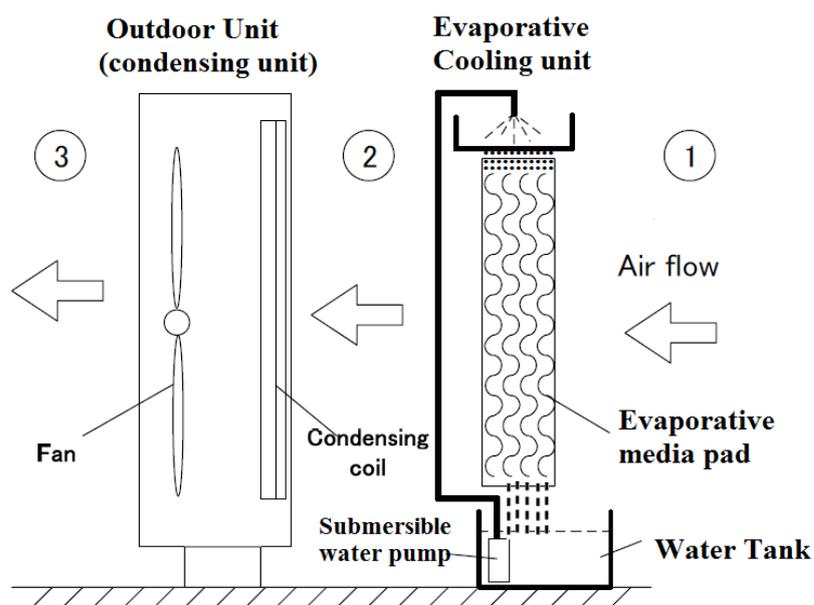


## BAB 5. HASIL DAN PEMBAHASAN

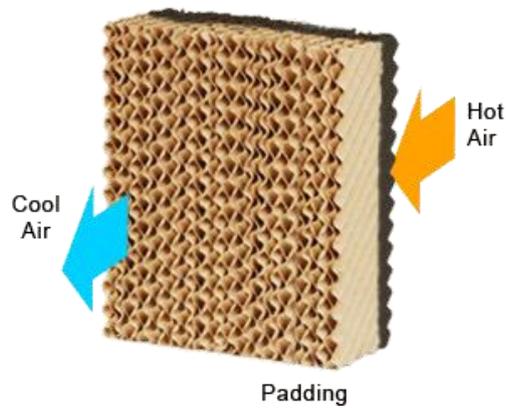
### 5.1. Rancangan Evaporative Cooling pada Kondensor

Penambahan evaporative cooling (EC) pada kondensor akan menurunkan temperatur masukan ke kondensor, sehingga tekanan kondensor akan turun sehingga daya kompresor yang digunakan untuk menjalankan sistem refrigerasi juga akan turun sehingga akan terjadi penghematan penggunaan energi listrik pada sistem pendingin. Rancangan EC pada kondensor dapat dilihat pada Gambar 4.



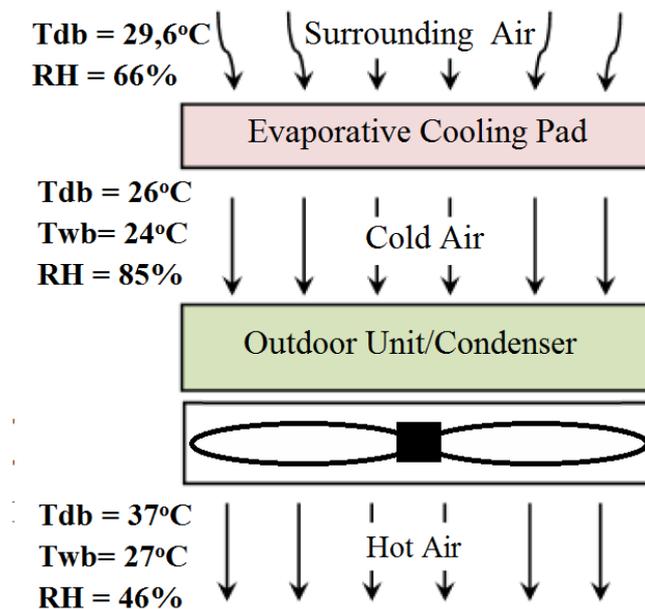
**Gambar 4.** Sketsa rancangan modul EC pada outdoor unit (diadaptasi dari Chaktranond, C., and Doungsong, P., 2009).

Jenis evaporative media pad yang digunakan pada penelitian ini berbahan kertas khusus yang dapat menyerap air namun tidak merubah fisik kertas yang digunakan. Bahan kertas ini memang dirancang khusus sebagai evaporative media pad yang paling banyak digunakan dan dapat digunakan untuk jangka waktu yang lama. Evaporative media pad jenis corrugated paper dapat dilihat pada gambar 5, karena berbahan dasar kertas khusus, maka media pad ini tahan terhadap karat dan tidak mudah rusak karena pemakaian untuk jangka panjang.



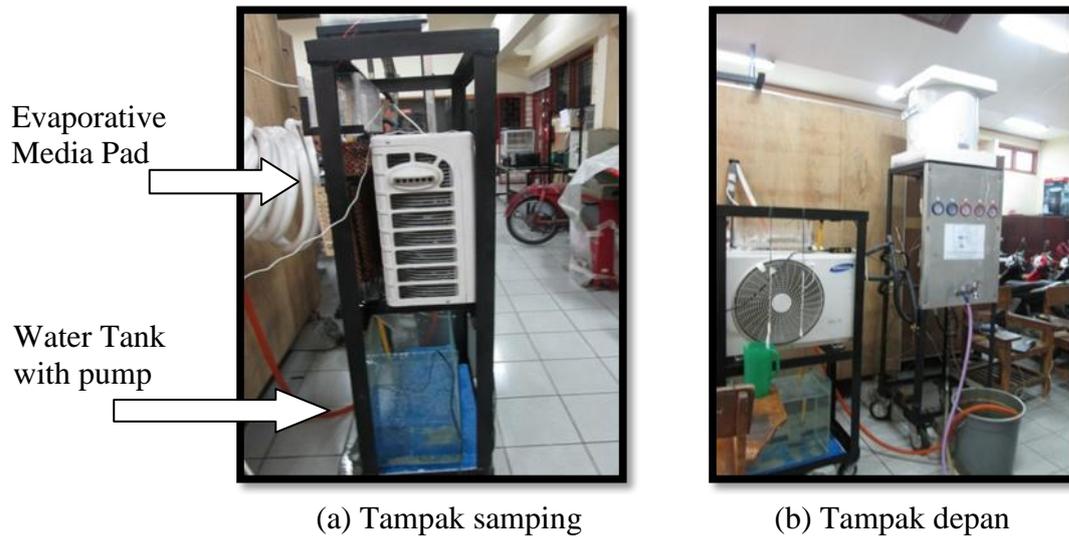
**Gambar 5.** Evaporative media pad yang digunakan dalam penelitian ini  
(<http://www.astino.com.my/agrohouse/ventilation.php>)

Hasil pengujian awal EC pada kondensor AC dalam penelitian ini dapat dilihat pada gambar 6. Pengujian dilakukan pada sistem refrigerasi dimana kondisi ruangan uji (ruangan pendingin) adalah temperatur ruangan 24 °C, dengan beban pendingin 2000 Watt pada aliran air di sistem Evaporative Cooling 0,88 L/s.



**Gambar 6.** Hasil pengujian awal menggunakan EC pada kondensor AC (gambar diadaptasi dari Lina Ismail Jasim, 2011).

Rancangan awal penelitian Tahun 1 dari sistem EC yang ditempatkan pada kondensor AC, dapat dilihat pada Gambar 7a dan Gambar 7b.

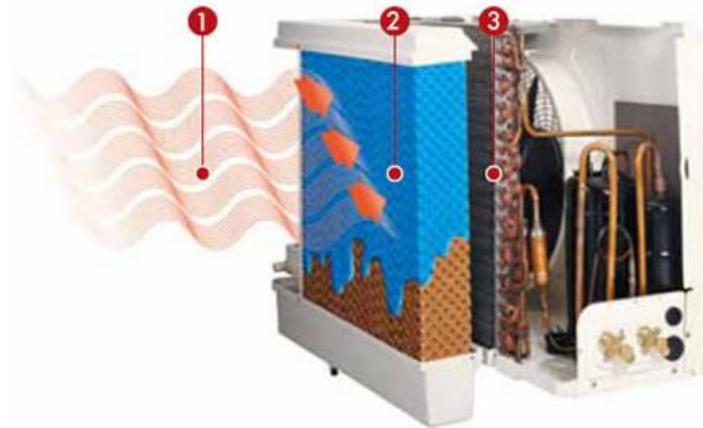


**Gambar 7.** Penggunaan *Evaporative Cooling* Pada *AC Split* 1 PK dengan modul *Heat Recovery System (HRS)*

Modul EC yang digunakan dalam pengujian masih merupakan pengembangan awal dalam penelitian penggunaan EC pada kondensor AC. Diharapkan dalam penelitian Tahun ke 2 dapat dirancang dan dibuat modul EC yang dapat digunakan pada kondensor AC tanpa mengganggu sistem yang sudah ada, sehingga penghematan konsumsi listrik kompresor AC dapat dicapai. Pada Gambar 8 dan Gambar 9 dapat dilihat gambar pengembangan EC yang sudah ada dan dapat dikembangkan sesuai dengan jenis AC yang digunakan.



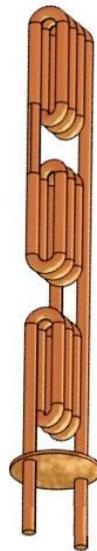
**Gambar 8.** Modul *Evaporative Cooling* dari pipa PVC  
([https://www.gothicarchgreenhouses.com/greenhouse\\_cooling\\_wet\\_wall.htm](https://www.gothicarchgreenhouses.com/greenhouse_cooling_wet_wall.htm))



**Gambar 9.** Modul *Evaporative Cooling* jenis *portable*

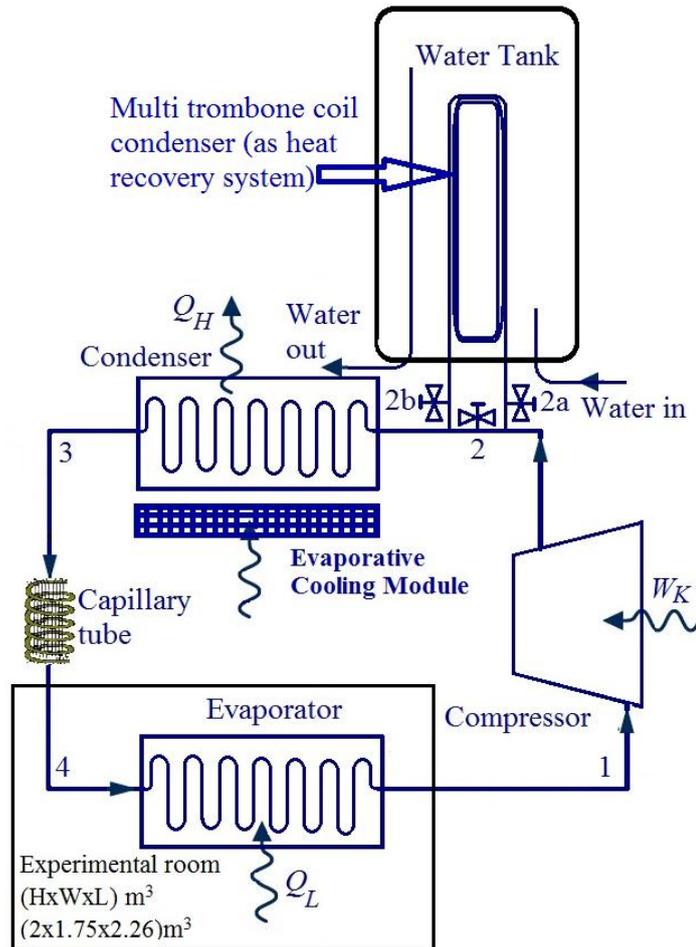
(<https://tohrustudio.wordpress.com/2009/12/21/active-cooling-air-conditioning-with-evaporative-condenser/>)

*Heat recovery system* (HRS) yang digunakan pada sistem AC pada penelitian ini dipilih jenis *multi trombone coil*, seperti ditunjukkan pada Gambar 10. HRS jenis ini dibuat dari pipa tembaga 3/8 inci dengan panjang 5 m.



**Gambar 10.** HRS jenis *multi trombone coil*

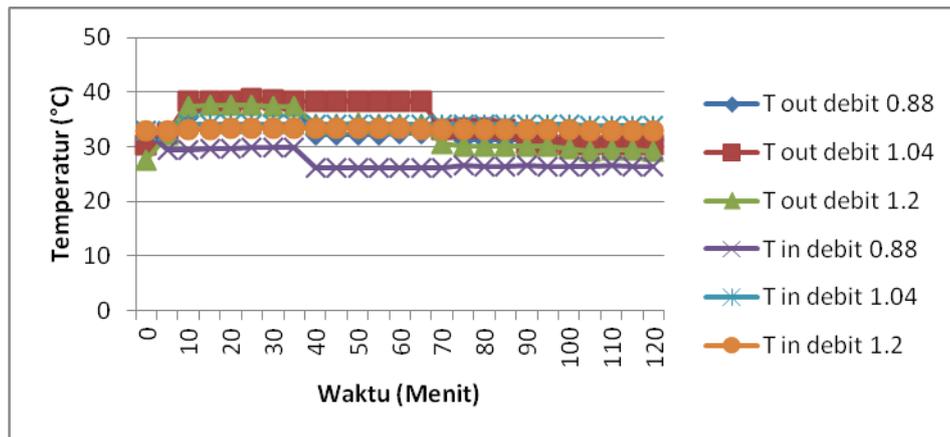
Sketsa alat uji yang digunakan dalam penelitian ini, dimana modul evaporative cooling ditempatkan di bagian belakang kondensor AC dan heat recovery system ditempatkan antara sisi keluar kompresor dan sisi masuk kondensor, yang melepaskan kalor dari refrigeran bertemperatur tinggi. Pada Gambar 11 ditunjukkan sketsa alat uji yang digunakan dalam penelitian ini.



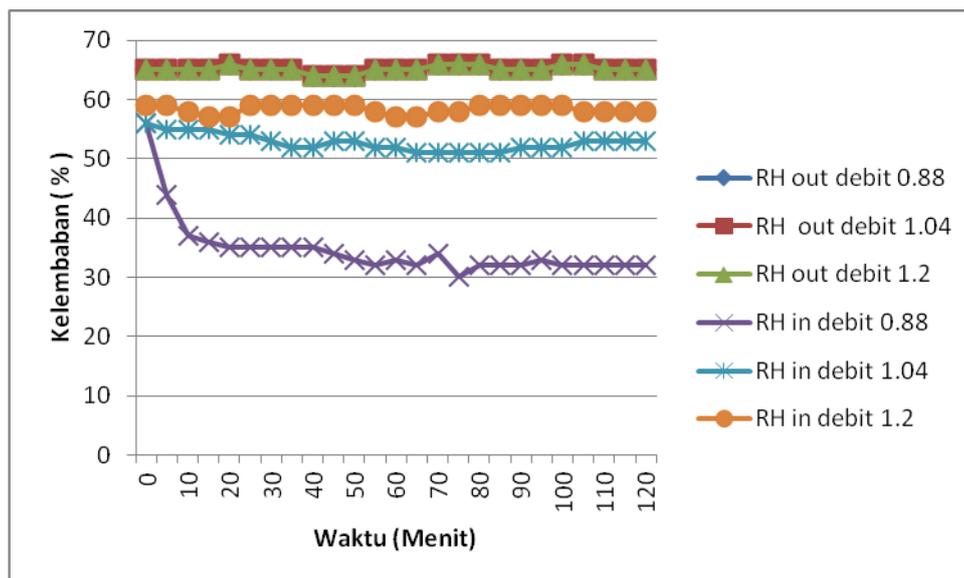
**Gambar 11.** Sketsa peralatan yang dibuat dan diuji dalam penelitian ini

## 5.2. Grafik Hubungan Temperatur, Kelembaban dan Efisiensi Terhadap Waktu.

Pada pengujian ini temperatur dan kelembaban relative udara lingkungan ( $T$  in dan RH in) tidak dikondisikan sehingga nilainya tergantung dari kondisi lingkungan pada saat pengujian. Pengujian dilakukan pada hari Sabtu, 30 Mei 2015, debit 0.88 L/Menit pada pukul 09.00 - 11.00 Wib, debit 1.04 L/Menit pada pukul 13.00 - 15.00 Wib, debit 1.2 L/Menit pada pukul 16.00 - 18.00 Wib. Pada gambar 12 adalah hasil pengujian penggunaan sistem *evaporative cooling* pada AC *split* 1 PK bahwa temperatur udara lingkungan tertinggi terjadi pada menit 30 sebesar  $38.4^{\circ}\text{C}$  debit 1.04 L/Menit, kemudian terus menurun hingga menit 90 sebesar  $33.4^{\circ}\text{C}$  dan temperatur udara lingkungan terendah terjadi pada menit 40 sebesar  $26.1^{\circ}\text{C}$  debit 0.88 L/Menit. Hal ini menunjukkan bahwa hasil dari temperatur udara keluaran bergantung pada temperatur udara lingkungan, dengan meningkatnya temperatur udara lingkungan meningkat pula temperatur udara keluaran.

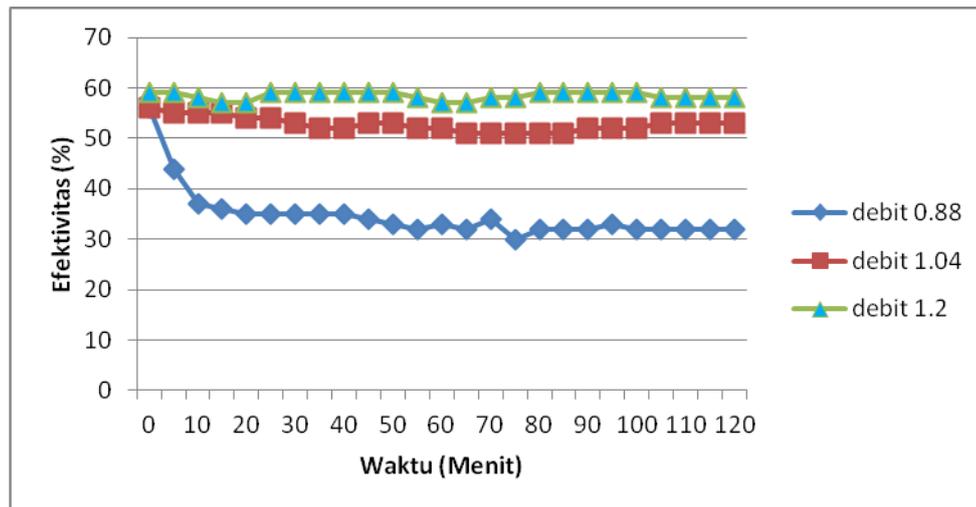


Gambar 12. Grafik T in vs T out.



Gambar 13. Grafik RH in vs RH out.

Pada gambar 13. pada grafik kelembaban relative terhadap waktu terlihat bahwa kelembaban relative udara keluaran *evaporative cooling* adalah *fluktuatif*. Hal ini menunjukkan bahwa kelembaban relative udara lingkungan debit 0.88 L/Menit berkisar antara 32 - 57 %, debit 1.04 L/Menit berkisar antara 64 – 66 % dan debit 1.2 L/Menit berkisar antara 57 – 66 %.



**Gambar 14.** Grafik *Efektivitas Evaporative Cooling*.

Pada gambar 14 menunjukkan bahwa *efektivitas evaporative cooling* tertinggi yaitu pada saat menit 25 debit 1.2 L/Menit dan terendah pada saat menit 75 debit 0.88 L/Menit. Dari grafik terlihat bahwa terdapat kecenderungan *efektivitas* meningkat dengan meningkatnya debit aliran air, walaupun terdapat pengecualian pada beberapa kasus. Hal ini disebabkan karena udara lingkungan yang tidak dikondisikan pada *eksperimen*. Perubahan temperatur udara keluaran sangat dipengaruhi oleh udara lingkungan.

### 5.3. Hasil Pengujian AC Split 1 PK

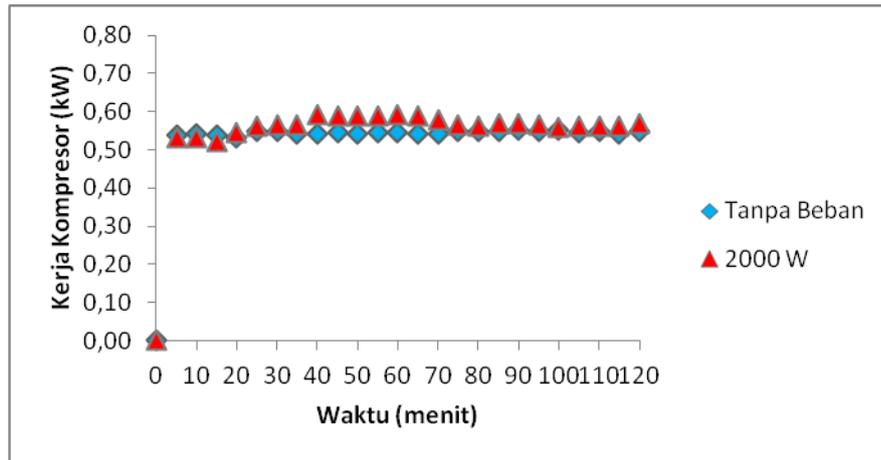
Pada penelitian ini pengujian mesin pengkondisian udara dilakukan pada keadaan standar. Pengujian dilakukan untuk mengetahui hubungan antara temperatur, beban pendingin serta pengaruh terhadap kerja kompresor. Pengujian mesin pengkondisian udara biasa atau keadaan standar tanpa adanya penggunaan sistem *evaporative cooling* pada AC Split 1 PK.

Pengujian dilakukan selama 120 menit. Dan setiap 5 menit sekali dilakukan pencatatan pengambilan data berupa temperatur, tekanan, arus dan tegangan. Pada pengujian ini juga tidak menggunakan variasi debit, karena hanya menggunakan keadaan AC Split 1 PK standar. Dan kondisi temperatur udara lingkungan tidak dikondisikan sehingga nilainya tergantung dari kondisi lingkungan pada saat dilakukannya pengujian.

#### 5.3.1 Grafik Kerja Kompresor Terhadap Waktu

Berikut ini adalah grafik kerja kompresor terhadap waktu. Pengujian pada AC Split 1 PK pada gambar 15 menunjukkan bahwa terdapat kerja kompresor terhadap waktu yang

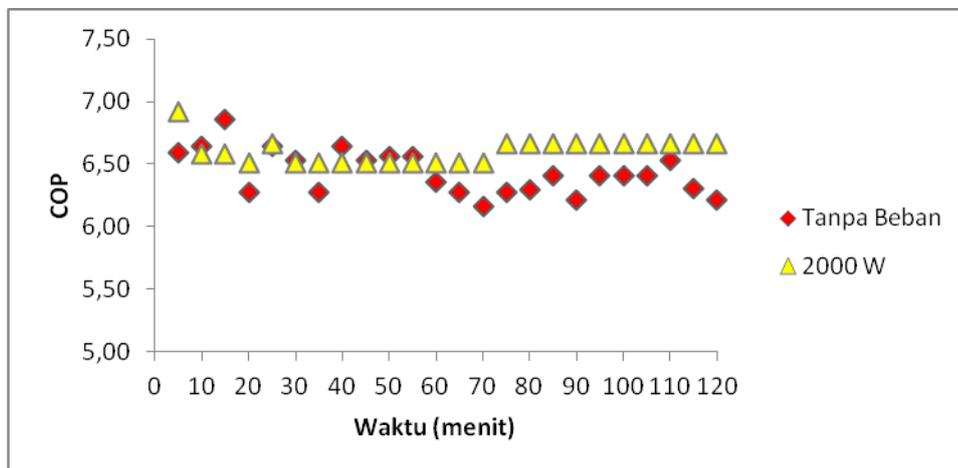
tanpa diberi beban pendingin dengan yang diberi beban pendingin dengan menggunakan lampu pijar sebesar 2000 watt diruang uji.



**Gambar 15.** Grafik Kerja Kompresor Terhadap Waktu.

. Pada grafik menunjukkan bahwa kerja kompresor terhadap waktu tanpa diberi beban pendingin sebesar 0.541 kilowatt hingga 0.553 kilowatt. Dan kerja kompresor terhadap waktu dengan menggunakan lampu pijar sebesar 2000 watt adalah 0.559 kilowatt hingga 0.593 kilowatt. Hal ini disebabkan kalor yang diserap oleh *evaporator* lebih banyak sehingga kerja *kompresor* semakin meningkat.

### 5.3.2 Grafik COP Terhadap Waktu

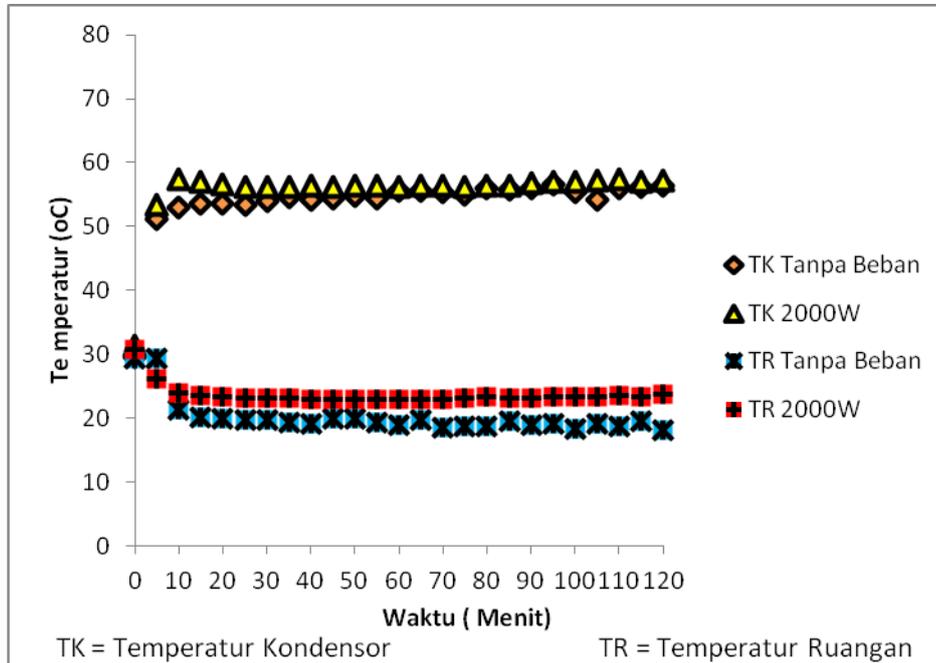


**Gambar 16.** Grafik Kerja COP Terhadap Waktu.

Pada gambar 16 nilai COP yang didapat tanpa beban pendingin mencapai 6.16 sampai 6.85 dan memiliki nilai COP rata-rata 6.40 sedangkan yang menggunakan beban

pendingin 2000 nilai COP yang didapat adalah 6.51 sampai 6.92 dan memiliki nilai COP rata-rata 6.59. Hal itu disebabkan karena semakin meningkatnya beban pendinginan, maka nilai COP akan semakin meningkat.

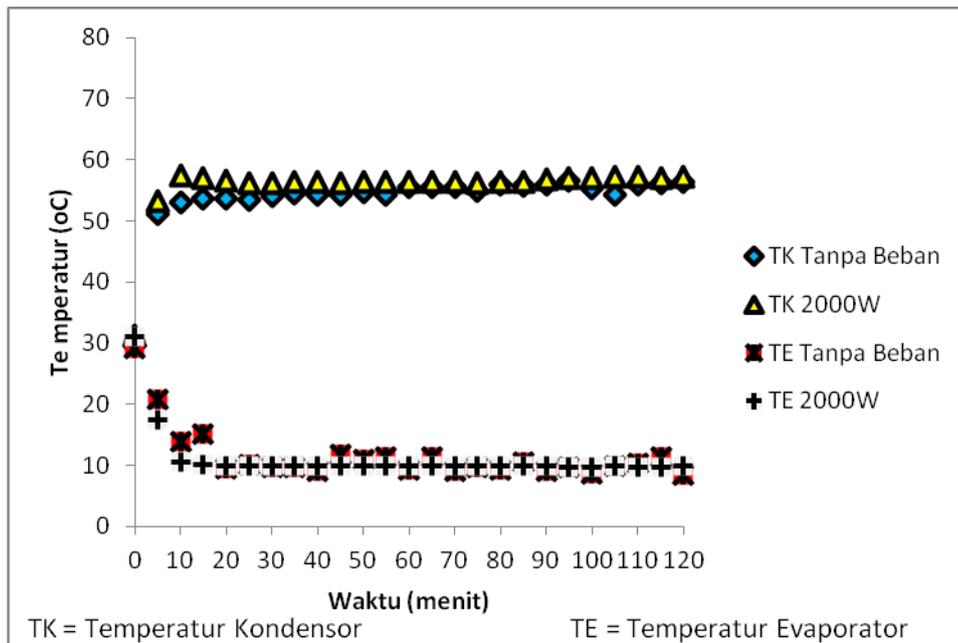
### 5.3.3 Grafik Temperatur Kondensor dan Ruang Uji Terhadap Waktu



**Gambar 17.** Grafik Temperatur Kondensor dan Ruang Uji Terhadap Waktu.

Pada Gambar 17 menunjukkan perbandingan antara temperatur *kondensor* dengan temperatur ruang uji, yang mana semakin tinggi temperatur ruang uji maka temperatur *kondensor* juga semakin tinggi. Hal ini disebabkan bahwa kerja *kompresor* meningkat akibat beban yang ada diruang uji.

### 5.3.4 Grafik Temperatur Kondensor dan Temperatur Evaporator Terhadap Waktu



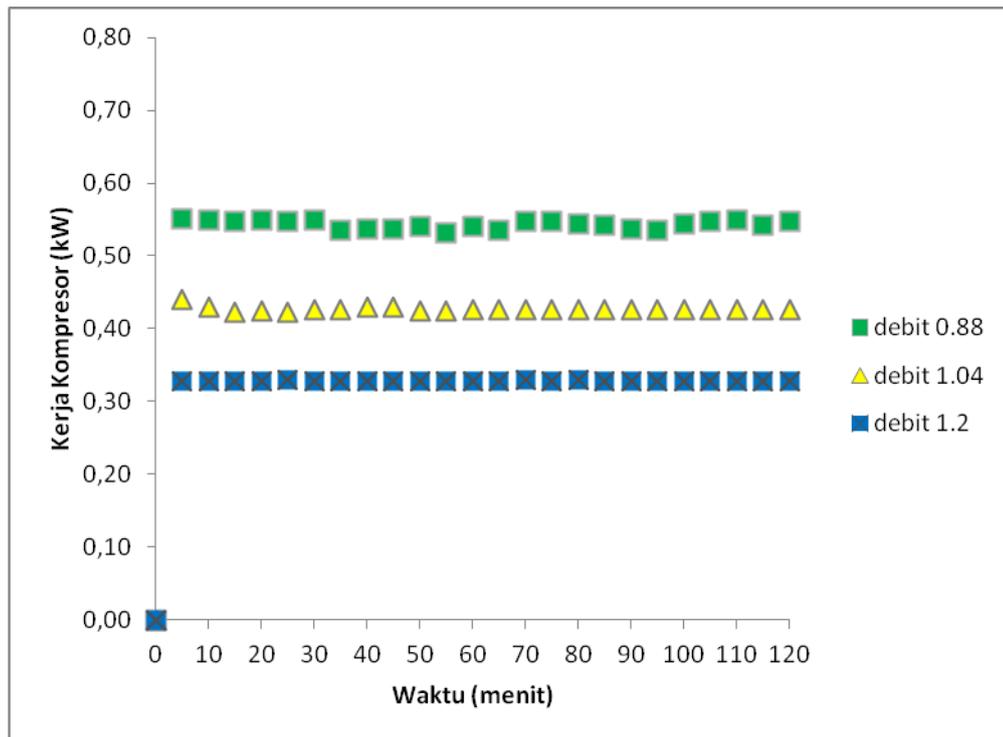
**Gambar 18.** Grafik Temperatur *Kondensor* dan Temperatur *Evaporator*

Pada gambar 18 menunjukkan bahwa temperatur kondensor yang diberi beban pendingin 2000 watt lebih tinggi dibandingkan tanpa beban pendingin, sedangkan temperatur *evaporator* tanpa beban lebih tinggi dibandingkan yang diberi beban pendingin. Hal itu disebabkan karena adanya kerja *kondensor* yang besar dibandingkan kerja pada *evaporator* pada mesin pengkondisian udara.

#### 5.4. Hasil Pengujian *Evaporative Cooling* Pada AC Split 1 PK

Pada penelitian ini pengujian dilakukan menggunakan sistem *evaporative cooling* pada mesin pengkondisian udara. Pengujian dilakukan untuk mengetahui hubungan antara temperatur, beban pendingin serta pengaruh terhadap kerja kompresor dengan menggunakan variasi debit 0.88 L/Menit, 1.04 L/Menit dan 1.2 L/Menit. Pada pengujian ini menggunakan penambahan beban pendingin 2000 watt diruang uji. Pengujian dilakukan selama 120 menit.

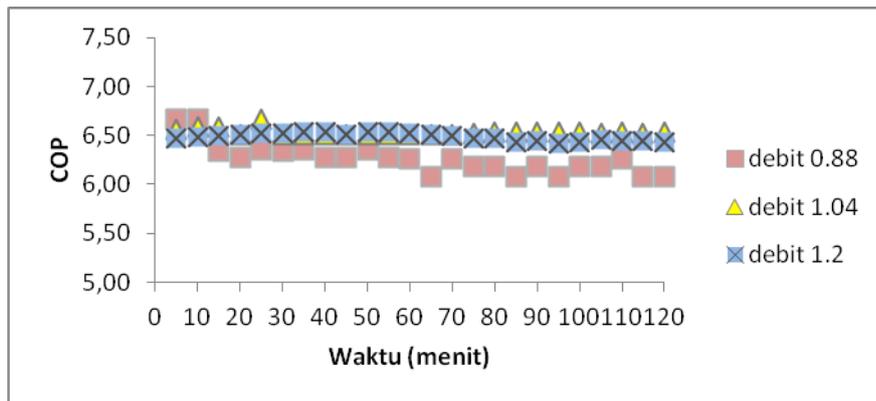
##### 5.4.1 Grafik Kerja Kompresor Terhadap Waktu



**Gambar 19.** Grafik Kerja *Kompresor* Terhadap Waktu

Pengujian pada *AC Split* 1 PK pada gambar 19 menunjukkan bahwa terdapat kerja *kompresor* terhadap waktu dengan beban pendingin dengan menggunakan lampu pijar sebesar 2000 watt diruang uji. Pada grafik menunjukkan bahwa kerja *kompresor* terhadap mesin pengkondisian udara mencapai 0.5484 kilowatt, dengan debit 0.88 L/Menit lebih tinggi dibandingkan debit 1.04 L/Menit dan 1.2 L/Menit. Hal ini disebabkan kalor yang diserap oleh *evaporator* lebih banyak sehingga kerja *kompresor* semakin meningkat pada debit 0.88 L/Menit, begitu juga dengan debit 1.2 L/Menit kalor yang diserap oleh *evaporator* lebih sedikit mencapai 0.3286 kilowatt, sehingga kerja *kompresor* semakin menurun.

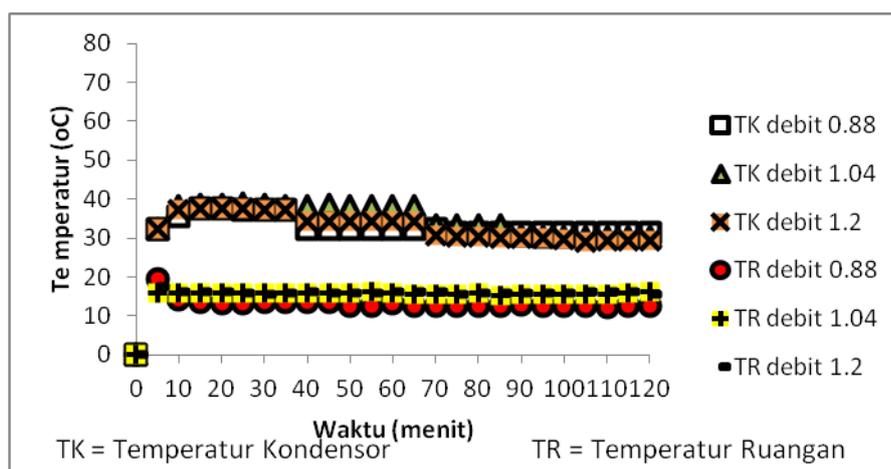
#### 5.4.2 Grafik COP Terhadap Waktu



**Gambar 20.** Grafik Kerja COP Terhadap Waktu

Pada gambar 20 nilai COP yang didapat tertinggi dengan debit 0.88 mencapai 6.66 sedangkan nilai COP terendah yang menggunakan variasi debit 1.2 sampai mencapai 6.50. Hal itu disebabkan karena semakin meningkatnya debit pendinginan, maka nilai COP akan semakin meningkat.

#### 5.4.3 Grafik Temperatur Kondensor dan Ruang Uji Terhadap Waktu

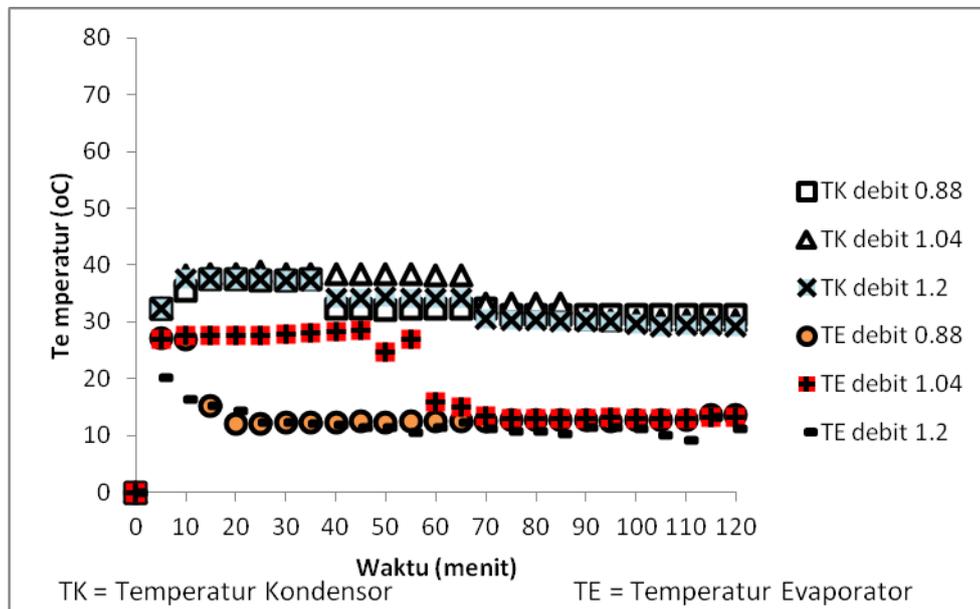


**Gambar 21.** Grafik Temperatur *Kondensor* dan Ruang Uji.

Pada Gambar 21 menunjukkan perbandingan antara temperatur *kondensor* dengan temperatur ruang uji, yang mana debit 0.88 L/Menit mencapai temperatur ruangan 19.4 °C, temperatur kondensor 37.5 °C, debit 1.04 L/Menit mencapai temperatur ruangan 16.2, temperatur kondensor 38.5 dan debit 1.2 L/Menit mencapai temperatur ruangan 17.5, temperatur kondensor 37.6. Hal ini menunjukkan bahwa hasil dari temperatur udara

kondensor bergantung pada temperatur udara ruangan. Dalam hal ini dapat disimpulkan adanya peningkatan temperatur kondensor ketika setiap penambahan variasi debit sehingga pendinginan di ruang uji kerja kompresor meningkat.

#### 5.4.4 Grafik Temperatur *Kondensor* dan Temperatur *Evaporator* Terhadap Waktu



**Gambar 22.** Grafik Temperatur *Kondensor* dan Temperatur *Evaporator*.

Pada gambar 22 menunjukkan bahwa temperatur kondensor yang diberi beban pendingin 2000 watt lebih tinggi dibandingkan tanpa beban pendingin, sedangkan temperatur *evaporator* tanpa beban lebih tinggi dibandingkan yang diberi beban pendingin. Hal itu disebabkan karena adanya kerja *kondensor* yang besar dibandingkan kerja pada *evaporator* pada mesin pengkondisian udara.