

## **BAB I**

### **PENDAHULUAN**

#### **1.1. Latar Belakang**

Sistem pengabutan air merupakan suatu sistem pendinginan udara luar ruangan yang ramah lingkungan. Sistem pengabut air yang dimaksud dalam penelitian ini yaitu suatu sistem pengkondisian udara yang bekerja secara evaporatif. Sistem pengabut air biasanya digunakan untuk menurunkan suhu udara luar ruangan. Sistem pengabutan mengubah air menjadi kabut kemudian menyemprotkan kabut air ke udara lingkungan. Penurunan suhu terjadi akibat penyerapan suhu tinggi udara oleh suhu rendah air. Sistem pengabutan air dianggap ramah lingkungan karena tidak menggunakan bahan berbahaya dan lebih hemat energi dibanding penggunaan AC. Sistem pengabutan air dapat dipertimbangkan sebagai alternatif mitigasi pemanasan lingkungan perkotaan.

Para ilmuwan telah melakukan penelitian mengenai sistem pengabutan air, hasilnya sangat bervariasi namun dapat memaparkan kualitas penurunan suhu yang dapat dihasilkan serta faktor-faktor yang mempengaruhinya. Sistem pengabutan air sebaiknya dijalankan dengan menggunakan pompa tekanan tinggi untuk mendapatkan hasil yang lebih baik. Menjalankan pengabutan air dengan menggunakan pompa tekanan rendah dapat menghemat energi namun mengurangi kualitas penurunan suhu. Secara sederhana dapat dijelaskan bahwa sistem pengabutan tekanan rendah lebih sulit menurunkan suhu udara dan menimbulkan rasa tidak nyaman.

Sistem pengabutan air tekanan tinggi telah diuji di iklim lembab. Penelitian yang telah dilakukan menghasilkan kesimpulan bahwa pengabutan air tekanan tinggi berfungsi dengan baik dan untuk kebutuhan rumah tinggal pengabutan air versi mini lebih efisien dibandingkan penggunaan AC (Ishi, dkk. 2009). Pengabutan tekanan rendah lebih hemat energi namun secara teori akan menyebabkan basah di permukaan bawah. Studi pengabutan air tekanan rendah perlu dilakukan untuk mengetahui sejauh mana penghematan energi dapat diusahakan. Aplikasi sistem pengabutan air lebih sulit diterapkan di iklim tropis lembab karena kelembaban yang tinggi akan menghambat terjadinya penguapan. Studi pengabutan air tekanan rendah ini dilakukan di Indonesia dengan studi kasus iklim kota Yogyakarta. Wilayah Indonesia beriklim tropis lembab maka kelembaban udara menjadi pertimbangan penting dalam penelitian ini.

#### **1.1.1. Latar belakang arti penting studi**

Fenomena pemanasan lingkungan perkotaan sudah menjadi topik yang ramai dibahas oleh para ahli cuaca. Pemanasan lingkungan perkotaan juga menjadi perhatian para arsitek karena perannya dalam desain kenyamanan thermal. Kepedulian terhadap keterbatasan persediaan energi fosil meningkatkan kebutuhan akan solusi pengkondisian udara hemat energi. *Urban Heat Island* (UHI) merupakan suatu fenomena terbentuknya pulau-pulau panas di langit kota-kota yang ditandai dengan adanya selisih signifikan antara suhu lingkungan kota dan suhu lingkungan asri di sekitarnya. Perubahan struktur permukaan kota akibat pembangunan mengakibatkan terjadinya perubahan sifat *thermal* permukaan dan fenomena UHI.

Tanaman memiliki nilai albedo yang dapat mempengaruhi suhu lingkungan, daerah yang terlindung bayangan pohon memiliki suhu udara lebih rendah 3-4 °C (Purnomohadi, 1983). Sistem pengabutan air bekerja dengan metode pendinginan evaporatif yang di satu sisi serupa dengan pendinginan oleh vegetasi. Tumbuhan terbentuk oleh 90% air. Struktur fisik tumbuhan menyebabkan penampang permukaan air menjadi lebih luas dibanding penampang permukaan air di dalam wadah. Struktur tanaman memperluas bidang permukaan air pada perbandingan volume yang sama sehingga laju transfer panas lebih cepat. Sistem pengabutan air juga memperluas penampang permukaan air dengan cara memecah air menjadi butiran yang sangat halus sehingga laju transfer panas lebih cepat.



Gambar 1.1. Struktur Pohon Memperluas Bidang Permukaan Air pada Perbandingan Volume Air yang Sama

Sumber : Dokumen pribadi, November 2016

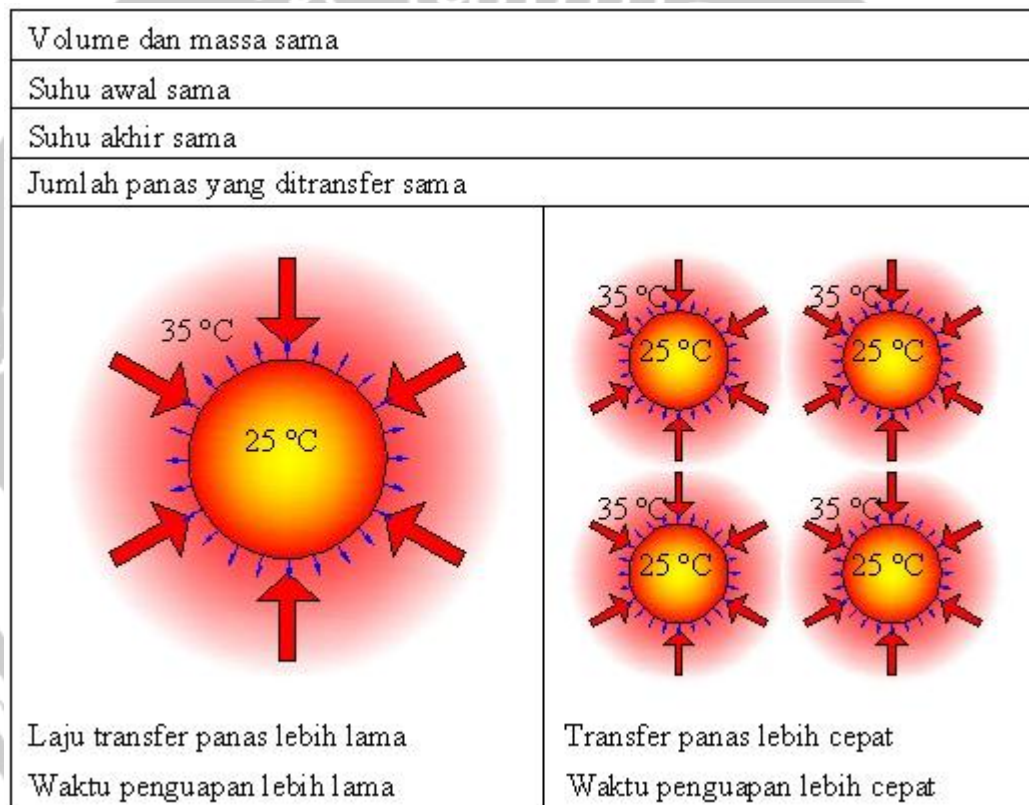
Sistem pengabutan air bekerja dengan cara menyembrotkan kabut air ke udara lingkungan, penurunan suhu terjadi akibat konveksi suhu panas lingkungan dan suhu dingin air. Suhu normal air berkisar 25 °C sedangkan suhu normal udara lebih tinggi yaitu berada dalam rentang antara 30-37 °C. Penurunan suhu terus berlangsung pada kasus segelas air panas yang dibiarkan, penurunan suhu akan melewati titik-

setimbang antara perbandingan suhu air dan suhu lingkungan hingga akhirnya suhu air mencapai normal.

Penelitian mengenai sistem pengabutan air telah dimulai sejak 15 tahun terakhir. Simulasi nyata metode pendinginan dengan kabut air di iklim kering lingkungan perumahan dataran tinggi Negev Israel selatan yang dilakukan oleh Pearlmutter dkk (1996) berhasil menurunkan suhu sebesar 10 °C dan meningkatkan kelembaban hingga mencapai 85-95 %. Simulasi nyata metode pendinginan dengan kabut air di iklim Jepang yang dilakukan oleh Ishii dkk (2009) menghasilkan penurunan suhu sebesar 2 K dengan menggunakan pengabutan tekanan tinggi. Sistem pengabutan air dapat menurunkan suhu udara dan meningkatkan kelembaban udara, peningkatan kelembaban dapat terjadi akibat penguapan butir kabut oleh suhu panas lingkungan.

Peningkatan kelembaban oleh sistem pengabut air sangat cocok untuk meningkatkan kenyamanan di iklim kering namun di iklim tropis lembab peningkatan kelembaban dapat mengganggu kenyamanan. Wilayah Indonesia beriklim tropis lembab sehingga menghambat terjadinya penguapan. Hasil pengukuran yang dilakukan di kota Yogyakarta pada bulan Oktober menunjukkan bahwa suhu pagi hari berkisar 27 °C dan kelembaban udara mencapai 60 % sedangkan pada siang hari suhu lingkungan mencapai 40 °C dan kelembabannya mencapai 32,7 %. Wicahyani dkk (2013 : 290) memaparkan bahwa berdasarkan hasil interpretasi citra diketahui pusat panas di kota Yogyakarta berada di pusat perkotaan dan suhunya 25-30 °C hingga 40-45 °C, sedangkan suhu daerah sekitarnya berada dalam rentang antara 15-20 °C-

hingga 40-45 °C. Blok panas di perkotaan terlihat meliputi seluruh Kota Yogyakarta dan meluas hingga Kec. Mlati dan Kec. Depok (Kab. Sleman) serta Kec. Banguntapan (Kab. Bantul), sebagian besar wilayah berada dalam rentang suhu antara 35-40 °C.



Gambar 1.2. Semakin Kecil Diameter Butir Maka Semakin Luas Bidang Permukaan Air yang Terpapar oleh Suhu Lingkungan pada Perbandingan Volume Air yang Sama  
Sumber : Dokumen pribadi, November 2016

Sistem pengabutan air memanfaatkan penguapan kabut untuk menurunkan suhu sedangkan kabut membutuhkan tenggang waktu tertentu untuk dapat menguap oleh karena itu diameter butir kabut yang dihasilkan harus cukup kecil agar dapat segera menguap. Gambar 1.2 menjelaskan bahwa semakin kecil diameter butir maka semakin luas bidang permukaan air yang terpapar oleh suhu lingkungan pada-

perbandingan volume air yang sama, dengan seperti itu maka semakin kecil diameter butir semakin besar peluang terjadinya penguapan. Butir air yang berdiameter lebih kecil lebih cepat menguap dan pada perbandingan volume, massa, suhu akhir dan suhu awal yang sama butir air yang berdiameter lebih kecil menghasilkan penurunan suhu yang lebih cepat karena penampang permukaan air menjadi lebih luas pada perbandingan volume yang sama, namun meskipun demikian suhu akhir percampuran dua fluida berbeda suhu ini akan berakhir pada suhu yang sama.

Diameter butir kabut yang dihasilkan dipengaruhi oleh kapasitas tekanan pompa dan diameter mulut kepala semprot yang digunakan. Sistem pengabutan air menghasilkan kabut dengan menggunakan tekanan pompa. Pompa pengabut air dibutuhkan untuk mendorong air keluar dari mulut kepala semprot yang berdiameter kecil sehingga air keluar sebagai kabut. Sistem pengabutan air tekanan tinggi menghasilkan butir kabut yang berdiameter cukup kecil untuk dapat segera menguap. Sistem pengabutan air tekanan rendah menghasilkan butir kabut yang berdiameter lebih besar sehingga membutuhkan waktu yang lebih lama untuk dapat menguap. Penguapan butir kabut pada pengabutan tekanan tinggi terjadi pada jarak 2-3 m dari mulut kepala semprot sedangkan pada pengabutan tekanan rendah penguapan butir kabut dapat terjadi pada jarak 3-5 m. Butir kabut yang berdiameter lebih besar lebih lama menguap dan mencapai permukaan bawah sebelum selesai menguap. Penguapan yang tidak selesai menyebabkan terjadinya penumpukan buir kabut dan membasahi permukaan bawah. Pengabutan tekanan rendah cenderung dihindari-

karena mengkhawatirkan penguapan tidak sempurna yang terjadi pada butir kabut yang berdiameter lebih besar.

### High Pressure Nylon Misting System

Was: \$2,299.00  
\$1,695.00

Add to Cart

Big Fogg Misting System's High-Pressure Misting System atomizes ordinary water into super fine 10-micron misting droplets, operating at 1000 PSI. The super fine misting droplets are flash evaporated by the hot air causing an immediate reduction in temperature. A misting pump module (CAT PUMP) which connects to your garden hose and a 110 VAC electrical outlet pressurizes the water to 1000 PSI and is forced through extremely small orifices (the size of a hair on your head) in the high-pressure misting nozzles. The misting nozzles are spaced apart in a misting tube that is attached to a wall on your patio. The Big Fogg High-Pressure Misting System operates without any dripping or wetting problems.



Gambar 1.3. Mesin Pengabut Air Tekanan Tinggi  
Sumber : Dokumen [www.bigfogg.com](http://www.bigfogg.com), November 2016

Sistem pengabutan sebaiknya dijalankan dengan menggunakan pompa tekanan tinggi untuk mendapatkan hasil yang lebih baik, penurunan suhu berlangsung lebih cepat dan minim resiko basah. Tekanan pompa yang lebih besar menghasilkan butir kabut yang berdiameter lebih kecil pada perbandingan penggunaan kepala-

semprot yang sama. Pengabutan tekanan tinggi beroperasi pada bobot tekanan antara 700-1000 psi, kombinasi tekanan 1000 psi dan kepala semprot berdiameter bukaan 0,2 mm menghasilkan butir kabut berdiameter antara 20-30  $\mu\text{m}$ . Bobot tekanan pompa yang lebih besar mengkonsumsi energi yang lebih banyak dan harganya lebih mahal. Biaya instalasi satu unit pengabut 1000 psi dapat mencapai Rp 20.000.000 dan pengoperasiannya membutuhkan daya sebesar 5000 Watt. Biaya instalasi satu unit sistem pengabutan tekanan rendah lebih murah yaitu berkisar Rp 1.000.000 dan bobot tekanan pompa yang digunakan yaitu antara 35-150 psi.



Gambar 1.4. Satu Unit Pompa *Reverse Osmosis*  
Sumber : [Www.Tokopedia.Com](http://www.Tokopedia.Com), November 2016

Pengabutan tekanan rendah sebaiknya dijalankan dengan menggunakan pompa tekan. Pompa tekan tidak menghisap air, seluruh konsumsi energi hanya digunakan untuk menghasilkan tekanan maksimal. Pompa *Reverse Osmosis* (RO) merupakan jenis pompa tekan dan dapat dibeli di Indonesia dengan harga relatif-

murah yaitu berkisar Rp 500.000. Pompa RO dapat menghasilkan tekanan sebesar 110 psi dengan menggunakan energi 12 volt. Pengujian yang dilakukan membuktikan bahwa pompa RO dapat memberikan tekanan yang dibutuhkan untuk menghasilkan kabut dengan menggunakan energi batre 12 volt. Energi listrik 12 volt dapat diperoleh dari sumber energi ramah lingkungan seperti panel surya.

### **1.1.2. Latar belakang masalah penerapan sistem pengabutan air tekanan rendah di iklim tropis lembab**

Penghematan energi pada sistem pengabutan air berkaitan erat dengan bobot tekanan pompa yang digunakan dan kualitas penurunan suhu yang dapat dihasilkan. Semakin kecil diameter butir kabut air yang disebarkan ke udara maka semakin luas bidang permukaan air yang terpapar suhu lingkungan pada perbandingan volume air yang sama, dengan seperti itu semakin besar juga peluang terjadinya penguapan dan konveksi suhu lingkungan pada perbandingan volume air yang sama. Menekan air keluar dari lubang kepala semprot dengan menggunakan tekanan yang lebih tinggi akan menghasilkan kabut air yang berdiameter lebih kecil dibanding penggunaan tekanan rendah pada perbandingan kepala semprot berdiameter bukaan sama. Semakin besar kapasitas tekanan yang digunakan berdampak pada semakin besarnya daya listrik yang dibutuhkan untuk menjalankan sistem ini.

Aplikasi sistem pengabutan air di iklim tropis lembab menghadapi dua permasalahan utama yaitu sejauh mana peningkatan kelembaban yang dapat diakibatkan dan sejauh mana penghematan energi dapat diusahakan. Penurunan suhu lingkungan berlangsung sejalan dengan peningkatan kelembaban udara. Sistem-

pengabutan air akan meningkatkan kelembaban udara sedangkan tingkat kelembaban udara lingkungan tropis lembab berada pada rentang yang mendekati batas nyaman kelembaban maksimal.

Sistem pengabut air mengedepankan prinsip ramah lingkungan yang juga berhubungan dengan kapasitas energi yang digunakan. Penghematan energi menjadi menarik karena pengabutan tekanan rendah menggunakan energi yang lebih sedikit dibanding pengabutan tekanan tinggi, selain itu biaya instalasi pengabutan tekanan rendah juga lebih murah dibanding pengabutan tekanan tinggi. Usaha untuk mempertemukan dua kepentingan ini menjadi tantangan dalam penelitian ini, diperlukan adanya penelitian untuk mengetahui hasil penerapan sistem pengabutan air tekanan rendah di iklim tropis lembab. Rasa tidak nyaman akibat basah pada pengabutan tekanan rendah dapat dipertimbangkan kembali dengan menyesuaikan jarak efektif penguapan butir kabut air, jarak efektif penguapan butir kabut air dapat disesuaikan menurut kebutuhan selama masih sesuai dengan prinsip dasar sistem pengabutan air.

## **1.2. Rumusan Masalah**

Sistem pengabutan air tekanan tinggi telah diuji di lingkungan tropis kering dan hasilnya memuaskan sedangkan penelitian mengenai aplikasi sistem pengabutan tekanan rendah di iklim tropis lembab belum pernah dilakukan sehingga hasilnya belum diketahui, oleh karena itu maka rumusan masalahnya :

- A. Berapakah nilai penurunan suhu yang dapat dihasilkan ?
- B. Berapakah nilai peningkatan kelembaban yang diakibatkan ?

C. Sejauh mana peran angin ?

### **1.3. Tujuan dan Manfaat**

#### **1.3.1. Tujuan**

Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui hasil penerapan sistem pengabutan air tekanan rendah di iklim tropis lembab.

#### **1.3.2. Manfaat**

A. Bagi praktisi arsitektur

Manfaat penelitian ini bagi praktisi Arsitektur yaitu agar dapat menjadi bahan pertimbangan penerapan sistem pengabutan air tekanan rendah untuk penurunan suhu lingkungan di iklim tropis lembab.

B. Bagi masyarakat kota Yogyakarta

Manfaat penelitian ini bagi masyarakat kota Yogyakarta yaitu agar dapat menjadi referensi penerapan sistem pengabut air untuk penurunan suhu udara lingkungan di lingkungan kota Yogyakarta.

C. Bagi pengembang sistem pengabut air

Manfaat penelitian ini bagi pengembang sistem pengabut air yaitu agar dapat menjadi pertimbangan pengembangan sistem pengabutan air tekanan rendah untuk pengkondisian udara luar ruangan di iklim tropis lembab.

## **1.4. Lingkup Studi**

### **1.4.1. Materi studi**

#### **A. Lingkup substansial**

Substansi studi ini dibatasi pada pengukuran hasil penurunan suhu, peningkatan kelembaban dan analisa peran angin pada aplikasi sistem pengabutan air bertekanan 110 psi dengan menggunakan energi listrik 12 volt yang dilakukan dengan metode simulasi nyata.

#### **B. Lingkup spatial**

Lingkup studi ini dibatasi dalam wilayah kota Yogyakarta sebagai contoh kasus lingkungan tropis lembab.

#### **C. Lingkup temporal**

Studi ini dilakukan selama waktu antara Januari-September 2016.

### **1.4.2. Pendekatan studi**

Studi ini dilakukan dengan metode simulasi nyata sistem pengabut air tekanan rendah di iklim tropis lembab.

### 1.5. Keaslian Penelitian

Tabel 1.1 Keaslian penelitian

| <b>No</b> | <b>Peneliti</b>                                                                 | <b>Tahun</b> | <b>Judul</b>                                                                    | <b>Fokus</b>                                                               | <b>Lokus</b>                                        | <b>Metode</b>                                       | <b>Alat</b>                                                    | <b>Hasil</b>                                                                                       |
|-----------|---------------------------------------------------------------------------------|--------------|---------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1         | D.Pearlmutter, E. Erell, Y. Etzion, I. A. Meir, H. Di                           | 1996         | <i>Refining the use of evaporation in an experimental down-draft cool tower</i> | Pengembangan desain menara pendingin untuk aplikasi di ruang semi tertutup | Pusat pemukiman dataran tinggi Negev Israel selatan | (Kuantitatif) Simulasi nyata di ruang semi tertutup | Menara pendingin                                               | Penurunan suhu sebesar 10 °C, kelembaban mencapai 85-95 %, penggunaan air 1-2 m <sup>3</sup> /hari |
| 2         | Craig Farnham, Masaki Nakao, Masatoshi Nishioka, Minako Nabeshima, Takeo Mizuno | 2010         | <i>Study of mist-cooling for semi-enclosed spaces in Osaka, Japan</i>           | Penyemprotan kabut air dari berbagai variasi ketinggian                    | Osaka, Jepang                                       | (Kuantitatif) Simulasi nyata di ruang semi tertutup | Pengabut tekanan tinggi, pengukur suhu dan pengukur kelembaban | Pendinginan 0,7 K tanpa menyebabkan basah dan gangguan kenyamanan akibat peningkatan kelembaban    |

Tabel lanjutan

|   |                                                                   |      |                                                                                    |                                                                                             |                  |                                                                                                                         |                                                               |                                                                                                      |
|---|-------------------------------------------------------------------|------|------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 3 | Hideki Yamada, Gyuyoung Yoon, Masaya Okumiya, Hiroyasu Okuyama    | 2007 | <i>Study of Cooling Sistem with Water Mist Sprayers</i>                            | Rentang waktu penguapan butir pada penerapan variasi ukuran butir dan jumlah kepala semprot | Jepang           | (Kuantitatif) Simulasi komputer kualitas pengabutan air di iklim musim panas di Jepang, suhu 33,4 ° C, kelembaban 58 %. | Program CFD                                                   | Tidak ada selisih signifikan pada dampak penurunan suhu dengan penerapan diameter butir yang berbeda |
| 4 | Craig Farnham, Masaki Nakao, Masatoshi Nishioka, Minako Nabeshima | 2009 | <i>Quantification of the Effect of Cooling Mists on Individual Thermal Comfort</i> | Pengaruh butir kabut air pada kenyamanan <i>thermal</i> dan dampaknya pada suhu kulit       | Yokohama, Jepang | (Kuantitatif) Pengabutan air terhadap lengan buatan berbahan parafin                                                    | Lengan buatan berbahan parafin dan kamera thermal             | Penurunan suhu kulit dua sampai tiga kali dari penurunan suhu udara                                  |
| 5 | Tomohiro Ishii, Makoto Tsujimoto, Gyuyoung Yoon, Masaya Okumiya   | 2009 | <i>Cooling Sistem with Water Mist Sprayers for Mitigation of Heat-island</i>       | Sistem pengabut air untuk mitigasi fenomena urban UHI                                       | Jepang           | (Kuantitatif) Simulasi nyata pengabutan air di ruang semi tertutup stasiun kereta api                                   | Pengabut air, pengukur suhu dan kelembaban, sensor kelembaban | Pengabutan versi mini untuk aplikasi rumah lebih efisien dari penggunaan AC                          |

