# PENGARUH ARAH DAN KECEPATAN ALIRAN UDARA TERHADAP KINERJA *EVAPORATIVE COOLING*

## *EFFECT OF AIR FLOW DIRECTION AND SPEED OF THE PERFORMANCE OF EVAPORATIVE COOLING*

**Fadhlin Nugraha Rismi[1] , M. Ramdlan Kirom[2], Tri Ayodha Ajiwiguna[3]**
[1,2,3]Prodi S1 Teknik Fisika, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom
[1]fadhlin_nugraha@yahoo.com, [2]jakasantang@gmail.com, [3]tri.ayodha@gmail.com

**Abstrak**

***Refrigerant* pada proses pendinginan dalam kulkas yaitu *cloroflourocarbon* (CFC) melepaskan atom klorin yang menyebabkan penipisan lapisan ozon dan semakin lama menjadi berlubang, sehingga radiasi sinar *ultraviolet* yang dipancarkan oleh sinar matahari dapat merusak ekosistem di bumi dan menimbulkan penyakit seperti kanker kulit. Untuk itu diperlukan teknologi pendingin hemat energi, ramah lingkungan dan tidak menggunakan senyawa kimia untuk mengurangi tejadinya penipisan lapisan ozon dengan menggunakan prinsip kerja evaporasi. Hasil pengujian ternyata COP tertinggi yaitu 2.973 terjadi pada arah dan kecepatan aliran udara yaitu ◆◆ dan 3.4 m/s dengan temperatur ruangan tertutup 2◆C - 2◆C dalam keadaan *steady state* menjadi kinerja *evaporative cooling* yang paling baik.**

**Kata Kunci : evaporasi, *Coefficient Of Performance* (COP) , *evaporative cooling***

**Abstract**

***Refrigerant in the cooling process of the refrigerator is cloroflourocarbon (CFC) release chlorine atoms that cause depletion of the ozone layer and the longer be perforated, so that ultraviolet radiation emitted by the sun damages ecosystems on Earth and cause diseases such as skin cancer. It is necessary for energy efficient cooling technology, environmentally friendly and does not use chemical compounds to reduce the depletion of the ozone layer with the principles of evaporation. The test results turned out to be the highest COP 2.973 occurred on the direction and speed of air flow that is ◆ dan 3.4 m/s at room temperature, covered ◆◆C - 2◆C in steady state into performance evaporative cooling is the most excellent***

***Keywords : evaporative, Coefficient Of Performance* (COP) , *evaporative cooling***

## 1. Pendahuluan

Kemajuan pengetahuan dan teknologi mempengaruhi perilaku kehidupan manusia modern saat ini, salah satunya teknologi mesin pendingin. Teknologi pendingin ini tidak hanya terbatas untuk peningkatan kualitas dan kenyamanan hidup, juga sudah menyentuh hal-hal esensial penunjang kehidupan manusia, seperti mesin pendingin makanan untuk menjaga

makanan agar tetap terjaga kualitasnya dan menghindari agar tidak cepat membusuk. Zat kimia CFC yang digunakan sebagai refrigeran pada proses pendinginan di dalam kulkas akan berubah menjadi gas kemudian dilepas ke udara. Senyawa kimia yang dilepas tersebut akan terurai oleh radiasi sinar matahari dan melepaskan atom klorin pada lapisan ozon. Atom klorin inilah yang menyebabkan penipisan lapisan ozon dan semakin lama lapisan ozon menjadi berlubang, sehingga radiasi sinar ultraviolet yang dipancarkan oleh sinar matahari dapat merusak ekosistem di bumi, menimbulkan penyakit seperti kanker kulit. Apabila kita menggunakan kulkas terus, gas CFC yang dibuang secara terus-menerus oleh kulkas tersebut dapat menyebabkan terjadinya penipisan lapisan ozon dan memberikan dampak buruk pada lingkungan[1]. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh kecepatan aliran udara yang berbeda terhadap penurunan temperatur, kalor konveksi ($Q_{\square\square\square}$), kalor konduksi ($Q_{\square\square\square\square}$), dan kinerja *evaporative cooling* (COP) berdasarkan arah yang berbeda, dan besarnya kelembaban yang paling baik pada *evaporative cooling*. *Evaporative cooling* ini dirancang untuk mengalirkan udara menggunakan kipas angin dengan kecepatan udara yang diubah-ubah dan arah dari kipas angin ($0^0, 45^0$ dan $90^0$) yang berbeda sehingga output yang yang dihasilkan berupa data, grafik, dan analisis dari *evaporative cooling* tersebut. Penelitian ini menggunakan perancangan alat dengan membuat desain mekanik dan sistem yang digunakan dalam *evaporative cooling.* Selanjutnya dilakukan uji coba dan pengambilan data akan dilakukan dengan mengubah arah dan kecepatan aliran udara.

## 2. Dasar Teori

*Evaporative cooling* adalah pendingin dengan memanfaatkan mekanisme pelepasan kalor akibat penguapan air. Untuk menguap, air membutuhkan udara atau kalor yang akan diambil dari lingkungan sekitarnya, dengan demikian suhu lingkungan akan turun. Jika pada udara kering (udara panas) air lebih mudah menangkap kalor dari udara lingkungan sekitar, namun apabila lingkungan lembab (seperti di Indonesia yang beriklim tropis lembab) udara tidak lagi "haus" uap air sehingga penguapan tidak berlangsung dengan cepat[2].

### 2.1 *Direct Evaporative Cooling dan Indirect Evaporative Cooling*

Pendingin evaporatif jenis langsung akan mendinginkan udara dengan cara udara dialirkan melalui media basah (biasanya dari bahan selulosa). Saat melewati media basah, udara akan mendingin akibat adanya penguapan air. Pada pendingin jenis ini, alat akan menambah jumlah uap air di udara sampai mendekati saturasi. Udara yang dihembuskan langsung berhubungan dengan udara luar, sebaliknya pada *indirect evaporative cooling*, udara luar dilewatkan pada *heat exchanger*, selanjutnya *heat exchanger* menyalurkan panas pada sistem[2].

### 2.2 Konduksi

Konduksi adalah perpindahan kalor melalui medium (zat perantara) tanpa disertai dengan perpindahan partikel-partikel medium tersebut. Perpindahan kalor secara konduksi biasanya terjadi pada zat padat, seperti logam, *stainless steel* dan sebagainya. Laju kalor kondiksi dapat dinyatakan dengan persamaan[3]:

$$Q_{konduksi} = k A \frac{(T_2 - T_1)}{L} \quad (1)$$

Keterangan:

$Q_{konduksi}$ = Laju perpindahan kalor konduksi (J/s atau Watt)
$k$ = Konduktivitas termal bahan (W/m K)
$A$ = Luas Permukaan bahan ($m^2$)
$L$ = Ketebalan/jarak dalam arah aliran kalor (m)
$T_2$ = Temperatur yang lebih tinggi (K)
$T_1$ = Temperatur yang lebih rendah (K)

### 2.3 Konveksi

Bila fluida mengalir pada suatu benda padat atau mengalir di dalam suatu saluran sedangkan temperatur fluida dan permukaan benda padat berbeda , maka akan terjadi perpindahan panas antara fluida dan permukaan benda padat, sebagai akibat dari gesekan fluida terhadap permukaan. Mekanisme perpindahan panas seperti ini disebut perpindahan panas secara konveksi. Perpindahan kalor konveksi dapat dibagi menjadi dua, yaitu konveksi bebas (alami) dan konveksi paksa. Konveksi alami terjadi apabila pergerakan fluida dikarenakan gaya apung akibat perbedaan kerapatan fluida dan perbedaan suhu. Sedangkan pada konveksi paksa pergerakan pergerakan fluida terjadi akibat gaya luar seperti kipas (*fan*) atau pompa. Laju kalor konveksi dinyatakan dengan persamaan[3]:

$$Q_{konveksi} = h A (T_s - T_\infty) \quad (2)$$

Keterangan:
$Q_{konveksi}$ = Laju Kalor Konveksi (J/s atau Watt)
$h$ = Koefisien Konveksi ($W/m^2K$)
$A$ = Luas Permukaan ($m^2$)
$T_s$ = Temperatur Tinggi (K)
$T_\infty$ = Temperatur Rendah (K)

### 2.4 Kinerja *Evaporative Cooling*

Kerja pendingin *evaporative cooling* bukan berarti membicarakan tentang efisiensi, namun koefisien kinerja/performanya (COP). Secara luas mengandung arti sama, yaitu seberapa baik kinerjanya dibandingkan dengan usaha yang dilakukan. COP adalah rasio seberapa besar energi kalor yang bisa dipindahkan dibandingkan dengan kerja yang diberikan. Semakin besar kalor yang dapat dipindahkan dengan sejumlah energi demikian, maka COP semakin tinggi, dan semakin hemat sistem tersebut. Untuk mencari nilai COP[4]:

$$COP = \frac{Q_{in}}{W_{in}} \quad (3)$$

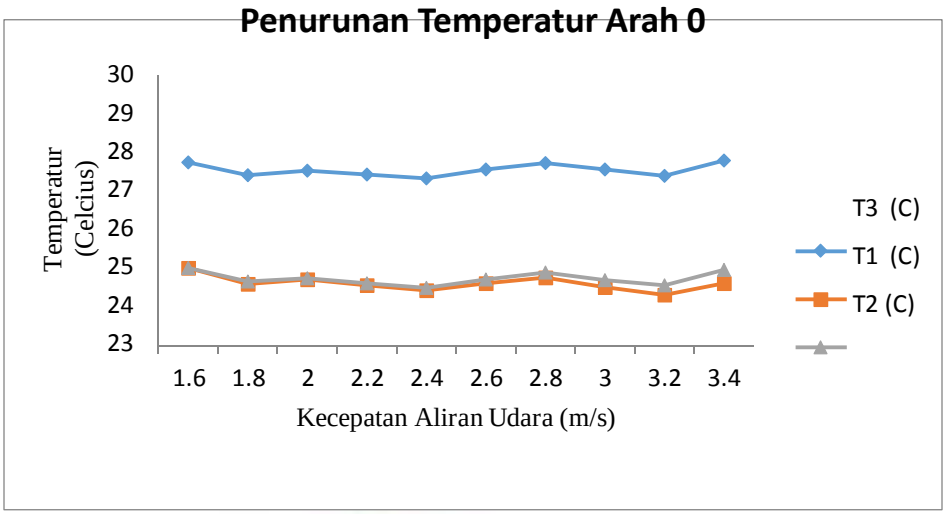
Keterangan:

$Q_{i\diamond}$ = Laju kalor yang dipindahkan (J/s atau Watt)

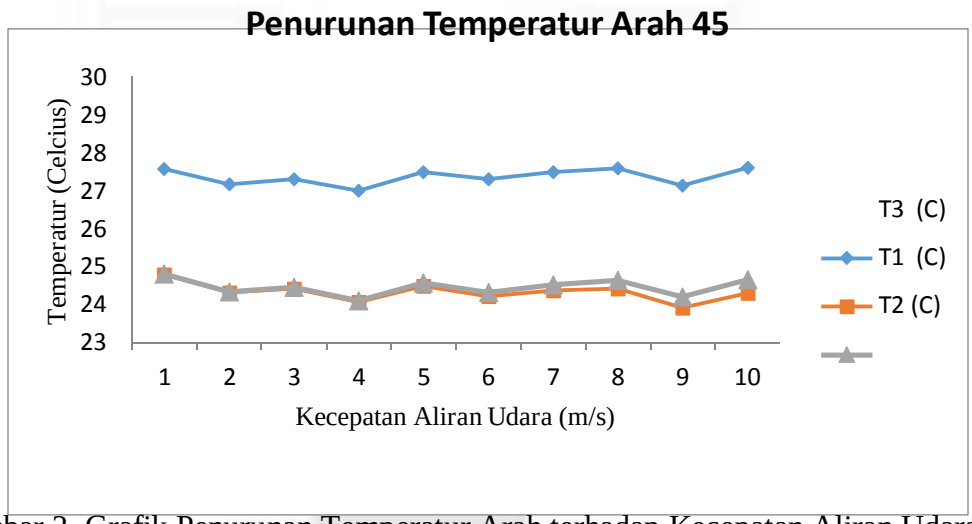
$W_{i}$ = Daya input (Watt)

## 3. Pembahasan

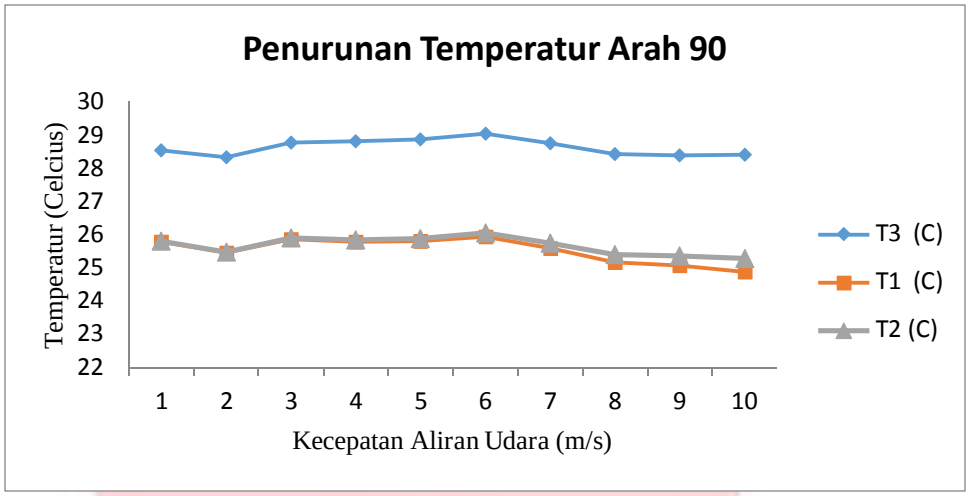
### 3.1 Grafik Penurunan Temperatur




Gambar 1. Grafik Penurunan Temperatur Arah terhadap Kecepatan Aliran Udara $0^0$



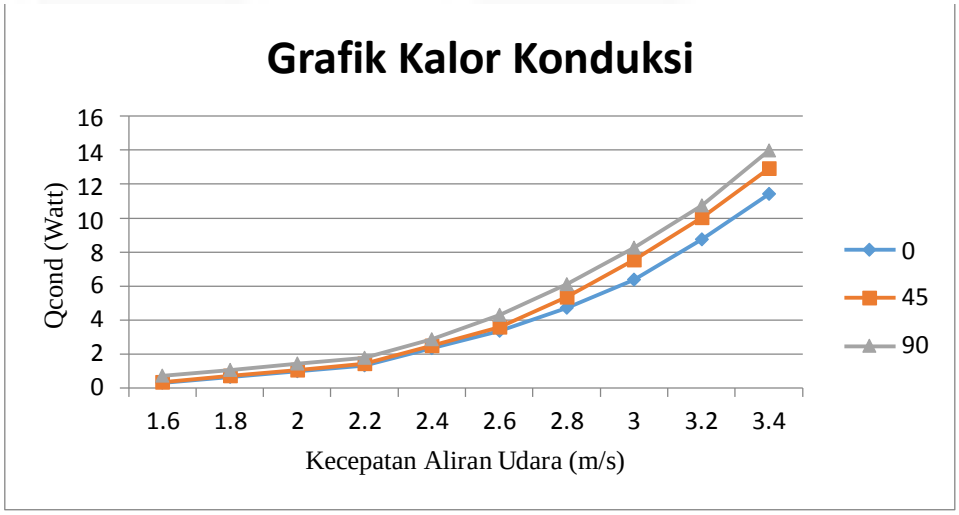

Gambar 2. Grafik Penurunan Temperatur Arah terhadap Kecepatan Aliran Udara $45^0$




Gambar 3. Grafik Penurunan Temperatur Arah $90^0$ Terhadap Kecepatan Aliran Udara

Gambar 1, 2, dan 3 grafik penurunan temperatur dapat dilihat adanya *gap* yang cukup besar antara $T_3$ dan $T_1$, artinya terjadi penurunan temperatur lingkungan antara $3^0C$ - $4^0C$ yang terjadi secara konveksi paksa. Untuk menghitung kinerja *evaporative cooling* perbedaan temperatur yang digunakan yaitu $T_1$ dan $T_2$, karena pada *stainless steel* terjadi proses penyerapan kalor secara konduksi dan salah satu faktor yang mempengaruhi kinerja *evaporative cooling.*

### 1.3.1 Kalor Konduksi *Evaporative Cooling* (Watt)




Gambar 4. Grafik Kalor Konduksi Terhadap Kecepatan Aliran Udara

Pada grafik laju kalor konduksi menunjukkan bahwa laju kalor konduksi semakin meningkat karena seiring berubahnya kecepatan aliran udara. Dapat dilihat juga pengaruh arah aliran udara yang berbeda terlihat adanya *gap* setiap arah. Laju kalor konduksi

paling besar terjadi pada arah $90^0$ maka kalor yang diserap *stainless steel* semakin besar juga dan proses pemindahan kalor semakin cepat. Hal ini terjadi karena pengaruh kecepatan aliran udara yang semakin besar dan arah aliran udara yang tegak lurus.

Sedangkan dari grafik terlihat laju kalor konduksi paling kecil terjadi pada arah $0^0$, artinya kalor yang diserap *stainless steel* semakin sedikit untuk dipindahkan sehingga bisa menyebabkan kinerja *evaporative cooling* tidak mencapai performanya atau tidak maksimal dan proses pemindahan kalor yang lambat. Hal ini dipengaruhi oleh kecepatan aliran udara yang semakin kecil dan arah aliran udara yang horizontal terhadap *evaporative cooling*.

### 1.3.2 Kinerja *Evaporative Cooling*

Tabel 1 COP

| | 0 | 45 | 90 |
|---|---|---|---|
| 1.6 | 0.819432 | 0.874061 | 1.748122 |
| 1.8 | 1.320314 | 1.408334 | 2.112502 |
| 2 | 1.588477 | 1.694376 | 2.259168 |
| 2.2 | 1.78809 | 1.907296 | 2.38412 |
| 2.4 | 2.057671 | 2.194849 | 2.508399 |
| 2.6 | 2.083023 | 2.221892 | 2.66627 |
| 2.8 | 2.141433 | 2.447352 | 2.773665 |
| 3 | 2.23398 | 2.633745 | 2.884578 |
| 3.2 | 2.36748 | 2.719566 | 2.913821 |
| 3.4 | 2.430132 | 2.744619 | 2.973337 |

Tabel di atas diketahui COP tertinggi yaitu 2,973 terjadi pada arah $90^0$ dengan kecepatan aliran udara yaitu 3,4 m/s. Dan yang terendah adalah 0,819 pada arah $0^0$ dengan kecepatan yaitu 1,6 m/s pada temperatur ruangan yang tertutup antara 28°C - $29^0$C dalam keadaan *steady state*. Hal ini disebabkan jika kecepatan aliran udara semakin besar maka laju kalor konduksi yang diserap oleh *stainless steel* semakin banyak. Sementara daya input yang dibutuhkan tidak terlalu besar jika dibandingkan dengan laju kalor konduksi, sehingga nilai COP yang diperoleh semakin tinggi, artinya pada kinerja *evaporative cooling* ini yang paling baik.

Begitu juga sebaliknya, semakin kecil kecepatan aliran udara maka kalor laju kalor konduksi yang diserap oleh *stainless steel* akan semakin sedikit dan daya input agak besar jika dibandingkan dengan laju kalor konduksi sehingga COP yang diperoleh semakin kecil, artinya pada kinerja *evaporative cooling* ini tidak maksimal.

### 1.3.3 Kalor Konveksi *Evaporative Cooling* (Watt)

Gambar 5.5. Grafik Kalor Konveksi Terhadap Kecepatan ALiran Udara

Dari grafik laju kalor konveksi menunjukkan bahwa meningkatnya laju kalor konveksi seiring dengan bertambahnya aliran kecepatan aliran udara. Dapat dilihat adanya *gap* setiap arah aliran udara yang berbeda. Dari grafik terlihat semakin tegak lurus arah aliran udara terhadap *evaporative cooling*, maka semakin cepat laju aliran kalor konveksinya, artinya proses pelepasan kalor berlangsung cepat dan banyak kalor yang dilepas. Sebaliknya, terlihat semakin horizontal arah aliran udara maka proses pelepasan kalor semakin lambat dan kalor yang dilepas semakin lambat. Hal ini terjadi karena pengaruh kecepatan dan arah aliran udara yang berbeda.

### 1.3.4 Kelembaban (%)

Pada pengujian dengan variasi kecepatan aliran udara 1.6 m/s, 1.8 m/s, 2.0 m/s, 2.2 m/s, 2.4 m/s, 2.6 m/s, 2.8 m/s, 3.0 m/s, 3.2 m/s, dan 3.4 m/s dan arah aliran udara $0^0$, $45^0$ dan $90^0$ diperoleh kelembaban udara paling rendah 76.6%. dengan kecepatan 3.4 m/s dan arah $90^0$. Dapat dilihat juga adanya pengaruh kecepatan udara yang dialirkan ke media pendingin semakin besar dan arah yang tegak lurus menyebabkan kelembaban semakin rendah dibandingkan arah miring dan sejajar. Artinya mengandung uap air yang paling sedikit diudara pada lingkungan sekitarnya, akibatnya bisa mengurangi terjadinya pertumbuhan bakteri atau jamur. Sehingga alat ini hanya cocok pada ruangan kecil yang memiliki sirkulasi udara yang baik.

## 4. Kesimpulan

a. Kalor konduksi tertinggi terjadi pada kecepatan aliran udara 3.4 m/s dengan arah $90^0$ yaitu 13.977 Watt, berarti penyerapan kalor paling baik.

b. COP tertinggi yaitu 2.973 terjadi pada arah dan kecepatan aliran udara yaitu $90^0$ dan 3.4 m/s dengan temperatur ruangan tertutup 28 C - 29 C dalam keadaan *steady state* menjadi kinerja *evaporative cooling* yang paling baik.

c. Kalor konveksi tertinggi terjadi pada kecepatan aliran udara 3.4 m/s dengan arah $90^0$ yaitu 0.744 Watt, berarti pelepasan kalor paling banyak. Namun belum maksimal yang seharusnya kalor yang diserap secara konduksi untuk dipindahkan sama atau mendekati kalor yang dilepas.

d. Kelembaban yang paling rendah diperoleh 76.6%, artinya pada penelitian *evaporative cooling* ini paling sedikit mengandung uap air di udara pada lingkungan sekitarnya sehingga bisa mengurangi terjadinya pertumbuhan bakteri atau jamur.

**Daftar Pustaka**

[1] Pamungkas, Guntur M. 2014. Frocogerator (*Free Freon Cooler Refrigerator*) sebagai Inovasi Kulkas Penyimpan Buah dan Sayuran yang Ramah Lingkungan Berbasis Transfer Kalor *Adsorben-Adsorbat* yang *Low Power*. Jurnal Jurusan Teknik Mesin, Universitas Negeri Semarang

[2] Abrar Ridwan. 2008. Perancangan dan Pembuatan Alat Pendingin Udara dengan *System Evacuated-Air Based Evaporative Cooling Process*. Indonesia

[3] Effendy, Marwan. 2013. Pengaruh Kecepatan Udara Pendingin Kondensor terhadap Kooefisien Prestasi. Jurnal Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik UMS

[4] Nusa, Mhd. Iqbal. 2015. *Evaporative Cooling Technology To Prolong Shelf Life Storage Of Fresh Fruits And Vegetable*. Program Studi Ilmu dan Teknologi Pangan, Fakultas Pertanian UMSU: Medan, Indonesia Agrium ISSN

[5] Sunarwo. 2011. Pembuatan dan Pengujian *Evaporative Cooling*. Jurnal Teknik Energi: Eksergi.

[6] Pescod D. 1974. *An Evaporative Air Cooler Using A Plate Heat Exchanger, Csiro Division Of Mechanical Engineering Transactions*, Victoria, Australia.

[7] Wirawan, IKG, dan Ngurah Putra Wibawa. 2007. *Analisis Penggunaan Water Cooled Condenser* Pada Mesin Pengkondisian Udara.

[8] Siruru, Nataniel. 2015. Fisika Terapan Niel *Evaporative Cooling*. Jurnal Fisika Terapan Niel Universitas Gajah Mada

[9] Rikibin. 2012. Pendingin Evaporative. Diperoleh Januari 2016, Dari Www.Scribd.Com/Doc/112389824/Pendingin-Evaporatif

[10] Yunus, A. Cengel. 2011. *Heat Transfer*. Singapore: Mcgraw-Hill

[11] Poetro, Joessianto Eko. 2011. Jurnal Analisis Kinerja Sistem Pendingin Arus Searah (*Dc Cooler*) Sebagai Upaya Konservasi Energi Pada Bts (*Base Transceiver Station*). Universitas Indonesia.