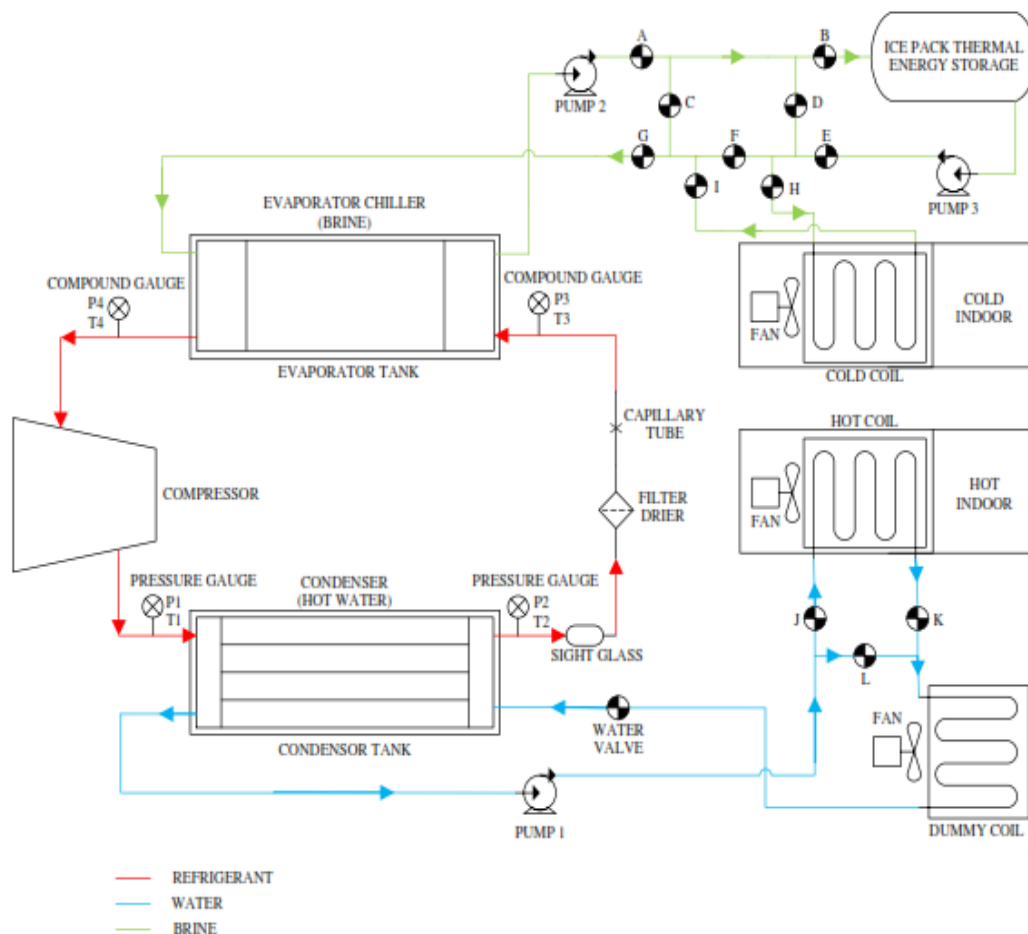


BAB 5. HASIL DAN PEMBAHASAN

Prinsip Kerja Instalasi

Instalasi ini merupakan instalasi mesin pendingin kompresi uap hibrida yang berfungsi sebagai mesin pendingin pada lemari pendingin dan pompa kalor pada lemari pengering. Untuk instalasi siklus primer (siklus refrigerasi), kompresor, sight glass, filter drier, pipa kapiler, kondensor dan evaporator ditempatkan diatas meja dudukan. Sedangkan koil pemanas dan pompa air sirkulasi, ditempatkan dibagian bawah meja dudukan alat, seperti yang dapat dilihat pada Gambar 5 berikut:



Gambar 5. Skematik *Residential Air Conditioning* Hibrida dengan *Thermal Energy Storage*

Metode yang dilakukan dalam penelitian ini merupakan metode eksperimental untuk menguji sebuah *residential air conditioning* hibrida dengan *thermal energy storage* yang menggunakan refrigeran R-22.

1. *Charging Mode (Ice Making)*

Untuk pengujian *charging mode*, cairan *brine* pada *evaporator tank* dipompakan kemudian katup A dan B dibuka penuh, sedangkan katup C dan D ditutup penuh, sehingga cairan *brine* tersebut mengalir masuk ke *ice pack thermal energy storage*. Lalu cairan *brine* yang keluar dari *ice pack thermal energy storage* dipompakan dengan katup E, F, dan G dibuka penuh, sedangkan katup H dan I ditutup penuh, sehingga cairan *brine* yang mengalir keluar dari *ice pack thermal energy storage* kemudian masuk kembali ke dalam *evaporator tank*.

2. *Discharging Mode (Ice Melting)*

Untuk pengujian *discharging mode*, cairan *brine* pada *evaporator tank* dipompakan kemudian katup A dan B dibuka penuh, sedangkan katup C dan D ditutup penuh, sehingga cairan *brine* tersebut mengalir masuk ke *ice pack thermal energy storage*. Lalu cairan *brine* yang keluar dari *ice pack thermal energy storage* dipompakan dengan katup E dan H dibuka penuh dengan katup F ditutup penuh, sehingga cairan *brine* tersebut mengalir masuk *cold coil* yang berada pada *cold indoor*, selanjutnya cairan *brine* mengalir keluar dari *cold coil* kemudian masuk kembali ke dalam *evaporator tank* dengan katup I dan G dibuka penuh.

3. *Standby Mode (Traditional AC)*

Untuk pengujian *standby mode*, cairan *brine* pada *evaporator tank* dipompakan kemudian katup A, D dan H dibuka penuh, sedangkan katup C, B, E dan F ditutup penuh, sehingga cairan *brine* tersebut mengalir masuk ke *cold coil* yang berada pada *cold indoor*. Cairan *brine* yang mengalir keluar dari *cold coil* kemudian mengalir masuk kedalam *evaporator tank* dengan katup I dan G dibuka penuh.

Sistem Ice Storage

Sistem *ice storage* biasanya menggunakan larutan *ethylene glycol*, yang dikenal dengan *brine* sebagai media perpindahan panas. Sehingga air yang umumnya digunakan sebagai media perpindahan panas pada unit *chiller* harus diganti dengan *brine* apabila dikombinasikan dengan sistem *ice storage*. Karena *brine* memiliki kemampuan untuk bekerja pada temperatur rendah sehingga memungkinkan

penurunan temperatur yang cukup besar untuk mengubah fasa air menjadi es. Brine sebenarnya merupakan campuran 25% *ethylene glycol* dan 75 % air.

Chiller sentrifugal memiliki kemampuan menghasilkan *brine* yang keluar dari evaporator bersuhu sekitar 23 ° F - 26 ° F (- 5 ° C s/d – 3 ° C), sehingga sangat cocok untuk aplikasi sistem *ice storage*. Untuk merencanakan kontrol pada sistem *ice storage* agar dapat menjalankan tugas dengan baik tidaklah mudah. Hal ini dapat diawali dengan perencanaan sistem pengkondisian udara yang nyaman bagi para penghuni. Setelah dapat mengetahui beban pendinginan yang harus diatasi maka baru merancang kapasitas tangki *ice storage*. Beban pendinginan ini bisa diatasi secara penuh atau sebagian baik oleh *chiller* maupun *ice storage*. Agar hal tersebut di atas dapat berjalan dengan baik maka pembagian beban tersebut harus dikontrol oleh kontrol taktik dan kontrol strategi. Kontrol taktik mengontrol sistem kerja *chiller* dan *ice storage*, sedangkan kontrol strategi mengontrol penghematan pemakaian listrik.

Encapsulated Ice system

Encapsulated Ice system terdiri dari air atau gel yang terdapat dalam wadah atau kontainer plastik yang dicelupkan dalam cairan pendingin, yang terdapat dalam sebuah tangki penyimpanan (Gambar 6). Selama siklus pembekuan (*charging*) cairan pendingin di bawah titik beku disirkulasikan ke dalam tangki penyimpanan sehingga membekukan cairan dalam kontainer plastik. Pada proses penggunaan (*discharging*) cairan pendingin bersuhu lingkungan atau normal disirkulasikan ke dalam tangki penyimpanan dan melewati kontainer plastik dan mencairkan es dalam kontainer tersebut. *Encapsulated Ice* biasanya berbentuk kotak plastik persegi, kemasan plastic yang lentur, kemasan bola plastik.



Gambar 6. Encapsulated Ice/Ice Packs

Menghitung Jumlah Pendinginan/Refrigerasi dan Blue Ice Yang Dibutuhkan di Fan Coil Unit (FCU)

Untuk menghitung jumlah kalor yang dibutuhkan, maka dengan rumus sebagai berikut:

$$Q = m.C.\Delta T \quad (1)$$

Q = Jumlah panas yang dibutuhkan(Kkal)

m = massa zat (kg)

C = Panas spesifik (Kkal/kg.⁰C)

ΔT = Beda temperatur (⁰C)

Untuk ruang uji diasumsikan jumlah pendinginan yang dibutuhkan adalah 4000 Btu/hr dan 8 jam operasional mesin pendingin.

$$\begin{aligned} Q &= 4000 \text{ Btu / hr} \times 8 \text{ hr} &= 32000 \text{ Btu} \\ &= 32000 \text{ Btu} \times \frac{1}{3,97} \text{ Btu / Kkal} &= 8064 \text{ Kkal} \\ &= 32000 \text{ Btu} \times 0,293 \text{ Watt-hr/Btu} &= 9376 \text{ Watt-hr} \end{aligned}$$

Dipilih beda temperatur ruangan dan temperatur coil adalah: $\Delta T = 5^{\circ}\text{C}$

dan panas spesifik air adalah = 1 Kkal/kg.⁰C

Maka :

$$Q = m \times C \times \Delta T$$

$$8064 \text{ Kkal} = m \times 1 \text{ Kkal/Kg.}^{\circ}\text{C} \times 5^{\circ}\text{C}$$

$$\begin{aligned} m &= \frac{8064 \text{ Kkal}}{5 \text{ Kkal/Kg}} \\ &= 1612,8 \text{ Kg} \end{aligned}$$

Jadi massa air yang diperlukan untuk 4000 Btu/hr adalah = 1612,8 Kg selama 8 jam.

Laju aliran massa air adalah : $\frac{1612,8}{8} = 201,6 \text{ Kg/ jam} = 3,36 \text{ Kg/ menit}$

Jadi pompa yang diperlukan => 3,36 Kg/menit

untuk mencari panas spesifik *blue ice* maka dapat kita gunakan persamaan:

$$Q_a = Q_b$$

Dimana kalor yang dibuang *blue ice* sama dengan kalor yang diserap air atau sebaliknya

Jadi Jumlah air yang dibutuhkan = massa air dalam koil pendingin + massa air yang disirkulasikan permenit.

$$\begin{aligned} \text{Massa air total} &= 0,491 \text{ kg} + 3,36 \text{ kg} \\ &= 3,85 \text{ kg} \end{aligned}$$

Jumlah air yang digunakan adalah 4 kg pada temperatur 10 °C, berdasarkan hasil perhitungan diperoleh :

Untuk merubah air bertemperatur 10 °C menjadi air 0 °C (panas sensibel)

$$\begin{aligned} Q_{10^{\circ}\text{C air ke } 0^{\circ}\text{C air}} &= m \times c_a \times \Delta T \\ &= 4 \times 1 \times 10 \\ &= 40 \text{ Kkal} \end{aligned}$$

Massa *Blue Ice* yang digunakan adalah, $m = 0,5 \text{ Kg}$ dengan beda temperatur $\Delta T = -30^{\circ}\text{C}$

$$\begin{aligned} Q_b &= m \cdot C_b \cdot \Delta T \\ &= 0,5 \cdot C_b \cdot -30 \\ &= -15 C_b \end{aligned}$$

Panas yang dilepas *Blue Ice* sama dengan panas yang diserap air,

$$Q_a = Q_b$$

$$C_b = \frac{15}{40} = 0,37 \text{ Kkal/kg}^{\circ}\text{C}$$

$$Q_b = m \times C_b \times \Delta T$$

$$Q_b = 0,5 \times 0,37 \times -30$$

= 5,62 Kkal (kalor yang dapat dibuang dalam 1 botol *blue ice*). Jadi jumlah *blue ice* yang dibutuhkan dalam 1 jam adalah:

$$: \frac{40 \text{ Kkal}}{5,62 \text{ Kkal/botol}} = 7,11 \text{ Botol blue ice}$$

Jumlah *Blue Ice* dipilih = 8 Botol

Hasil pengujian dengan massa *blue ice* 8 kg dapat mempertahankan temperatur ruangan sekitar 25 °C, selama 1 jam pemakaian, untuk 8 jam pemakaian, dibutuhkan *blue ice* 62.24 kg atau sekitar 120 botol untuk pemakaian penuh.

Ruang Uji Pendingin dan Pengering

Ruang uji adalah ruang yang digunakan untuk menguji mesin refrigerasi hibrida yang berfungsi sebagai ACWH. Ruang uji bisa dikondisikan sesuai dengan parameter pengujian yang dibutuhkan untuk menganalisis kinerja mesin refrigerasi hibrida yang dipasang dalam ruang uji. Dimensi ruang uji adalah panjang 2,26 m, lebar 1,75 m dan tinggi 2 m. Realisasi ruang uji hasil rancangan dapat dilihat pada gambar 5.4.

Pada ruang uji pendingin (Gambar 7), ditempatkan beban pendingin dari lampu pijar dengan beban masing-masing lampu 100W. Jumlah beban keseluruhan adalah 30 buah lampu pijar dengan daya 3000W atau 3 kW. Beban pendingin dapat divariasikan dari 1000W, 2000W dan 3000W. Pada penelitian ini hanya digunakan dua variasi yaitu pengujian dengan beban 2000W dan tanpa beban.

Ruang pengering (Gambar 8) berukuran panjang 1,85 m, lebar 1,30 m, dan tinggi 1,96 m. Pada ruang pengering terdapat Fan Coil Unit untuk pengeringan. Air panas dari tanki kondensor dipompakan ke ruang pengering, kemudian air panas ini kalornya dibuang di Fan Coil Unit ruang pengering. Proses pendinginan dan pengeringan berlangsung secara bersamaan.



Gambar 7. Ruang uji mesin refrigerasi hibrida yang digunakan

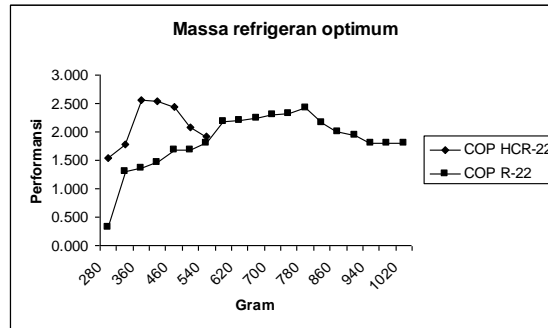


Gambar 8. *Drying Room* (ruang uji pengering)

Massa Refrigeran R22 dan HCR22

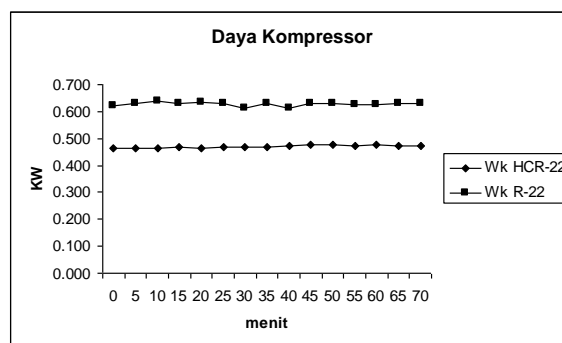
Pada gambar 9. terlihat bahwa massa refrigeran optimum R22 sebesar 900 gram pada COP 2,42, sedangkan massa refrigeran optimum HCR22 sebesar 380 gram pada COP 2,55. Massa refrigeran menggunakan refrigeran HCR 22 lebih hemat 57 persen

dari massa refrigeran R22, karena ada perbedaan massa jenis dan kekentalan dari bahan refrigeran. Penghematan massa ini karena karakteristik penyerapan kalor dari refrigeran hidrokarbon (HCR-22) lebih tinggi dari pada refrigeran halokarbon (R-22), sehingga penggunaan refrigeran hidrokarbon jelas lebih hemat, sehingga lebih ekonomis pada pemakaian jangka panjang.



Gambar 9. Grafik massa refrigeran optimum dan COP optimum

Daya kompresor dengan menggunakan refrigeran HCR22 lebih rendah dari daya kompresor yang menggunakan refrigeran R22 (gambar 10). Dimana daya kompresor rata-rata dengan menggunakan R22 adalah 0,63 kW, sedangkan daya kompresor dengan HCR22 adalah 0,47 kW (lebih hemat 25%). Hal ini disebabkan karena jumlah massa refrigeran yang ditekan oleh kompresor dengan HCR22 lebih sedikit jumlahnya dibandingkan dengan massa refrigeran yang ditekan kompresor yang menggunakan R22. Karena kerja kompresor dengan HCR22 lebih ringan dari R22, maka daya listrik yang digunakan untuk menggerakkan kompresor akan lebih hemat dari R22.



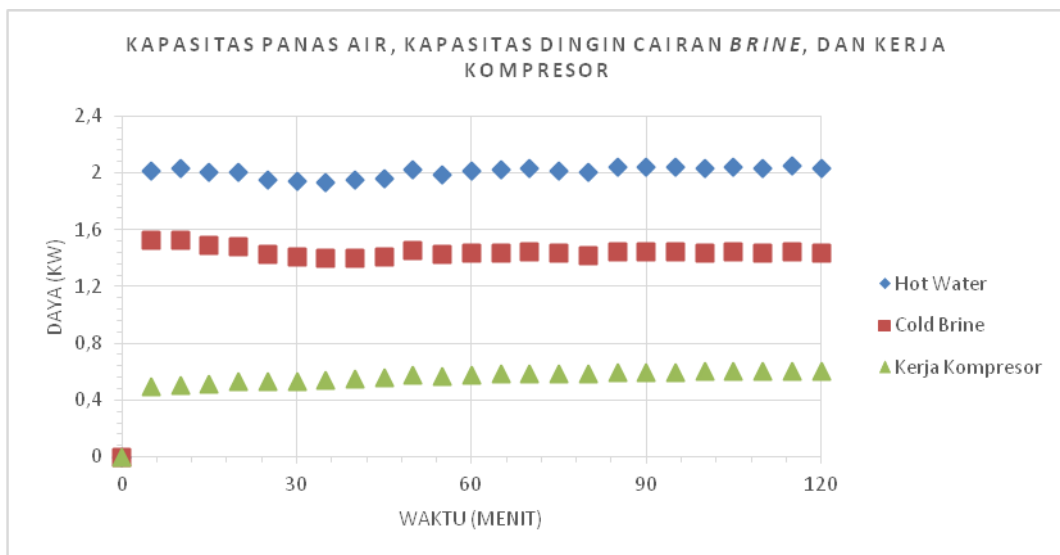
Gambar 10. Daya kompresor HCR22 dan R22

5.1. Standby Mode (Traditional AC) Tanpa Beban

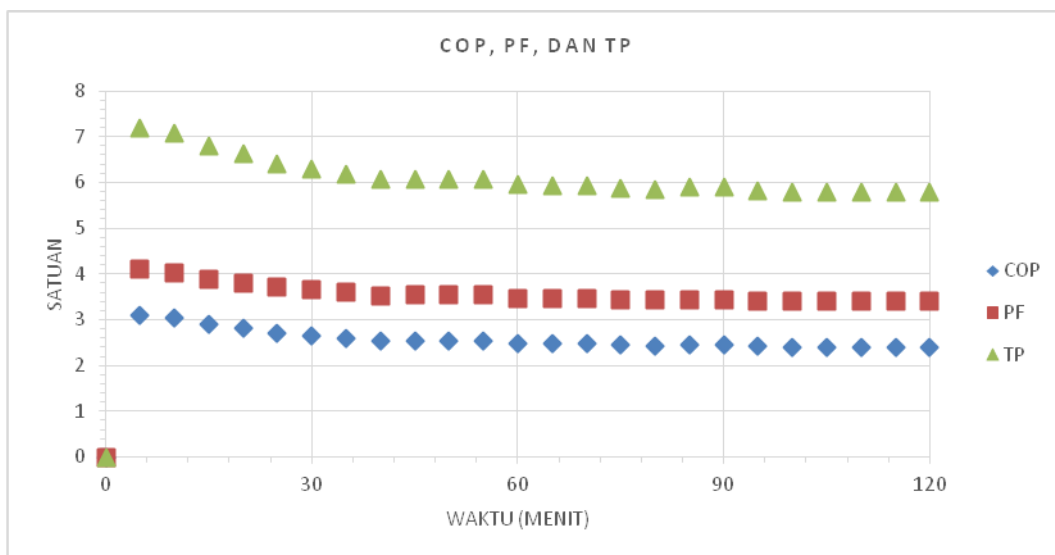
Metode pengujian *standby mode (traditional AC)* tanpa beban ini dilakukan setelah pendinginan terlebih dahulu pada cairan *brine* di tangki evaporator sampai temperatur cairan *brine* 5 °C. Setelah itu cairan *brine* disirkulasikan ke koil *cold room*. Metode pengujian *standby mode (traditional AC)* ini dilakukan selama 120 menit, dengan data yang diambil setiap 5 menit.

Pada Gambar 11, terlihat kapasitas panas air pada kondensor rata – rata dari HCR-22 adalah 1,9278 kW, kapasitas dingin cairan *brine* pada evaporator rata – rata adalah 1,3849 kW dengan daya kerja kompresor rata – rata 0,5429 kW.

Dari proses metode pengujian *standby mode (traditional AC)* tanpa beban ini didapatkan COP rata – rata sebesar 2,460 dengan COP tertinggi 3,093 pada waktu 5 menit pengujian sedangkan COP terendah 2,398 pada waktu 100 menit sampai 120 menit pengujian. Untuk PF rata – rata sebesar 3,42, sedangkan TP rata – rata sebesar 5,88. Terlihat pada Gambar 12, terjadi penurunan COP, PF dan TP selama pengujian berlangsung dikarenakan pemanfaatan dari kondensor oleh air dan evaporator oleh cairan *brine* terhadap kerja kompresor secara keseluruhan.

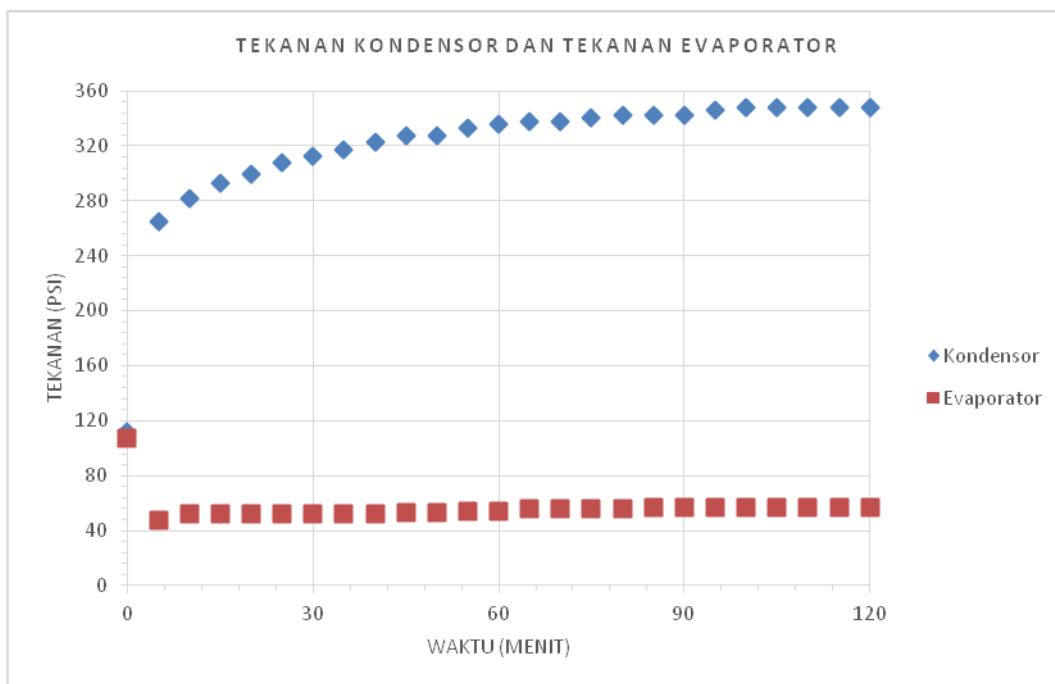


Gambar 11. Kapasitas Panas Air, Kapasitas Dingin Cairan *Brine*, Dan Kerja Kompresor Untuk Metode Pengujian *Standby Mode (Traditional AC)* Tanpa Beban



Gambar 12. COP, PF, Dan TP Untuk Metode Pengujian *Standby Mode (Traditional AC)* Tanpa Beban

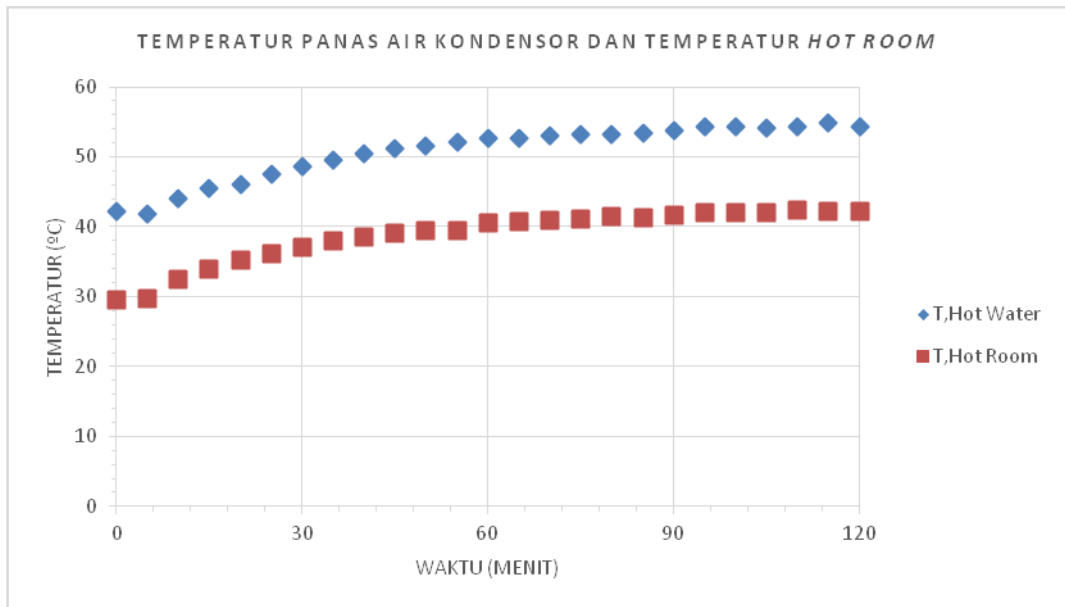
Seperti yang terlihat pada Gambar 13 untuk tekanan kondensor rata – rata sebesar 318,4 psi dan tekanan evaporator sebesar rata – rata 56,6 psi. Tekanan evaporator cenderung naik, hal ini karena temperatur cairan *brine* di evaporator berada pada temperatur rata – rata 4,60 °C, sedangkan tekanan standar pada sistem refrigerasi berada pada temperatur rata – rata 8,391 °C.



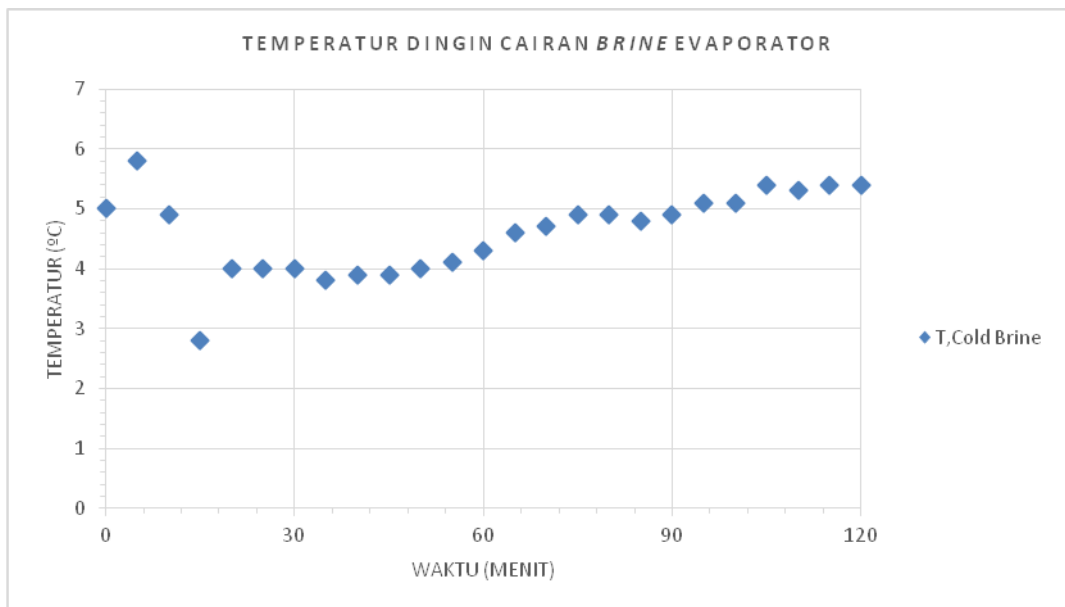
Gambar 13. Tekanan Kondensor Dan Tekanan Evaporator Untuk Metode Pengujian *Standby Mode (Traditional AC)* Tanpa Beban

Untuk Gambar 14 yang terlihat, temperatur panas air kondensor rata – rata sebesar 50,75 °C dengan temperatur *hot room* sebesar 38,78 °C. Temperatur panas air kondensor ini diperoleh dari tekanan kondensor rata – rata sebesar 318,4 psi. Dari temperatur panas air kondensor dan temperatur *hot room* terjadi selisih sebesar ±12 °C, hal ini terjadi karena adanya rugi – rugi kalor/panas proses pertukaran kalor saat distribusi panas air ke koil pemanas di *hot room*.

Pada temperatur dingin cairan *brine* rata – rata di evaporator yaitu 4,60 °C dengan temperatur terendah pada 2,80 °C seperti yang terlihat pada Gambar 15. Sedangkan untuk temperatur *cold room* rata – rata sebesar 22,54 °C.



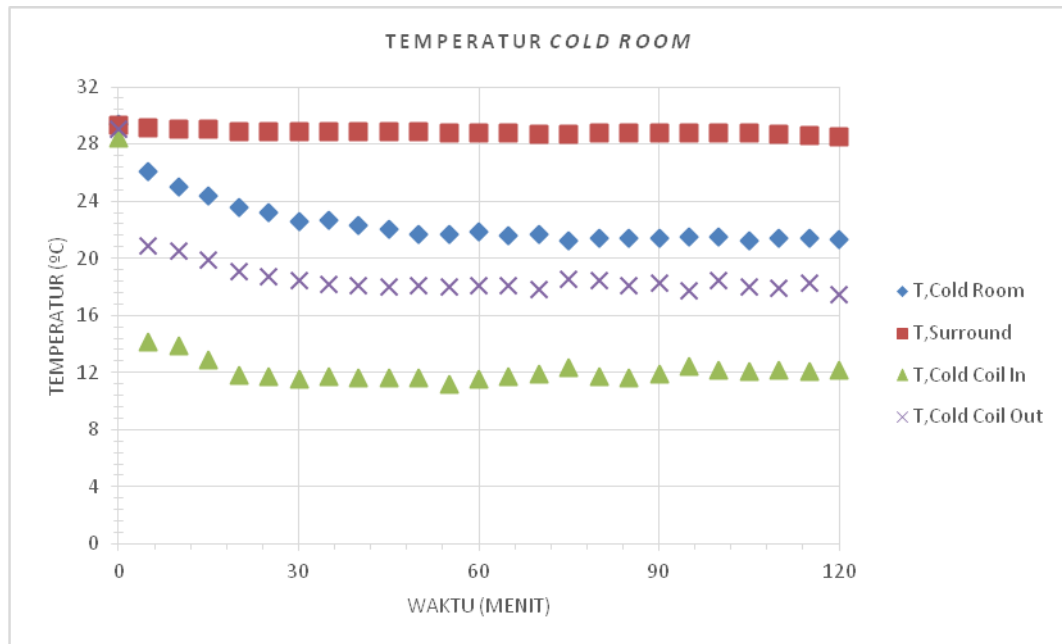
Gambar 14. Temperatur Panas Air Kondensor Dan Temperatur *Hot Room* Untuk Metode Pengujian *Standby Mode (Traditional AC)* Tanpa Beban



Gambar 15. Temperatur Dingin Cairan *Brine* Evaporator Untuk Metode Pengujian *Standby Mode (Traditional AC)* Tanpa Beban

Untuk temperatur dingin cairan *brine* masuk koil rata – rata sebesar 12,71 °C , sedangkan temperatur dingin cairan *brine* keluar koil rata – rata sebesar 18,88 °C. Selisih antara temperatur dingin cairan *brine* masuk koil dengan keluar koil sebesar ±

6,20 °C, adanya selisih ini dikarenakan cairan *brine* menyerap kalor dari *cold room*, seperti yang terlihat pada Gambar 16.



Gambar 16. Temperatur *Cold Room* Untuk Pengujian *Standby Mode (Traditional AC)* Tanpa Beban

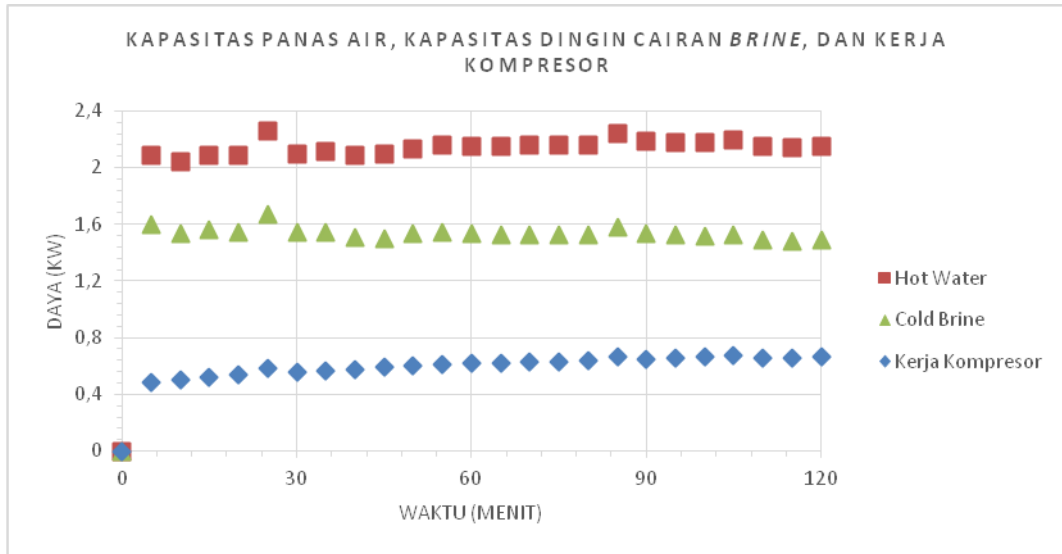
5.2. *Standby Mode (Traditional AC)* Beban 1000 Watt

Untuk metode pengujian *standby mode (traditional AC)* beban 1000 Watt ini hampir sama tahapan awal pengujian yaitu terlebih dahulu cairan *brine* didinginkan. Setelah itu cairan *brine* disirkulasikan ke *cold room* yang diberikan beban lampu 1000 Watt sebagai beban pendinginan.

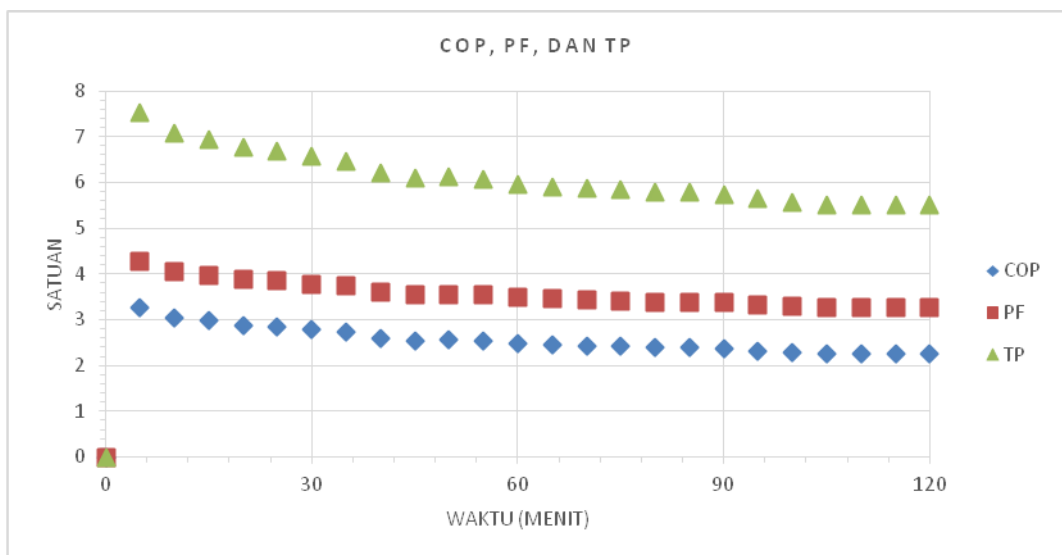
Terlihat Gambar 17, kapasitas panas air pada kondensor rata – rata dari HCR-22 adalah 2,0567 kW, kapasitas dingin cairan *brine* pada evaporator rata – rata adalah 1,4742 kW dengan daya kerja kompresor rata – rata 0,5825 kW.

Proses metode pengujian *standby mode (traditional AC)* beban 1000 Watt ini didapatkan COP rata – rata sebesar 2,452 dengan COP tertinggi 3,265 pada waktu 5 menit pengujian sedangkan COP terendah 2,252 pada waktu 100 menit sampai 120 menit pengujian. Untuk PF rata – rata sebesar 3,41, sedangkan TP rata – rata sebesar 5,86. Terlihat pada Gambar 18, terjadi penurunan COP, PF dan TP selama pengujian

berlangsung dikarenakan pemanfaatan dari kondensator oleh air dan evaporator oleh cairan *brine* terhadap kerja kompresor secara keseluruhan.



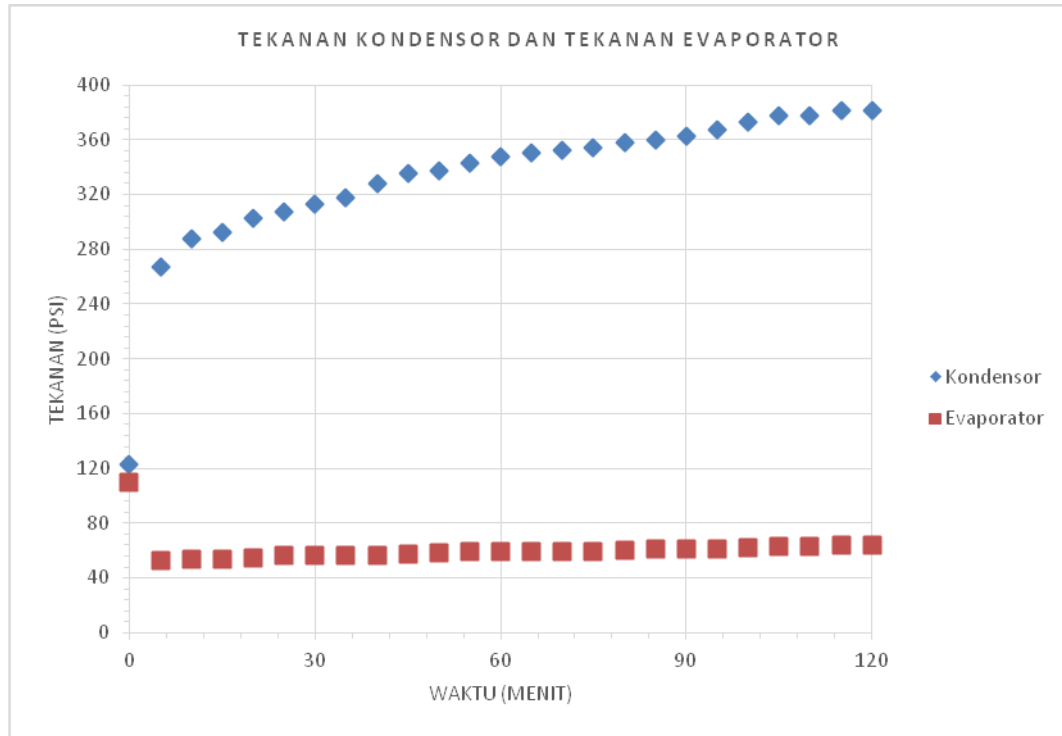
Gambar 17. Kapasitas Panas Air, Kapasitas Dingin Cairan *Brine*, Dan Kerja Kompresor Untuk Metode Pengujian *Standby Mode (Traditional AC)* Beban 1000 Watt



Gambar 18. COP, PF, Dan TP Untuk Metode Pengujian *Standby Mode (Traditional AC)* Beban 1000 Watt

Seperti yang terlihat pada Gambar 19 untuk tekanan kondensator rata – rata sebesar 331,8 psi dan tekanan evaporator sebesar rata – rata 60,8 psi. Tekanan evaporator cenderung naik, hal ini karena temperatur cairan *brine* di evaporator

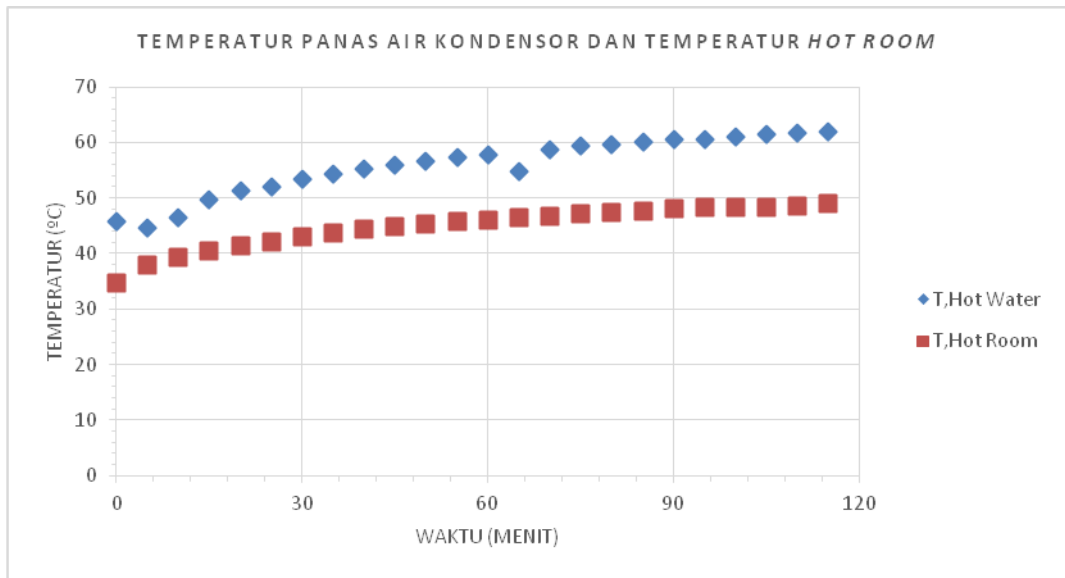
berada pada temperatur rata – rata 5,77 °C, sedangkan tekanan standar pada sistem refrigrerasi berada pada temperatur rata – rata 9,359 °C.



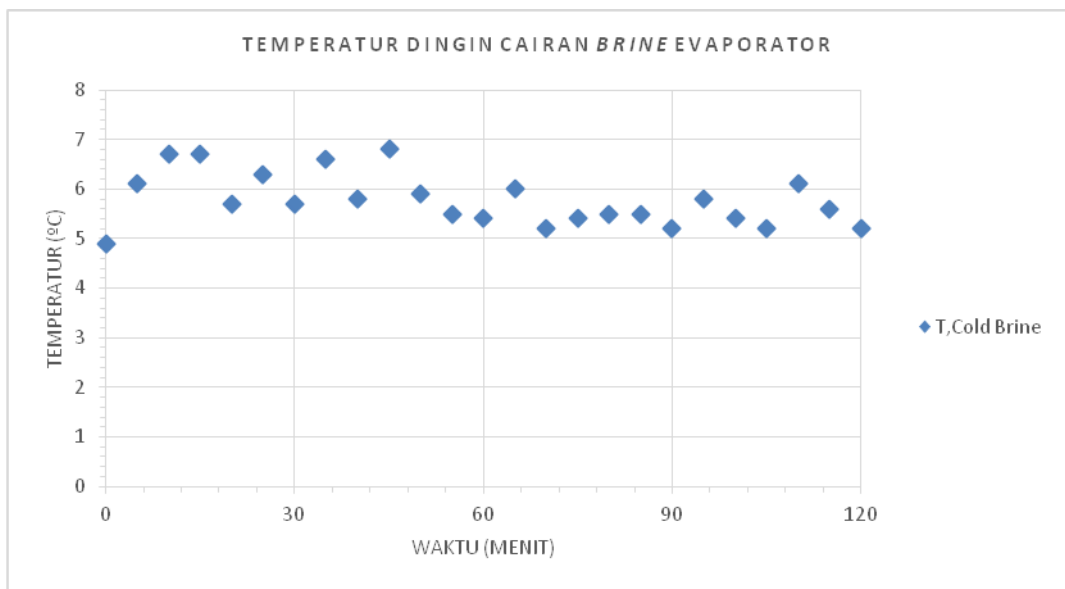
Gambar 19. Tekanan Kondensor Dan Tekanan Evaporator Untuk Metode Pengujian *Standby Mode (Traditional AC)* Beban 1000 Watt

Untuk Gambar 20 yang terlihat, temperatur panas air kondensor rata – rata sebesar 56,04 °C dengan temperatur *hot room* sebesar 44,96 °C. Temperatur panas air kondensor ini diperoleh dari tekanan kondensor rata – rata sebesar 331,8 psi. Dari temperatur panas air kondensor dan temperatur *hot room* terjadi selisih sebesar ±11 °C, hal ini terjadi karena adanya rugi – rugi kalor/panas proses pertukaran kalor saat distribusi panas air ke koil pemanas di *hot room*.

Pada temperatur dingin cairan *brine* rata – rata di evaporator yaitu 5,77 °C dengan temperatur terendah pada 4,90 °C seperti yang terlihat pada Gambar 21.



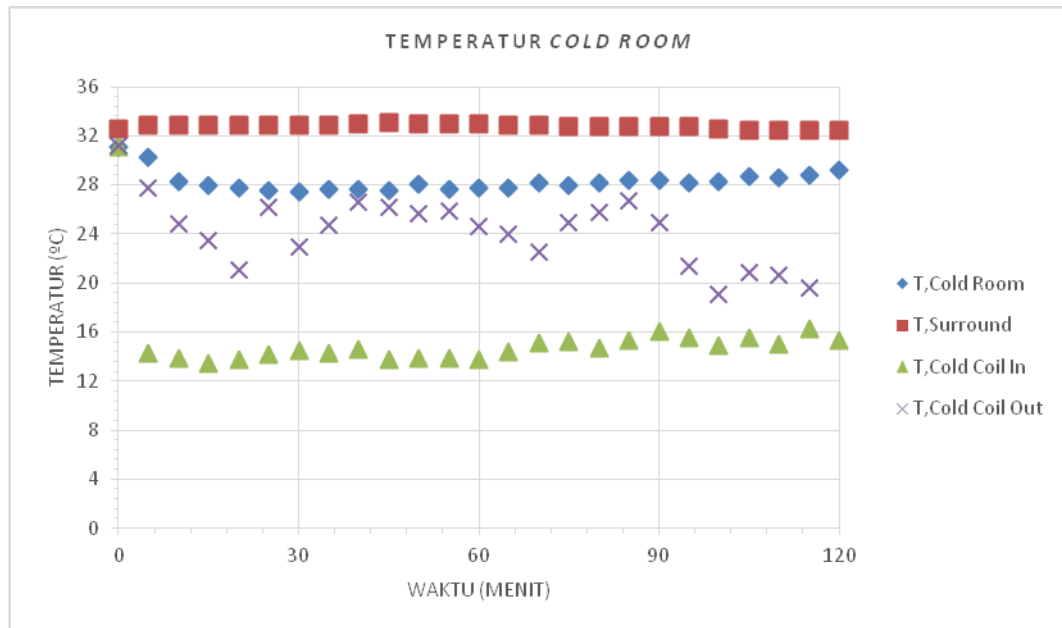
Gambar 20. Temperatur Panas Air Kondensator Dan Temperatur *Hot Room* Untuk Metode Pengujian *Standby Mode (Traditional AC)* Beban 1000 Watt



Gambar 21 Temperatur Dingin Cairan *Brine* Evaporator Untuk Metode Pengujian *Standby Mode (Traditional AC)* Beban 1000 Watt

Sedangkan untuk temperatur *cold room* rata – rata sebesar 28,30 °C. Untuk temperatur dingin cairan *brine* masuk koil rata – rata sebesar 15,31 °C, sedangkan temperatur dingin cairan *brine* keluar koil rata – rata sebesar 24,01 °C. Selisih antara temperatur dingin cairan *brine* masuk koil dengan keluar koil sebesar ± 9,0 °C,

adanya selisih ini dikarenakan cairan *brine* menyerap kalor dari *cold room*, seperti yang terlihat pada Gambar 22.

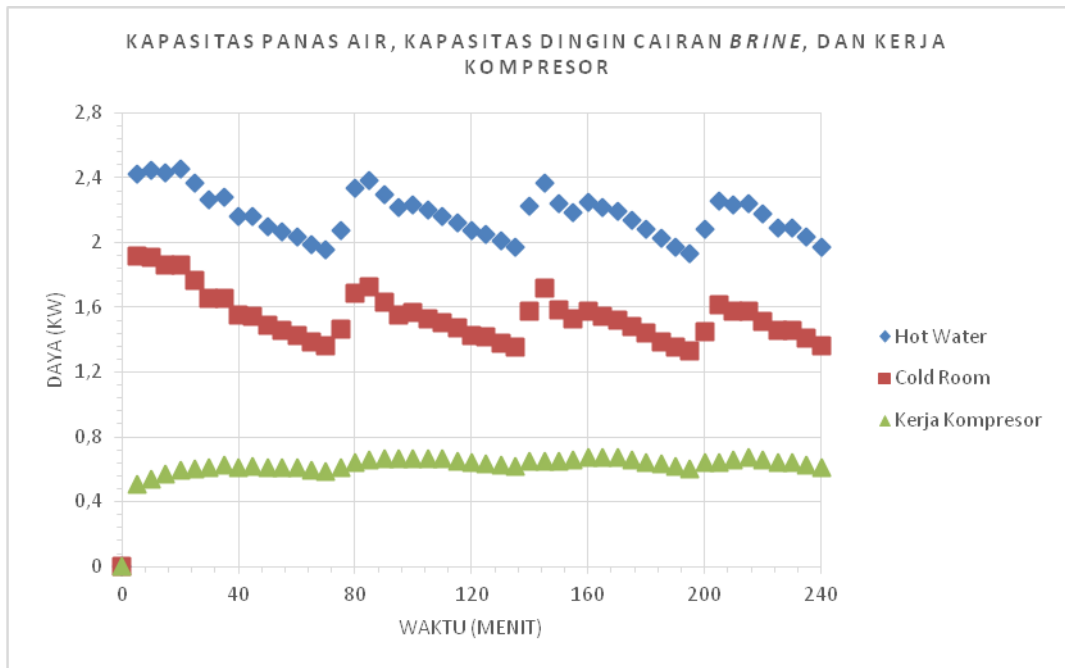


Gambar 22. Temperatur *Cold Room* Untuk Metode Pengujian *Standby Mode* (*Traditional AC*) Beban 1000 Watt

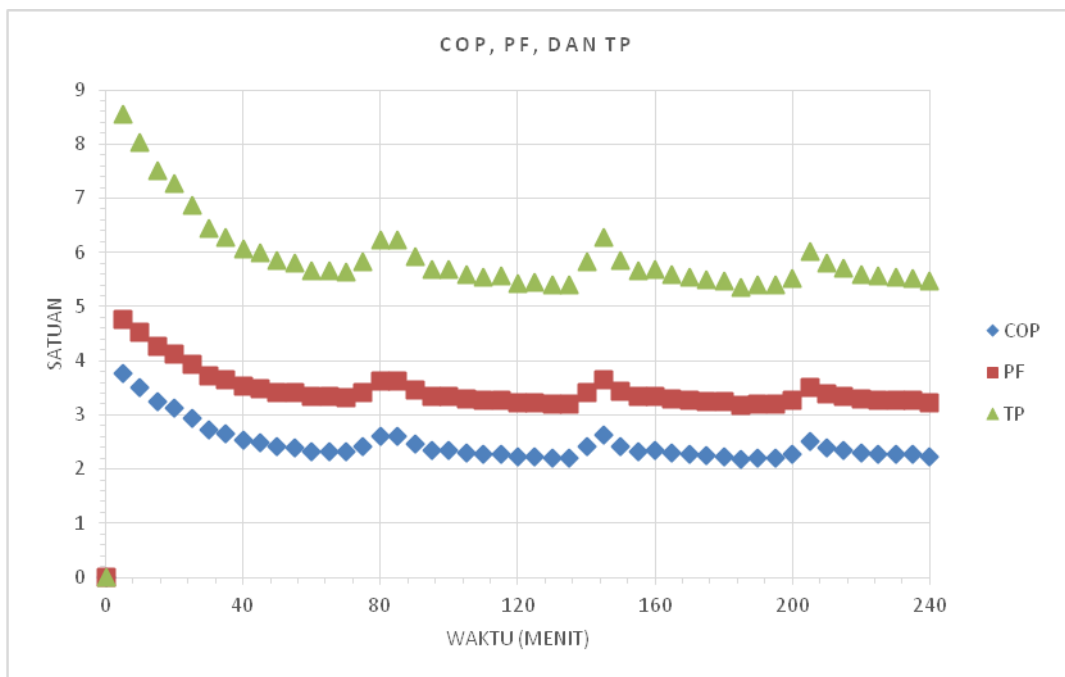
5.3. *Charging Mode* (*Discharging Mode* Tanpa Beban)

Dalam proses metode pengujian *charging mode* (*discharging mode* tanpa beban) ini terlebih dahulu dilakukan pendinginan pada cairan *brine*, kemudian cairan *brine* disirkulasikan ke *ice storage*. Setelah itu cairan *brine* yang ada di *ice storage* dipompakan ke tangki evaporator untuk didinginkan kembali. Temperatur cairan *brine* rata – rata di tangki evaporator sebesar 0,10 °C, sedangkan temperatur cairan *brine* rata – rata di *ice storage* sebesar 17,79 °C dengan temperatur terendah -2,10 °C. Untuk metode pengujian *charging mode* (*discharging mode* tanpa beban) ini dilakukan selama 240 menit dengan data yang di ambil setiap 5 menit.

Pada Gambar 23, dapat dilihat kapasitas panas air kondensor rata – rata sebesar 2,1285 kW, kapasitas dingin cairan *brine* evaporator rata – rata sebesar 1,5104 kW, dan kerja kompresor rata- rata sebesar 0,6181 kW.



Gambar 23 Kapasitas Panas Air , Kapasitas Dingin Cairan *Brine*, Dan Kerja Kompresor Untuk Metode Pengujian *Charging Mode* (*Discharging Mode* Tanpa Beban)

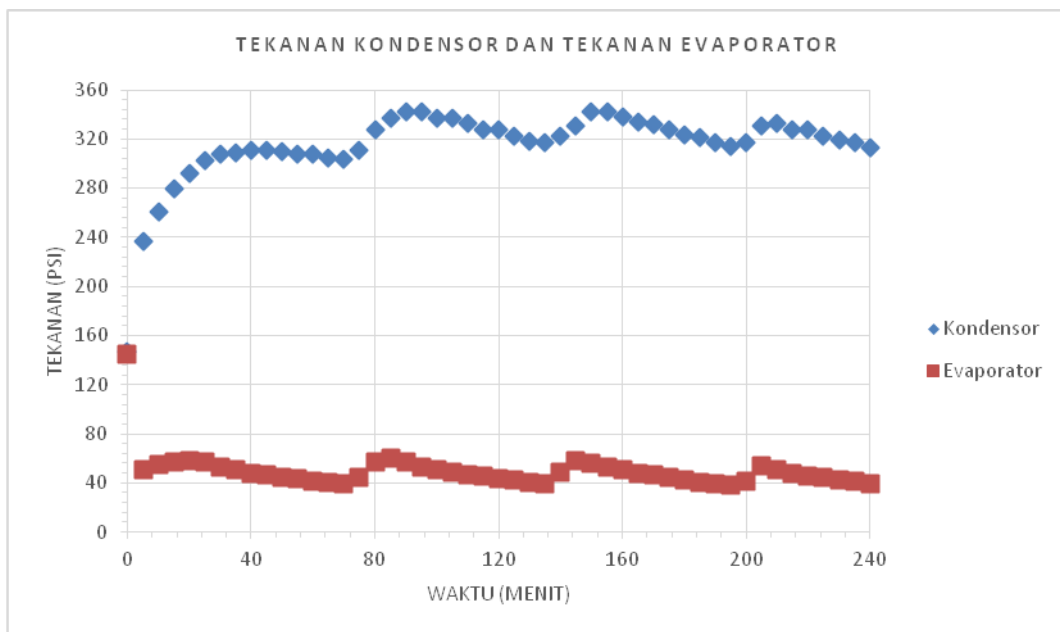


Gambar 24. COP, PF, Dan TP Untuk Metode Pengujian *Charging Mode* (*Discharging Mode* Tanpa Beban)

Untuk COP rata – rata pada metode pengujian *charging mode* (*discharging mode* tanpa beban) sebesar 2,406 dengan COP tertinggi 3,772 pada waktu 5 menit

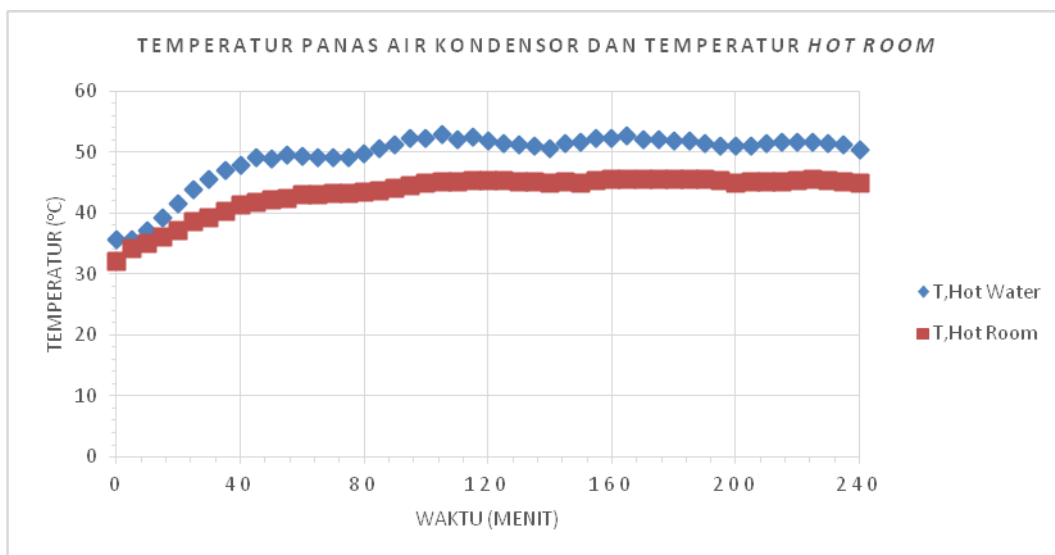
pengujian sedangkan COP terendah 2,180 pada waktu 96 menit pengujian. Untuk PF rata – rata sebesar 3,39, sedangkan TP rata – rata sebesar 5,79. Terlihat pada Gambar 24, terjadi penurunan COP, PF dan TP selama pengujian berlangsung dikarenakan pemanfaatan dari kondensor oleh air dan evaporator oleh cairan *brine* terhadap kerja kompresor secara keseluruhan.

Untuk tekanan kondensor rata – rata sebesar 314,8 psi dan tekanan evaporator sebesar rata – rata 49,6 psi. Tekanan evaporator cenderung naik, hal ini karena temperatur cairan *brine* di evaporator berada pada temperatur rata – rata 0,10 °C, sedangkan tekanan standar pada sistem refrigerasi berada pada temperatur rata – rata 3,2506 °C, seperti yang terlihat pada Gambar 25.

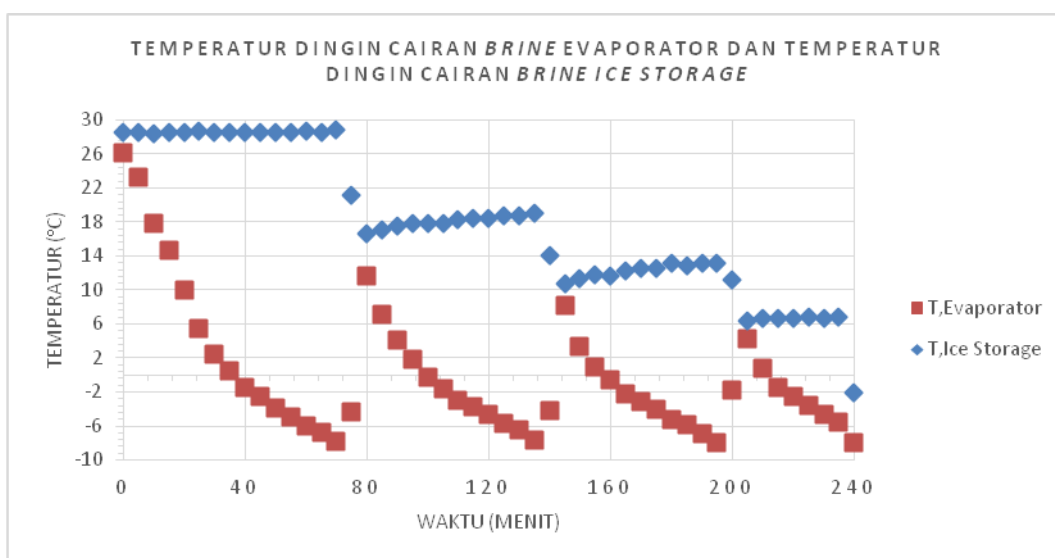


Gambar 25. Tekanan Kondensor Dan Tekanan Evaporator Untuk Metode Pengujian *Charging Mode (Discharging Mode Tanpa Beban)*

Dari Gambar 26. yang terlihat, temperatur panas air kondensor rata – rata sebesar 49,34 °C dengan temperatur *hotroom* sebesar 43,23 °C. Temperatur panas air kondensor ini diperoleh dari tekanan kondensor rata – rata sebesar 314,8 psi. Dari temperatur panas air kondensor dan temperatur *hot room* terjadi selisih sebesar ±6,11 °C, hal ini terjadi karena adanya rugi – rugi kalor/panas proses pertukaran kalor saat distribusi panas air ke koil pemanas di *hot room*.



Gambar 26. Temperatur Panas Air Kondensator Dan Temperatur *Hot Room* Untuk Metode Pengujian *Charging Mode* (*Discharging Mode* Tanpa Beban)

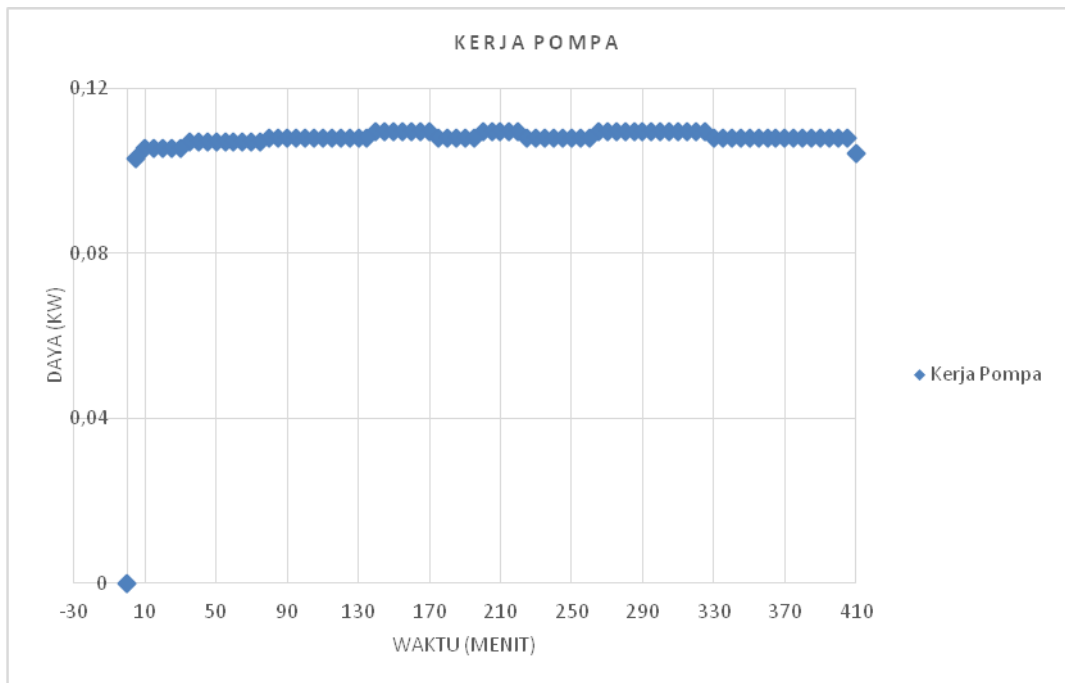


Gambar 27. Temperatur Dingin Cairan *Brine* Evaporator Dan Temperatur Dingin Cairan *Brine* Ice Storage Untuk Metode Pengujian *Charging Mode* (*Discharging Mode* Tanpa Beban)

Temperatur dingin cairan *brine* rata – rata di evaporator sebesar 0,10 °C dengan temperatur terendah sebesar -7,90 °C, sedangkan untuk temperatur dingin cairan *brine* rata – rata di *ice storage* sebesar 17,79 °C dengan temperatur terendah - 2,10 °C. Temperatur tersebut didapatkan pada tekanan rata – rata 49,6 psi, seperti yang terlihat pada Gambar 27.

5.4. Discharging Mode Tanpa Beban

Untuk metode pengujian *discharging mode* tanpa beban ini merupakan hasil pendinginan dari metode pengujian *charging mode*. Pada proses pendinginan dari metode pengujian *charging mode* dilakukan oleh sistem refrigerasi, hanya saja hasil dingin cairan *brine* tidak disirkulasikan ke *cold room* melainkan disirkulasikan ke *ice storage*.

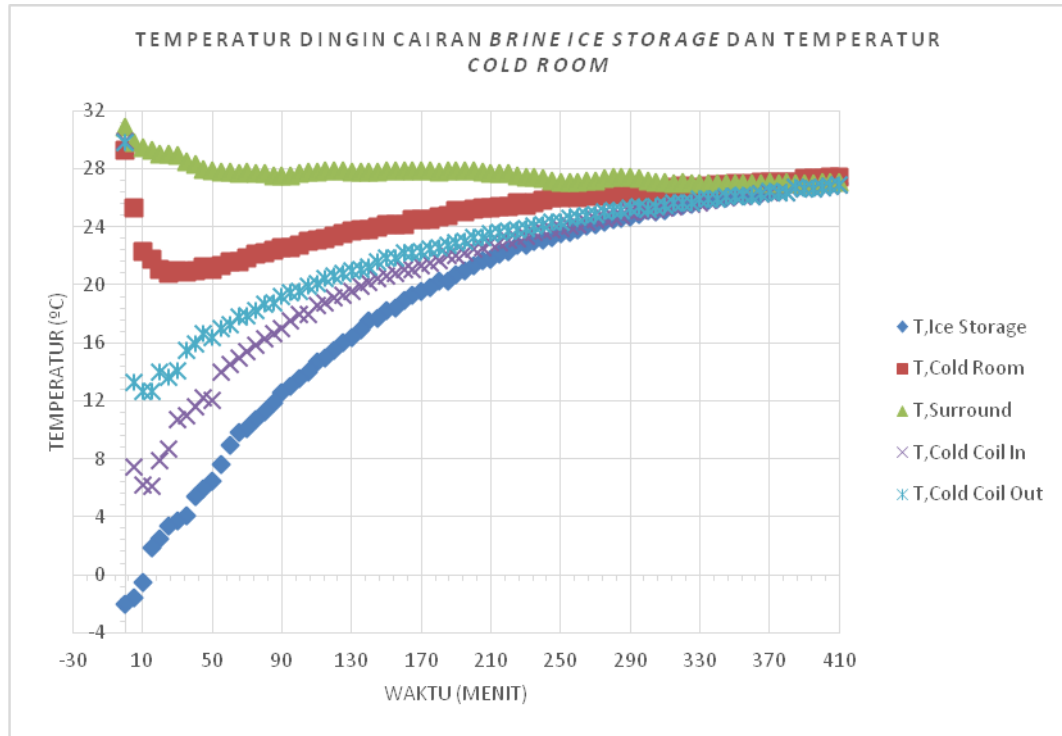


Gambar 28. Kerja Pompa Untuk Metode Pengujian *Discharging Mode* Tanpa Beban

Terlihat pada Gambar 28, daya pompa rata – rata sebesar 0,1067 kW selama 410 menit. Dari hasil pendinginan pada metode *charging mode*, waktu yang diperlukan untuk mendinginkan cairan *brine* pada *ice storage* selama 240 menit dengan daya kompresor rata – rata sebesar 0,6181 kW. Dari lama pendinginan yang didapatkan pada metode pengujian *discharging mode* ini dibandingkan dengan metode pengujian *charging mode* yaitu selama 170 menit dan menghemat daya kompresor sekitar 0,5114 kW.

Temperatur dingin cairan *brine* rata – rata di *ice storage* sebesar 18,63 °C dengan temperatur *cold room* rata – rata sebesar 24,83 °C, dengan selisih temperatur sebesar $\pm 6,19$ °C. Selisih ini terjadi karena cairan *brine* menyerap kalor di *cold room*.

Dengan hasil selisih tersebut membuat cairan *brine* bertahan lebih lama untuk melakukan proses pendinginan ke *cold room*, seperti yang terlihat pada Gambar 29.

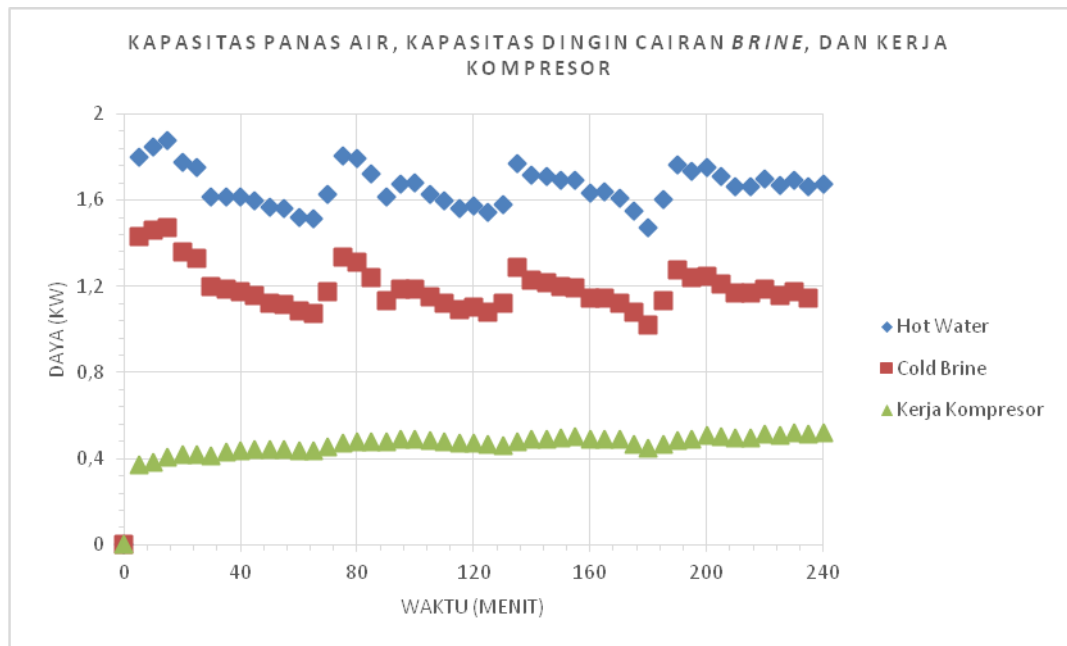


Gambar 29. Temperatur Dingin Cairan *Brine Ice Storage* Dan Temperatur *Cold Room* Untuk Metode Pengujian *Discharging Mode* Tanpa Beban

5.5. Charging Mode (*Discharging Mode* Beban 1000 Watt)

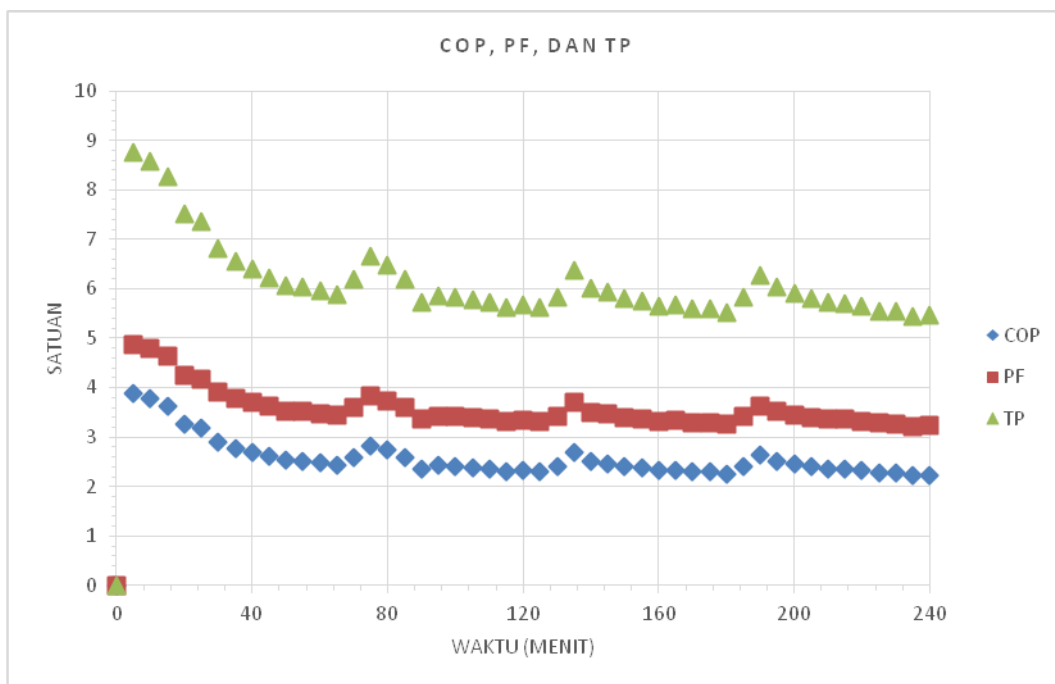
Proses metode pengujian *charging mode (discharging mode* beban 1000 Watt) ini sama dengan metode pengujian *charging mode (discharging mode* tanpa beban) yaitu terlebih dahulu dilakukan pendinginan pada cairan *brine*, kemudian cairan *brine* disirkulasikan ke *ice storage*. Setelah itu cairan *brine* yang ada di *ice storage* dipompakan ke tangki evaporator untuk didinginkan kembali. Temperatur cairan *brine* rata – rata di tangki evaporator sebesar $-0,48\text{ }^{\circ}\text{C}$, sedangkan temperatur cairan *brine* rata – rata di *ice storage* sebesar $15,78\text{ }^{\circ}\text{C}$ dengan temperatur terendah $-2,0\text{ }^{\circ}\text{C}$. Untuk metode pengujian *charging mode (discharging mode* tanpa beban) ini dilakukan selama 240 menit dengan data yang di ambil setiap 5 menit.

Pada Gambar 30, dapat dilihat kapasitas panas air kondensor rata – rata sebesar $1,6293\text{ kW}$, kapasitas dingin cairan *brine* evaporator rata – rata sebesar $1,1694\text{ kW}$, dan kerja kompresor rata- rata sebesar $0,4599\text{ kW}$.



Gambar 30. Kapasitas Panas Air, Kapasitas Dingin Cairan *Brine*, Dan Kerja Kompresor Untuk Metode Pengujian *Charging Mode* (*Discharging Mode* Beban 1000 Watt)

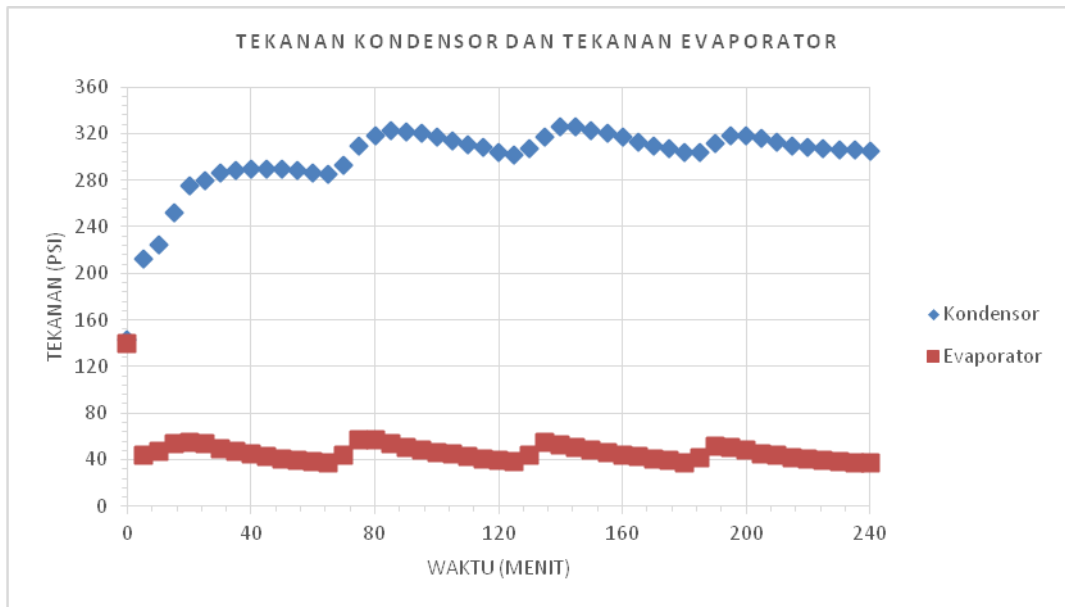
Untuk COP rata – rata pada metode pengujian *charging mode* (*discharging mode* beban 1000 Watt) sebesar 2,513 dengan COP tertinggi 3,875 pada waktu 5 menit pengujian sedangkan COP terendah 2,222 pada waktu 235 menit pengujian. Untuk PF rata – rata sebesar 3,49, sedangkan TP rata – rata sebesar 6,01. Terlihat pada Gambar 31, terjadi penurunan COP, PF dan TP selama pengujian berlangsung dikarenakan pemanfaatan dari kondensor oleh air dan evaporator oleh cairan *brine* terhadap kerja kompresor secara keseluruhan.



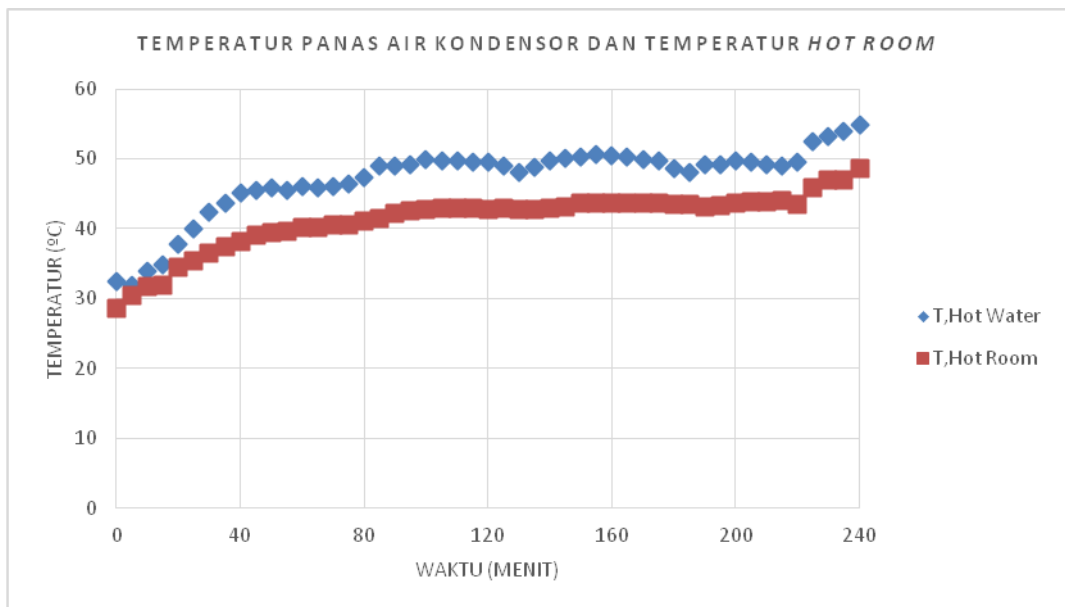
Gambar 31. COP, PF, Dan TP Untuk Metode Pengujian *Charging Mode* (*Discharging Mode* Beban 1000 Watt)

Untuk tekanan kondensator rata – rata sebesar 298,4 psi dan tekanan evaporator sebesar rata – rata 47,2 psi. Tekanan evaporator cenderung naik, hal ini karena temperatur cairan *brine* di evaporator berada pada temperatur rata – rata -0,48 °C, sedangkan tekanan standar pada sistem refrigerasi berada pada temperatur rata – rata 2,99 °C, seperti yang terlihat pada Gambar 32.

Dari Gambar 33 yang terlihat, temperatur panas air kondensator rata – rata sebesar 47,14 °C dengan temperatur *hot room* sebesar 41,29 °C. Temperatur panas air kondensator ini diperoleh dari tekanan kondensator rata – rata sebesar 298,4 psi. Dari temperatur panas air kondensator dan temperatur *hot room* terjadi selisih sebesar ±5,8 °C, hal ini terjadi karena adanya rugi – rugi kalor/panas proses pertukaran kalor saat distribusi panas air ke koil pemanas di *hot room*.



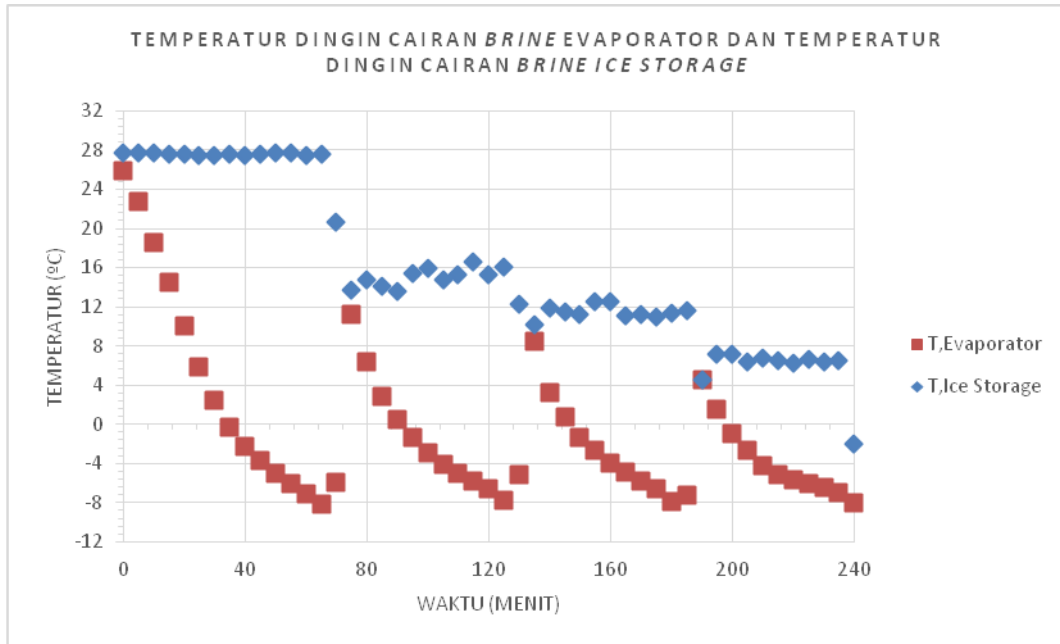
Gambar 32. Tekanan Kondensator Dan Tekanan Evaporator Untuk Metode Pengujian *Charging Mode (Discharging Mode* Beban 1000 Watt)



Gambar 33. Temperatur Panas Air Kondensator Dan Temperatur *Hot Room* Untuk Metode Pengujian *Charging Mode (Discharging Mode* Beban 1000 Watt)

Pada Gambar 4. 43 temperatur dingin cairan *brine* rata – rata di evaporator sebesar $-0,48\text{ }^{\circ}\text{C}$ dengan temperatur terendah sebesar $-8,0\text{ }^{\circ}\text{C}$, sedangkan untuk temperatur dingin cairan *brine* rata – rata di *ice storage* sebesar $15,78\text{ }^{\circ}\text{C}$ dengan

temperatur terendah $-2,0\text{ }^{\circ}\text{C}$. Temperatur tersebut didapatkan pada tekanan rata – rata $47,2\text{ psi}$, seperti yang terlihat pada Gambar 34.

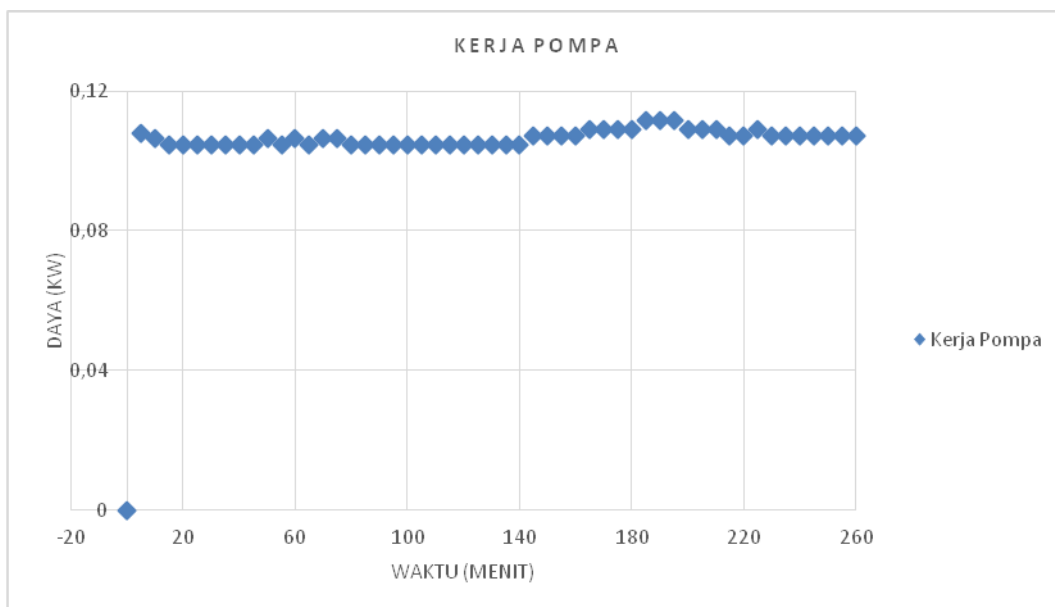


Gambar 34 Temperatur Dingin Cairan *Brine* Evaporator Dan Temperatur Dingin Cairan *Brine Ice Storage* Untuk Metode Pengujian *Charging Mode (Discharging Mode* Beban 1000 Watt)

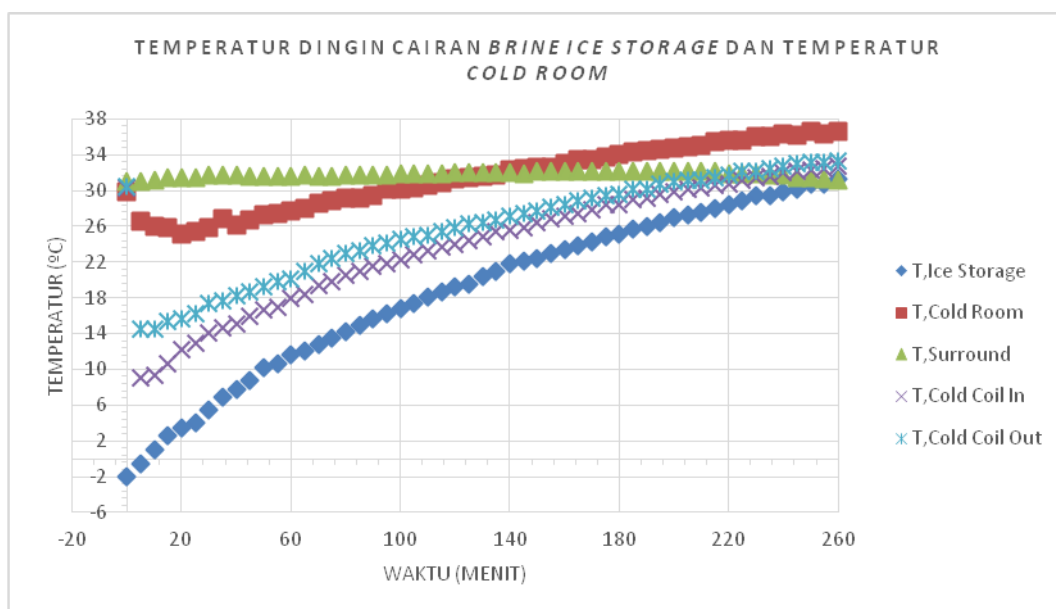
5.6. *Discharging Mode* Beban 1000 Watt.

Dari metode pengujian *discharging mode* beban 1000 Watt ini sama dengan metode pengujian *discharging mode* tanpa beban yang merupakan hasil pendinginan dari metode pengujian *charging mode*.

Terlihat pada Gambar 35, daya pompa rata – rata sebesar 0,1045 kW selama 260 menit. Dari hasil pendinginan pada metode *charging mode*, waktu yang diperlukan untuk mendinginkan cairan *brine* pada *ice storage* selama 240 menit dengan daya kompresor rata – rata sebesar 0,4599 kW. Dari lama pendinginan yang didapatkan pada metode pengujian *discharging mode* ini dibandingkan dengan metode pengujian *charging mode* yaitu selama 20 menit dan menghemat daya kompresor sekitar 0,3554 kW.



Gambar 35. Kerja Pompa Untuk Metode Pengujian *Discharging Mode* Beban 1000 Watt



Gambar 36. Temperatur Dingin Cairan *Brine Ice Storage* Dan Temperatur *Cold Room* Untuk Metode Pengujian *Discharging Mode* Beban 1000 Watt

Temperatur dingin cairan *brine* rata – rata di *ice storage* sebesar 18,63 °C dengan temperatur *cold room* rata – rata sebesar 31,41, °C, dengan selisih temperatur sebesar $\pm 12,76$ °C. Selisih ini terjadi karena cairan *brine* penyerap kalor di *cold room* yang diberikan beban panas lampu dengan jumlah 1000 Watt. Dengan hasil selisih

tersebut membuat cairan *brine* tidak bertahan terlalu lama untuk melakukan proses pendinginan ke *cold room*. Akan tetapi cairan *brine* mampu bertahan lebih lama dari proses pendinginan metode pengujian *charging mode*, seperti yang terlihat pada Gambar 36.