

## UJI PRESTASI PENDINGINAN EVAPORASI KONTAK TIDAK LANGSUNG (*INDIRECT EVAPORATIVE COOLING*) DENGAN VARIASI TEMPERATUR MEDIA PENDINGIN AIR

\*Cahyo Hardanto<sup>1</sup>, Bambang Yunianto<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

<sup>2</sup> Dosen Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

Jl. Prof. Sudharto, SH., Tembalang-Semarang 50275, Telp. +62247460059

\*E-mail: [hardant\\_light@yahoo.co.id](mailto:hardant_light@yahoo.co.id)

### Abstrak

Pengujian ini membahas tentang sistem pengkondisian udara yang menggunakan air untuk mendinginkan dan menambah kadar air atau kelembaban pada aliran udara. Sistem pengkondisian udara tersebut disebut *evaporative cooling*. Pada proses *evaporative cooling* ada 2 macam yaitu proses *direct evaporative cooling* dan proses *indirect evaporative cooling*. Tujuan dari pengujian ini yaitu mengetahui efektivitas dari *direct-indirect evaporative cooling* sebagai variasi temperatur air sprayer dan kecepatan aliran udara pada *heat exchanger*; serta mengetahui kelembaban dan temperatur *direct-indirect evaporative cooling*. Hasil pengujian menunjukkan bahwa variasi temperatur media pendingin air dan variasi kecepatan udara *heat exchanger* dapat meningkatkan efisiensi *indirect evaporative cooling*.

**Kata kunci:** *direct evaporative cooling, indirect evaporative cooling* kelembaban relatif, dan efisiensi

### Abstract

*Testing is about the air conditioning system that uses water to cool and add moisture or humidity in the air flow. The air conditioning system is called evaporative cooling. In the evaporative cooling process there are two kinds of processes of direct and indirect evaporative cooling and evaporative cooling process. The purpose of this test is to know the effectiveness of direct-indirect evaporative cooling as variations in water temperature and flow rate of air sprayer on the heat exchanger; and to know the humidity and temperature direct-indirect evaporative cooling. The test results showed that the water coolant temperature variation and variation of airspeed heat exchanger can increase the efficiency of indirect evaporative cooling.*

**Keywords:** *direct evaporative cooling, indirect evaporative cooling* relative humidity, and efficiency

### 1. Pendahuluan

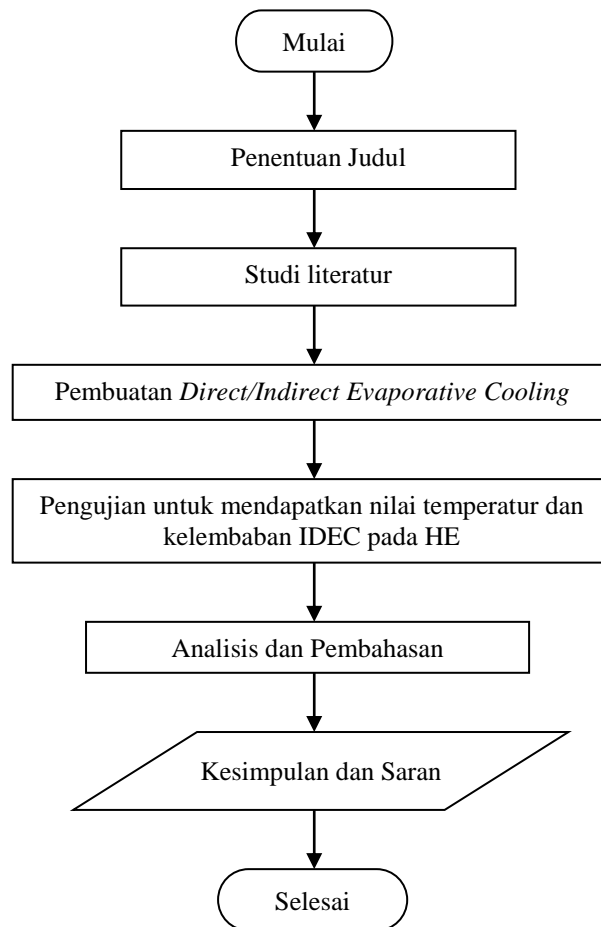
Fungsi dari pengkondisian udara digunakan untuk kenyamanan (*comfort air conditioning*), yaitu untuk menciptakan kondisi udara yang nyaman bagi orang yang berada di dalam suatu ruangan[1]. Selain itu, untuk mencegah pertumbuhan kuman – kuman yang ada di udara.

*Evaporative cooling* adalah sistem pengkondisian udara yang menggunakan air untuk mendinginkan dan menambah kadar air atau kelembaban pada aliran udara. Sehingga temperatur bola kering menjadi lebih dingin daripada sebelum mengalami proses penguapan[2].

Pada proses *evaporative cooling* ada 2 macam yaitu proses *direct evaporative cooling* dan proses *indirect evaporative cooling*. Proses *direct evaporative cooling* adalah proses pendinginan dimana udara lingkungan di tarik oleh *fan* yang dimasukan melewati media basah (*cooling pad* atau semburan air). Didalam media basah tersebut, ada semburan air yang disemprotkan melalui *sprayer* yang mengakibatkan terjadi kontak antara udara dan air yang menjadi kabut. Sehingga terjadi penguapan dan pendinginan. Sedangkan proses *indirect evaporative cooling* merupakan lanjutan dari proses *direct evaporative cooling* yaitu keluaran dari proses *direct evaporative cooling* diteruskan melalui *heat exchanger*. *Heat exchanger* adalah tempat terjadinya perpindahan panas antara udara panas lingkungan yang mengalir dengan udara dingin yang dihasilkan *direct evaporative cooling*.

Adapun tujuan yang ingin diperoleh penulis dalam penelitian ini yaitu untuk mengetahui efektivitas dari *direct - indirect evaporative cooling* sebagai variasi temperatur air sprayer maupun kecepatan aliran udara pada *heat exchanger*. Serta mengetahui kelembaban dan temperatur *direct - indirect evaporative cooling* yang terbaik.

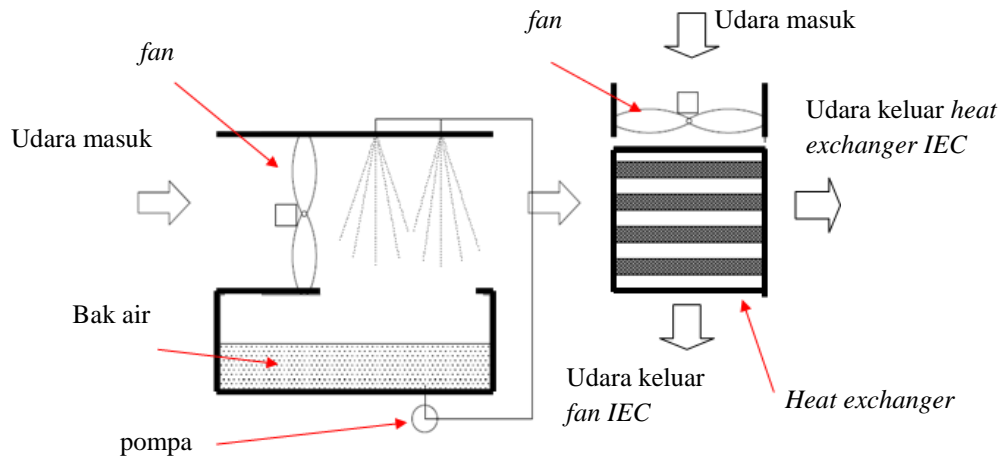
## 2. Metodologi Penelitian



**Gambar 1.** Diagram alir penelitian

### Keterangan:

- 1) Penentuan judul: dilakukan untuk menentukan topik berdasarkan permasalahan yang dibahas dalam penelitian ini.
- 2) Studi literatur: digunakan untuk mengumpulkan teori serta hasil-hasil penelitian sebelumnya untuk memudahkan proses dan menentukan variabel target dalam penelitian.
- 3) Pembuatan *direct/indirect evaporative cooling* sesuai dengan desain: Pembuatan alat dilakukan setelah proses menggambar dengan bantuan software CAD Solidwork 2011 selesai dan alat dibuat dengan dimensi yang sama sesuai draft desain.
- 4) Pengujian untuk mendapatkan nilai temperatur dan kelembaban keluaran *indirect evaporative cooling* pada *heat exchanger*: Pengujian dilakukan secara *outdoor* ditempat teduh mulai dari jam 11.00 sampai 16.00, ini dimaksudkan agar suhu dan kelembaban lingkungan (*ambient*) dapat berubah-ubah seiring waktu.
- 5) Pengolahan data: secara teoritis dilakukan guna dapat mengetahui nilai prestasi dari *indirect evaporative cooling*. Tahapan pengolahan data mengacu pada referensi. Data temperatur bola basah didapatkan dari diagram psycometrik yaitu dengan cara temperatur bola basah diplotkan sebagai garis miring ke bawah yang berawal dari garis saturasi yang terletak di bagian samping kanan chart.
- 6) Hasil dan Pembahasan: Menampilkan data hasil eksperimen berupa grafik dan gambar dalam bentuk laporan.
- 7) Kesimpulan dan Saran: mengambil kesimpulan berdasarkan hasil pengolahan data dan analisa. Memberi saran untuk lanjutan penelitian selanjutnya.



**Gambar 2.** Skema pengujian

Setelah melakukan pengujian dan mendapatkan data berupa nilai temperature *drybulb* udara sebelum dan setelah keluar dari alat *direct evaporative cooling* dan *indirect evaporative cooling* dan temperatur *wetbulb* udara maka dilakukan perhitungan nilai efisiensinya. Efisiensi dari alat pendingin evaporasi dinyatakan dengan:

$$\epsilon_{sat} = \frac{T_1 - T_2}{T_1 - T_w} \times 100\% \quad (1)$$

dimana:

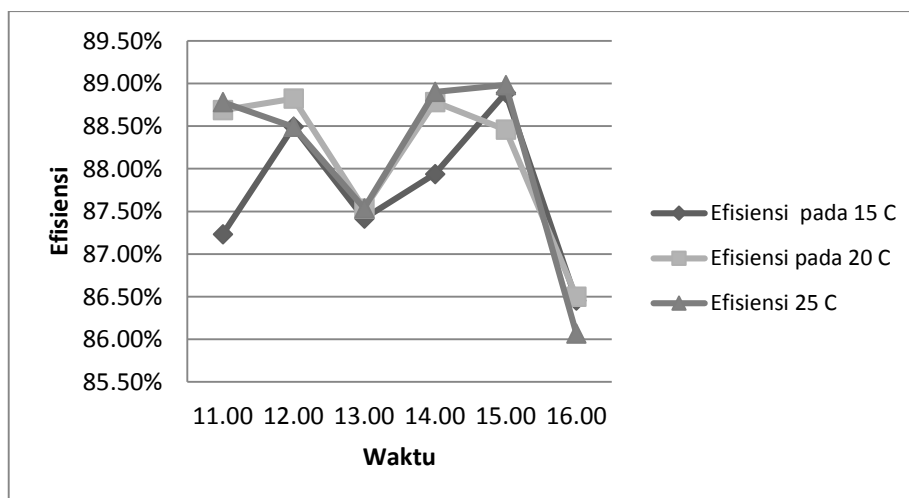
$T_1$  = temperatur udara masuk *direct evaporative cooling* atau *indirect evaporative cooling*, °C

$T_2$  = temperatur udara keluar *direct evaporative cooling* atau *indirect evaporative cooling*, °C

$T_w$  = temperatur bola basah udara masuk, °C

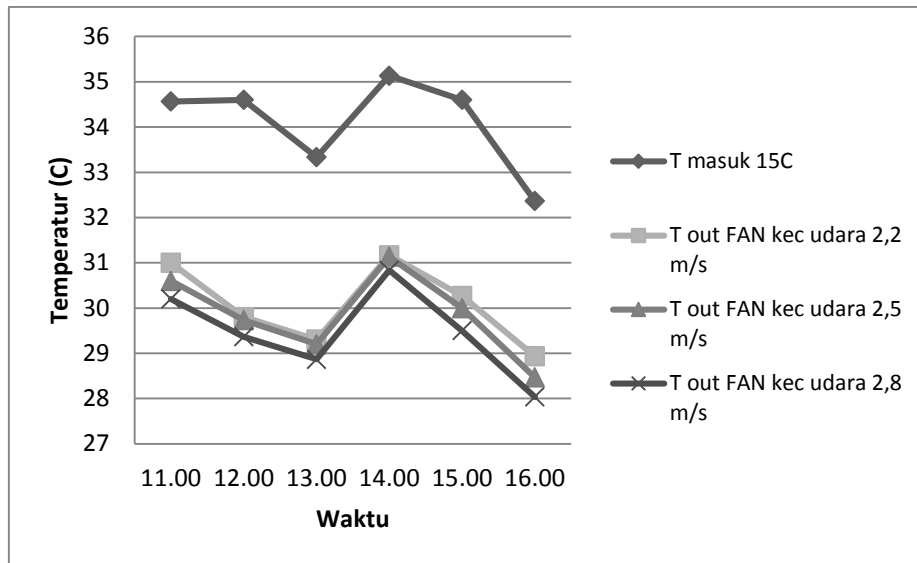
### 3. Hasil dan Pembahasan

Pengujian dilakukan mulai jam 11.00 – 16.00 WIB selama tiga hari. Pengujian dilakukan untuk mengetahui efisiensi dari *direct evaporative cooling* dan *indirect evaporative cooling*. Datayang diperoleh dari pengujian yaitu temperatur dan kelembaban relatif udara masuk (udara lingkungan) *evaporative cooling* serta temperatur udara keluaran dari *direct evaporative cooling* dan *indirect evaporative cooling*. Pengambilan data dilakukan setiap satu jam sekali.



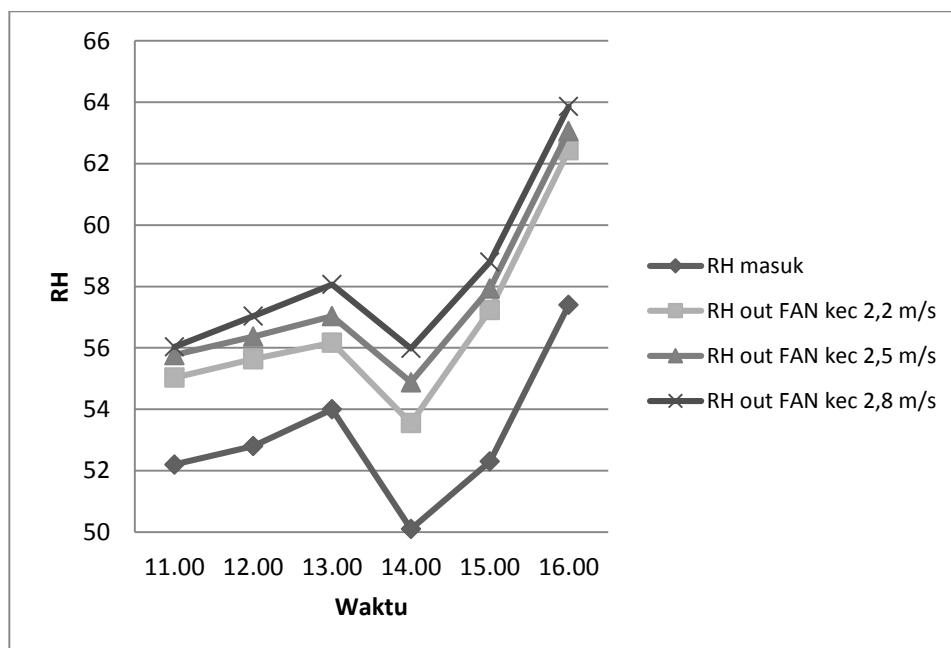
**Gambar 3.** Grafik efisiensi *direct evaporative cooling*

Pada Gambar 3 menunjukkan bahwa efisiensi *direct evaporative cooling* bergerak secara *fluktuatif*. Efisiensi rata-rata cenderung meningkat pada jam 14.00 dan 15.00, meskipun tidak begitu signifikan hanya selisih berkisar 1,04%. Dibandingkan dengan efisiensi pada temperatur media pendingin 10°C dan 20°C hanya selisih berkisar 5,19%[3].



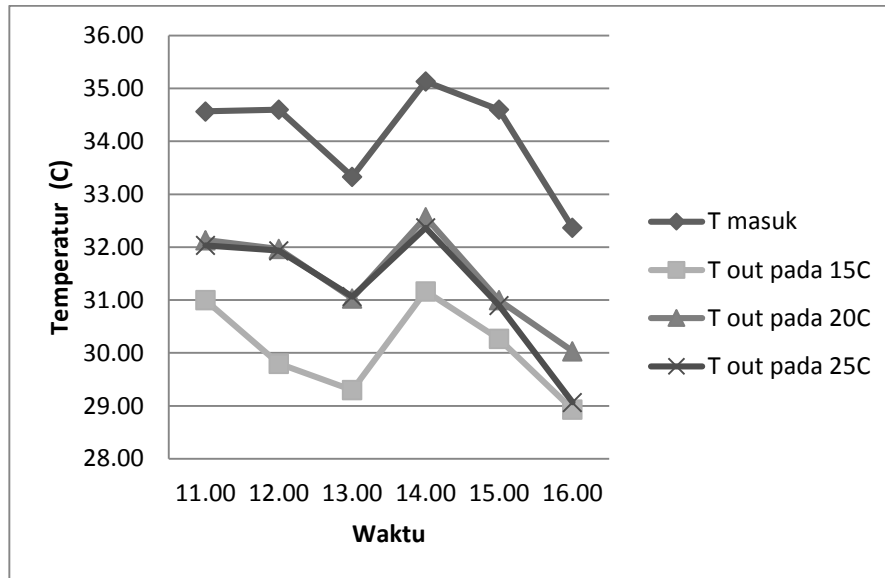
**Gambar 4.** Grafik temperatur keluaran *fan indirect evaporative cooling* terhadap variasi kecepatan udara pada temperatur media pendingin 15°C

Pada Gambar 4 menunjukkan bahwa temperatur udara keluaran *fan indirect evaporative cooling* dengan temperatur media pendingin 15°C dan kecepatan udara 2,2, 2,5, dan 2,8 m/s mengalami *fluktuatif* dari pukul 11.00 sampai pukul 16.00. Temperatur lingkungan tertinggi dicapai pada jam 14.00 sebesar 35,13°C. Namun temperatur keluaran *indirect evaporative cooling* pada kecepatan udara 2,8 m/s terjadi penurunan terbesar dibandingkan dengan yang lain. Pada kecepatan udara 1,9 m/s temperatur keluaran *indirect evaporative cooling* cenderung lebih tinggi dibandingkan dengan temperatur keluaran *indirect evaporative cooling* dengan kecepatan udara 2 m/s[4]. Hal ini menunjukkan hasil temperatur keluaran tergantung dari kecepatan udara.



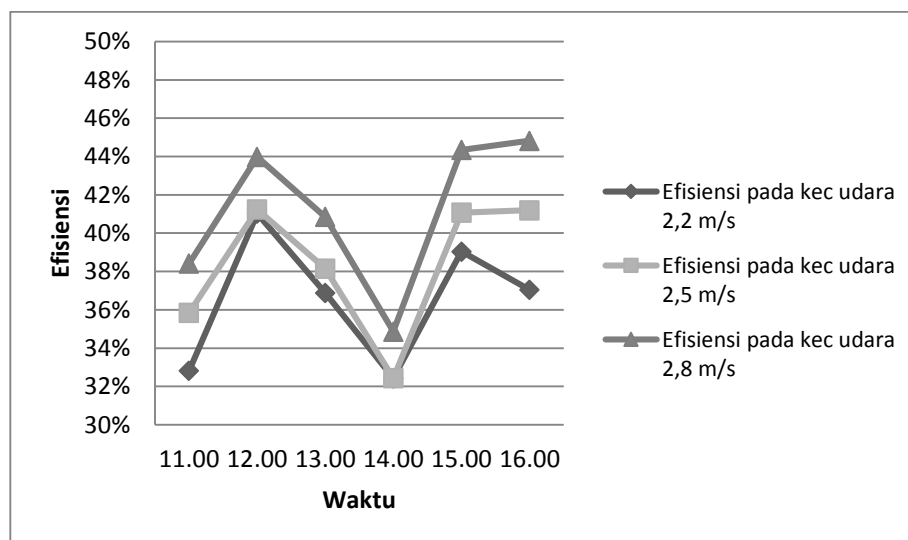
**Gambar 5.** Grafik kelembaban keluaran *fan indirect evaporative cooling* terhadap variasi kecepatan udara pada temperatur media pendingin 15°C

Pada Gambar 5 menunjukkan bahwa kelembaban relatif udara lingkungan *indirect evaporative cooling* bergerak secara *fluktuatif*. Kelembaban relatif lingkungan berkisar antara 50-57%. Sedangkan, keluaran kelembaban relatif *fan indirect evaporative cooling* berkisar antara 53-64%. Namun keluaran kelembaban relatif pada kecepatan udara 2,8 m/s terjadi peningkatan terbesar dibandingkan dengan yang lain. Kelembaban pada kecepatan udara 1,9 m/s lebih rendah daripada kelembaban pada kecepatan udara 2 m/s dengan debit air 0,06-0,08 l/s[4]. Hal ini menunjukkan bahwa semakin tinggi kecepatan udara menyebabkan kelembaban relatif *indirect evaporative cooling* meningkat.



**Gambar 6.** Grafik temperatur keluaran *indirect evaporative cooling* terhadap kecepatan udara 2,2 m/s pada variasi temperatur media pendingin

Pada Gambar 6 menunjukkan bahwa temperatur keluaran terendah terjadi pada temperatur media pendingin 15°C. Temperatur keluaran tersebut bergerak secara *fluktuatif* dan cenderung menurun menjelang sore. Selisih antara temperatur lingkungan dengan temperatur keluaran pada 15°C lebih besar daripada selisih antara temperatur lingkungan dengan temperatur keluaran pada 25°C. Penurunan temperatur *dry bulb* pada temperatur media pendingin 10°C lebih besar dari temperatur media pendingin 20°C[3]. Hal ini menunjukkan bahwa semakin rendah temperatur keluaran *indirect evaporative cooling* jika temperatur media pendingin semakin rendah juga.



**Gambar 7.** Grafik efisiensi keluaran *fan indirect evaporative cooling* terhadap variasi kecepatan udara pada temperatur media pendingin 15°C

Pada Gambar 7 menunjukkan bahwa efisiensi tertinggi terjadi pada kecepatan udara 2,8 m/s. Efisiensi tersebut bergerak secara *fluktuatif*. Pada pukul 11.00 efisiensi kecepatan udara 2,2 m/s sebesar 33%, kecepatan udara 2,5 m/s sebesar 36% dan kecepatan udara 2,8 m/s sebesar 38%. Efisiensi pada kecepatan udara 2 m/s lebih tinggi dibandingkan efisiensi pada kecepatan udara 1,9 m/s[4]. Hal ini disebabkan karena semakin tinggi efisiensi *fan indirect evaporative cooling* jika kecepatan udara semakin tinggi.

#### 4. Kesimpulan

Dari hasil pengujian alat *direct-indirect evaporative cooling* didapat kesimpulan bahwa *direct evaporative cooling* dapat menurunkan temperatur sampai 24,1 °C dan menaikkan kelembaban relatif sampai 90 %. Variasi temperatur media pendingin juga mempunyai pengaruh terhadap efisiensi *indirect evaporative cooling*. Pada pengujian ini temperatur media pendingin yang menghasilkan efisiensi paling baik yaitu berturut-turut 15°C ( $\epsilon = 27\%$ ), 20°C ( $\epsilon = 21\%$ ) dan 25°C ( $\epsilon = 15\%$ ). Selain itu, variasi kecepatan udara *indirect evaporative cooling* juga mempunyai pengaruh terhadap efisiensi *indirect evaporative cooling*. Pada pengujian ini kecepatan udara tersebut menghasilkan efisiensi paling baik yaitu berturut-turut 2,2 m/s ( $\epsilon = 33\%$ ), 2,5 m/s ( $\epsilon = 36\%$ ) dan 2,8 m/s ( $\epsilon = 38\%$ ).

#### 5. Daftar Pustaka

- [1] Stoecker, W.F., Jones, J.W., 1989, “*Refrigerasi dan Pengkondisian Udara*”, edisi ke-2. Alih bahasa Ir. Supratman Hara. Jakarta : Erlangga.
- [2] Sunarwo, 2011, “*Pembuatan Dan Pengujian Evaporative Cooling*”, Jurnal teknik energi Vol 7 No.1 Januari 2011; 31 – 34.
- [3] Finahari, N., Toni D.P., 2007, “*Pengaruh Perubahan Temperatur Media Pendingin pada Direct Evaporative Cooler*”.
- [4] Anakottapary, Daud S., Putu W.S., 2011, “*Pengaruh Debit Aliran Air dan Kecepatan Udara Fan terhadap Temperatur dan Kelembaban Udara Keluaran Air Cooler*”. Jurnal Logic Vol 11 No.1 Maret 2011.