). Sistem hybrid ini didesain seminimalis mungkin agar penggunaan bahan sesuai dengan kebutuhan alat tersebut. Berikut desain STAC-hybrid system pada gambar 2:



Gambar 2. Desain STAC-hybrid system

Pada tahap ini diperhitungkan pula nilai dari efisiensi system AC nya sebagai acuan dalam analisis pengujian

dengan menggunakan diagram p-h pada refrigeran R32 (lihat gambar 3).



Gambar 3. Diagram P-h Rancangan Sistem Refrigerasi Pada ACWH

Proses perhitungan efisiensi system adalah sebagai berikut :

1. Kerja kompresi dan laju aliran massa
Besarnya kerja kompresi per satuan massa refrigeran bisa dihitung dengan persamaan :

$$q_w = h_2 - h_1 = 558 - 518 = 40 \text{ kJ/kg}$$

Untuk mengetahui laju aliran massa refrigeran, maka gunakan persamaan :

$$Q_w = \dot{m} \times q_w$$

Maka,

$$\dot{m} = 0,01 \text{ kg/s}$$

2. Pembuangan panas dan kapasitas kondensor
Besarnya panas refrigeran yang dilepaskan di kondensor dinyatakan sebagai:

$$q_c = h_2 - h_3 = 558 - 302 = 256 \text{ kJ/kg}$$

Besarnya kapasitas kondensor yang dilakukan:

$$Q_c = \dot{m} \times q_c = 0,01 \times 256 = 2,56 \text{ kW} = 2.560 \text{ Watt}$$

3. Efek refrigerasi dan kapasitas evaporator
Besarnya kalor yang diserap oleh evaporator adalah:

$$q_e = h_1 - h_4 = 518 - 302 = 216 \text{ kJ/kg}$$

Besarnya kapasitas evaporator :

$$Q_e = \dot{m} \times q_e = 0,01 \times 302 = 2,16 \text{ kW} = 2.160 \text{ Watt}$$

4. Koefisien kinerja

$$\text{COP}_{\text{aktual}} = \frac{q_e}{q_w} = \frac{216}{40} = 5,4$$

$$\text{COP}_{\text{carnot}} = \frac{T_e}{T_c - T_e} = \frac{288}{323 - 288} = 8,2$$

5. Efisiensi

$$\text{Efisiensi} = \frac{\text{COP}_{\text{aktual}}}{\text{COP}_{\text{carnot}}} = \frac{5,4}{8,2} = 66\%$$

Untuk APK tipe helikal (*spring*) pada tabung water heater dari panas buang pada kompresor diperoleh data panjang pipa APK ¼ inch yaitu 3,35 meter dengan jumlah lilitan 11 dimasukkan dalam tabung dengan volume 30 liter.

Perancangan kolektor energy surya sendiri diperhitungkan efisiensi kolektor dengan persamaan:

$$\eta = \frac{q}{I_s \cdot A_k} \times 100\%$$

Yang kemudian didapat hasil 66 % dari energi yang diterima oleh kolektor dari matahari, dengan panjang pipa yang dibutuhkan adalah sepanjang 8 meter disusun secara seri (serpentine) untuk memanaskan air hingga temperatur desain 40°C dalam waktu 45 menit.

3. Tahapan Pemilihan Alat dan Bahan

Untuk komponen utama sistem ACWH yang dipilih adalah sistem refrigerasi AC (*Air Conditioner*) Split dengan daya ½ PK terdiri dari komponen utama seperti kompresor, kondenser, katup ekspansi, dan evaporator, yang dimodifikasi dengan menambahkan sistem seperti:

a. *Solar Thermal Collector*, sebuah elemen pemanas menggunakan pipa yang memanfaatkan panas matahari dimana panas elemen tersebut dialirkan air sehingga terjadi perpindahan panas pada air tersebut.

b. Alat Penukar Kalor (APK) merupakan suatu peralatan dimana terjadinya perpindahan panas dari suatu fluida yang temperaturnya lebih tinggi ke fluida lain yang temperaturnya lebih rendah. Proses perpindahan panas tersebut dilakukan secara tidak langsung, yaitu fluida panas tidak berhubungan langsung (*indirect contact*) dengan fluida dingin, jadi perpindahan panasnya itu mempunyai media perantara berupa tembaga pipa.

Selanjutnya adalah pemilihan bahan untuk pembuatan kolektor energi surya plat datar. Bahan yang digunakan harus memiliki sifat menyerap panas yang baik agar proses penyerapan panas matahari bisa dilakukan dengan baik. Penggunaan plat galvalum sebagai absorber yang dicat hitam yang diharapkan mampu menyimpan dan mengalirkan panas secara konduksi ke pipa tembaga yang dialiri air. Bagian atas kolektor diberi penutup berupa kaca untuk menghindari kontak langsung dengan udara luar dan membuat mampu meningkatkan panas matahari pada kolektor melalui proses radiasi. Berikut daftar bahan yang dibutuhkan untuk membuat kolektor energi surya jenis plat datar.

4. Tahapan Pembuatan Prototipe

Setelah desain rancangan selesai dibuat, selanjutnya membuat prototype system hybrid pemanas air yang dinamakan STAC (*Solar Thermal Air Conditioning*). Untuk AC split ini menggunakan refrigerant R32 yang ramah lingkungan. Sedangkan untuk solar termal kolektor menggunakan flat plate. Kemudian menambahkan beberapa alat yang diperlukan untuk memodifikasi menjadi sebuah prototype system hybrid.

5. Tahapan Pengujian dan Pengambilan Data

Pengujian alat dilakukan setelah proses pembuatan telah selesai dilakukan. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui apakah alat sudah berfungsi dengan baik atau tidak. Jika alat tidak berfungsi sebagaimana mestinya, maka dilakukan analisa kekurangan dari alat tersebut untuk kemudian diperbaiki agar dapat berfungsi secara normal. Pengujian yang dilakukan antara lain:

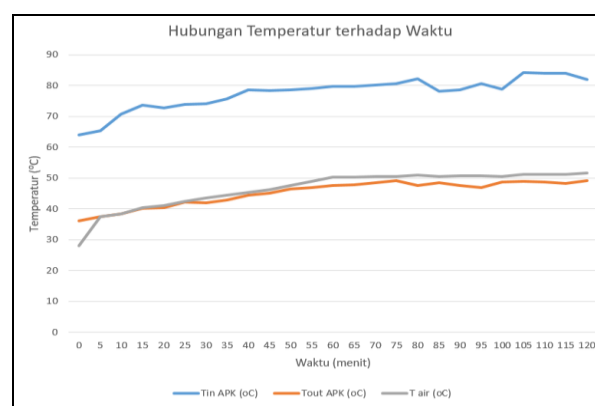
1. Pengecekan sirkulasi aliran refrigeran dan pompa air pada pipa kolektor seri dan paralel.

2. Mendeteksi kebocoran pada sambungan pipa pada ACWH dan Kolektor.
3. Melihat pembacaan alat ukur temperatur, *flowmeter*, tekanan refrigerant dan air serta tegangan dan arus.

Dalam tahapan pengambilan data ini, akan diambil beberapa data dengan menggunakan alat ukur seperti : *thermometer digital* dan *thermocouple*, *pressure gauge*, *flowmeter*, *multimeter*, *stopwatch*. Sedangkan data-data yang diperlukan adalah temperature udara, temperature dan tekanan refrijeran pada AC split, temperature air pada APK dan solar termal kolektor, laju aliran volume, tegangan dan arus listrik.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengambilan data pada system hybrid ini dilakukan pada saat alat beroperasi. Berikut ini data hasil pengukuran yang disajikan dalam bentuk grafik.



Gambar 4. Grafik Data Temperatur Air dan Temperatur In Out APK Terhadap Waktu

Pengambilan data dilakukan selama 2 jam (dari pukul 11.00 hingga pukul 14.00) dengan waktu pengambilan data 5 menit sekali dan grafik di atas menjelaskan pada 5 menit pertama temperatur air dengan dengan penggunaan pipa APK berdiameter ¼ inch mencapai temperatur 37,5°C, terjadi peningkatan temperatur diatas 40°C (dari yang dirancang) pada menit ke 15. Kenaikan temperatur air ini terjadi karena adanya perbedaan temperatur antara air dengan refrigeran dalam pipa masuk APK. Dimana temperatur refrigeran masuk APK pada 5 menit pertama 65,4°C dan keluar APK sebesar 37,5 °C, untuk pemakaian selama 2 jam air mencapai temperatur 51,7°C jadi temperatur masuk APK lebih tinggi dibandingkan temperatur air. Sehingga terjadi proses perpindahan panas hingga mengalami kesetimbangan temperatur. Dan temperatur keluar APK lebih rendah dari temperatur masuk APK akibat terjadinya perpindahan panas tersebut.

Hasil perbandingan kinerja sistem pendingin AC split tanpa APK dengan ACWH dapat diketahui dari tabel.

Pada tabel 1 menjelaskan perbandingan nilai efisiensi, terlihat data nilai efisiensi paling tinggi yaitu pada sistem ACWH menggunakan APK ¼ inch yaitu 72%. Sedangkan nilai efisiensi unit tanpa menggunakan APK lebih rendah dibandingkan yang menggunakan APK yaitu 68%. Hal ini disebabkan

kerja kompresor dari ACWH lebih kecil dibutuhkan sementara kalor yang dimanfaatkan untuk pemanasan air lebih besar. Untuk perbandingan kinerja ACWH dan STAC-hybrid system dapat dilihat pada tabel 2:

Tabel 1. Hasil Perbandingan Efisiensi Sistem Pendingin

No	Jenis Sistem	COP _{aktual}	COP _{carnot}	Efisiensi (%)
1	AC split tanpa APK	4,4	6,5	68
2	ACWH	9,4	13,1	72

Tabel 2. Hasil Perbandingan Kinerja ACWH dan STAC-hybrid System

Parameter	ACWH	STAC hybrid
Temperatur pemanasan air tercapai diatas 40°C	30 menit	15 menit
kalor untuk pemanasan air (Q _{air}) (Watt)	936,5	1.741,25
kalor yang dilepas koil (Q _{koil}) (Watt)	996,3	1.422,57
kalor yang diserap kolektor (Q _k) (Watt)	-	846,25
Efisiensi sistem (%)	94	76,7
Daya listrik (Watt)	310	673,2
Estimasi Biaya perbulan(Rp)	6.822,-	7.408,-

Pada tabel 2 menunjukan perbandingan kinerja antara sistem ACWH dan sistem hibrid STAC. Dari tabel tersebut diketahui nilai temperatur pemanasan air diatas 40°C lebih cepat tercapai untuk sistem hibrid STAC namun nilai efisiensi sistem yang dihasilkan lebih rendah dikarenakan kalor yang diberikan untuk pemanasan air dengan penggabungan sistem masih kecil dibandingkan sistem ACWH, disamping itu biaya pemanfaatan listrik yang dicapai oleh sistem hibrid STAC lebih besar karena adanya penambahan daya pompa.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian dan analisa pembahasan, dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Penggunaan alat penukar kalor tipe helikal dengan diameter pipa ¼ inch dan panjang pipa 3,8 meter menggunakan AC split berdaya ½ PK (Sistem ACWH) dapat memanaskan air lebih dari 40°C dalam waktu 30 menit, sedangkan dengan penggunaan system hybrid STAC diperoleh tercapai temperatur air dalam waktu 15 menit.
2. Penggunaan sistem ACWH akan menghasilkan performansi refrigerasi yang lebih besar 72% ketimbang AC biasa sebesar 68%, hal ini karena adanya proses *heat recovery* pada sistem tersebut.
3. Perbandingan efisiensi system ACWH lebih tinggi hasilnya sebesar 94% dari system hibrid STAC,

sedangkan dari estimasi biaya system ACWH lebih rendah dibandingkan system hybrid STAC dengan selisih biaya perbulannya sebesar Rp.586,-.

Sebagai saran dalam perbaikan system hibrid STAC yang akan datang agar diupayakan mengurangi penggunaan daya listrik seperti pengurangan penggunaan alat pompa, penambahan system control otomatis dan material penyerap panas dan isolator termal yang lebih baik, sehingga diperoleh hasil kinerja yang maksimal.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulisan jurnal ilmiah ini akhirnya dapat diselesaikan berkat adanya bantuan dan dorongan dari berbagai pihak, baik dalam bentuk sumbangan pikiran, materi, motivasi, dan lain-lain. Oleh karena itu, penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada :

1. Politeknik Negeri Indramayu selaku institusi yang mendanai kegiatan penelitian ini;
2. Kusnandar, MT., selaku anggota peneliti 1
3. Azran Budi Arif, MT., selaku anggota peneliti 2
4. Ahmad Qobir, selaku pengolah data
5. Kamaludin, selaku petugas lapangan

REFERENSI

- Azis, A., Fikri, S., Kurniawan M., A., Mainil, R., 2015. Pengaruh Laju Aliran Air Terhadap Performansi Mesin Pengkondisian Udara Hibrida dengan Kondenser Dummy Tipe Multi Helical Coil sebagai Water Heater. *Proceeding Seminar Nasional XIV-ITENAS*, ISBN: 978-602-74127-0-5, Hal.38-43
- Incropera, Frank P. and Dewitt, David P. 2008. *Fundamentals Of Heat And Mass Transfer* (7th ed.). New York: John Wiley & Sons.
- Muhammad Zulfri, Razali Thaib, dan Hamdani, 2014. Kaji Eksperimental Pemanfaatan Material Penyimpan Panas Pada Kolektor Pemanas Air Surya. *Proceedings Seminar Nasional Teknik Mesin Universitas Trisakti*, ISBN: 978-602-70012-0-6
- Nurhalim, I., 2011. Rancang Bangun Dan Pengujian Unjuk Kerja Alat Penukar Kalor Tipe Serpentine Pada Split Air Conditioning Water Heater. *Skripsi FTUI*, hal. 6
- Rahman, M., Lanya, B., Tamrin. 2013. Rancang Bangun Alat Pengumpul Panas Energi Matahari Dengan Sistem Termosifon. *Jurnal Teknik Pertanian Lampung*, Volume 2 Nomor 2, halaman 95-104.
- Santoso, D., Dalu Setiaji, F., 2013. Pemanfaatan Panas Buang Pengkondisi Udara Sebagai Pemanas Air Dengan Menggunakan Penukar Panas Helikal. *Jurnal Ilmiah Elektroteknika* Vol. 12 No. 2 Oktober 2013 Hal 129
- Sonawan, H., et al., 2018. Utilization of Air Conditioner Condenser as Water Heater In An Effort To Energy Conversion. *Renewable Energy Environ. Sustain.* 3
- Subur Edi, Sudrajat. 2014. Perancangan Solar Water Heater Jenis Plat Datar Temperatur Medium Untuk Aplikasi Penghangat Air Mandi. *Jurnal Teknologi*, Volume 7 Nomor 2, halaman 118-127.