



Research Articles

Rancang Bangun Penangkap Embun Untuk Meningkatkan Efisiensi Aplikasi Pengabut Air Sebagai Model Mitigasi Urban Heat Island Masa Depan

Design And Construction Of Dew Catchers To Increase The Efficiency Of Water Sharing Applications As A Future Urban Heat Island Mitigation Model

Andreas Luis¹, Daniel Wolo², Insar Damopolii³

¹Program Studi Teknik Arsitektur, Fakultas Teknik, UNIFLOR,
Nusa Tenggara Timur, Indonesia

²Program Studi Pendidikan Fisika, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, UNIFLOR,
Nusa Tenggara Timur, Indonesia

³Program Studi Pendidikan Biologi, Fakultas Kehuruan dan Ilmu Kependidikan, UNIPA,
Papua Barat, Indonesia

**corresponding author*, email: andreasluis.uniflor2009@gmail.com

Manuscript received: 23-09-2022. Accepted: 30-12-2022

ABSTRAK

Penelitian ini dilakukan untuk mengembangkan sebuah wahana penangkap embun yang akan digunakan untuk mendukung aplikasi sistem pengabut air. Desain penangkap embun diharapkan dapat mengatasi masalah diameter butir kabut yang terlalu besar pada aplikasi pengabutan air tekanan rendah. Penelitian dilakukan dengan menggunakan pompa bertekanan 110 psi dan 10 buah nozle berukuran 0,3 mm yang menyeprotkan kabut dari ketinggian 2 M. Pada penelitian ini desain penangkap embun yang digunakan dapat mengatasi gangguan tetesan air akibat produksi butir kabut yang terlalu besar pada pengabutan tekanan rendah. Penurunan suhu maksimum yang dapat dicapai 7,6°C.

Kata kunci: butir air ; kabut ; uap air ; suhu udara ; tekanan rendah

ABSTRACT

This research was conducted to develop a dew-catching vehicle that will be used to support the application of a water misting system. The dew catcher design is expected to overcome the problem of too large a mist grain diameter in low-pressure water misting applications. The study was conducted using a 110 psi pressure pump and ten nozzles measuring 0.3 mm that sprayed mist from a height of 2 M. In this study, and the dew catcher design used can overcome the disturbance of water droplets due to the production of too large mist grains at low pressure misting. The maximum temperature drop that can be achieved is 7.6°C.

Key words: water droplets; fog; water vapor; air temperature; low pressure

PENDAHULUAN

Sistem pengabut air merupakan sistem penyejuk udara luar ruangan yang ramah lingkungan. Sistem pendinginan evaporatif berpotensi besar untuk menghemat energi di iklim panas dan kering. Tampaknya ini juga lebih hemat biaya dibandingkan dengan air conditioner (Cuce et al, 2016). Sistem penyemprotan kabut terbukti dapat menurunkan suhu permukaan dan meningkatkan sensasi kenyamanan termal di lingkungan luar yang panas. Selain itu, respons fisiologis menunjukkan korelasi positif dengan sensasi termal (Oh W et al, 2020). Menggunakan kabut air sebagai bahan penyejuk udara merupakan teknik yang hemat energi, ramah lingkungan, dan dapat diterapkan secara luas pada model penyejuk udara baru atau yang sudah ada karena pengaturannya yang sederhana dan potensi penerapan sistem otomatis. Teknik ini berpotensi meningkatkan efisiensi penyejuk udara dan juga sangat hemat energi untuk sektor komersial dan industri (Yang J et al, 2012). Sistem pengabutan air dapat dipertimbangkan sebagai alternatif mitigasi pemanasan lingkungan perkotaan. Terjadi peningkatan fenomena Urban Heat Island pada wilayah perluasan kota seiring perkembangan kota (Levermore G et al, 2018). 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. Selisih penurunan suhu sebelum dan sesudah simulasi pengabutan air mencapai $5,4^{\circ}\text{C}$ (Huang CN et al, 2015). Semakin tinggi tekanan pompa, semakin cepat penguapan kabut air. Hal ini ditunjukkan dengan nilai tekanan di dalam nosel. Ini pada gilirannya mempengaruhi ukuran butir kabut, di mana terbukti tekanan pompa yang lebih tinggi menghasilkan butir kabut yang lebih kecil. Hasil penelitian juga menunjukkan bahwa dengan nozzle yang lebih panjang, penguapan kabut menjadi lebih signifikan dan setiap peningkatan tekanan pompa akan meningkatkan kecepatan aliran air dan memperkecil diameter butir kabut di ujung nozzle (Sapit A Bin et al, 2019). Perbandingan antara kondisi lingkungan umum yang panas dan kelembaban udara lokal yang dihasilkan oleh perangkat menunjukkan efek pendinginan terukur hingga 15°C (Desert A et al, 2020). Berdasarkan hasil simulasi diketahui bahwa potensi penurunan suhu juga sangat dipengaruhi oleh tingkat kelembaban aktual. Selain itu, penyinaran matahari dan kecepatan angin masing-masing ditemukan berkorelasi negatif dan positif (Ulpiani G et al, 2020).

Sistem pengabut air 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 μm . Nozel tunggal yang menyemprotkan kabut dengan berukuran 41 – 45 mikron dapat memberikan pendinginan yang tidak basah atau hampir tidak basah di udara diam di ruang semi-tertutup (Farnham C et al, 2011). Pendingin memiliki kapasitas 282 kW dan COP 2,8 pada beban 100% (Yu FW et al, 2018).

Aplikasi pengabut air juga memperkaya oksigen di udara. Peningkatan suhu molekul air akibat konveksi suhu lingkungan memutus ikatan hidrogen dan melepaskan oksigen sehingga memperkaya oksigen di udara. Kabut air juga dapat berfungsi sebagai penyaring debu dan material ikutan asap kendaraan. Partikel kecil seperti debu yang beterbangan akan terperangkap kabut air, menjadi lebih berat, kemudian jatuh ke permukaan bawah. Desain pengabut air

portable dapat berperan sebagai vegetasi untuk pengkondisian udara di lingkungan yang tidak memungkinkan penanaman pohon. Sistem pengabut air dapat menjadi alternatif mitigasi pemanasan lingkungan perkotaan. Penerapan pengabut air dalam skala besar di lingkungan kota berpotensi menurunkan suhu regional kota. Sistem pengabut air dapat mempertahankan suhu ruangan dengan cara menghambat perambatan panas dari luar bangunan. Desain pengabut air portable cocok untuk penggunaan masal dan partial. Desain pengabut air yang mudah, murah, dan portable dapat meningkatkan minat masyarakat kota dan selanjutnya mewujudkan harapan penerapan sistem pengabut air dalam skala besar di lingkungan kota untuk mitigasi Urban Heat Island.

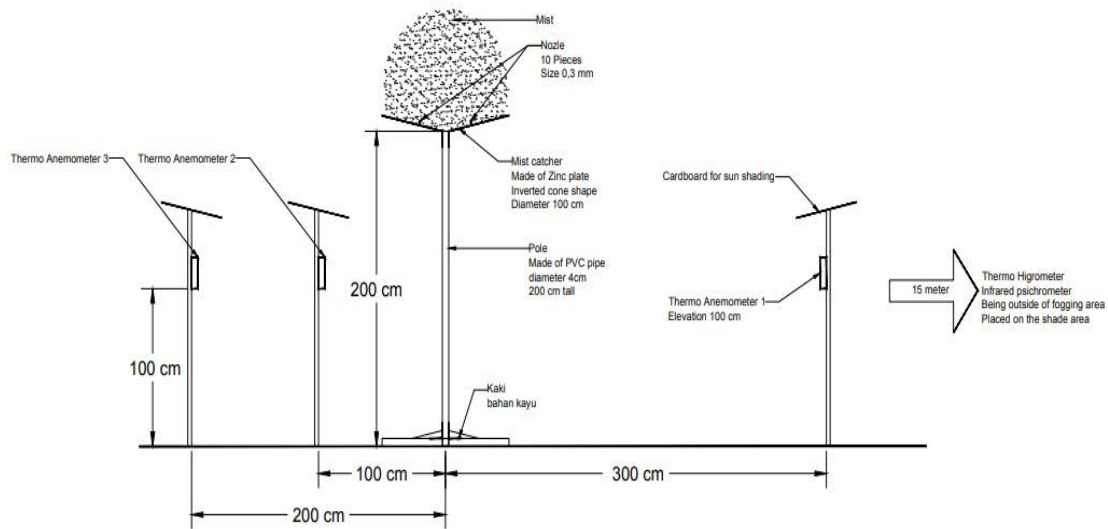
Sistem pengabut air tekanan tinggi masih tergolong mahal bagi masyarakat luas. Aplikasi pengabut air dapat lebih ekonomis dengan menerapkan sistem pengabutan air tekanan rendah. Secara teori nilai penurunan suhu yang dihasilkan sama saja karena penurunan suhu udara selalu akan berakhir pada nilai suhu udara setara suhu air yaitu 25°C. Perbedaannya hanya pada selisih waktu penurunan suhu yang terpaut beberapa detik. Komparasi teori Newton law of cooling dan asas Black menghasilkan kesimpulan bahwa dengan massa sama butir air yang berdiameter lebih kecil menyerap panas lebih cepat, butir air yang berdiameter lebih besar juga menyerap jumlah panas yang sama meskipun membutuhkan waktu lebih lama. Pada perbandingan massa air dan massa udara yang sama sistem pengabutan tekanan tinggi dan sistem pengabutan tekanan rendah menghasilkan nilai penurunan suhu yang sama dengan kecepatan penurunan suhu yang berbeda. Pengabutan tekanan tinggi mengkonsumsi energi yang cukup besar untuk tujuan memperkecil diameter butir dan mempercepat terjadinya penurunan suhu. Energi yang digunakan oleh pompa tekanan tinggi 10 kali lebih besar dari energi yang digunakan oleh pompa tekanan rendah. Studi awal yang dilakukan menunjukkan bahwa penurunan suhu dengan sistem pengabut air tekanan rendah dimulai 2 menit setelah pengabut air diaktifkan. Mempercepat penurunan suhu kurang dari 2 menit dengan cara meningkatkan konsumsi energi merupakan pemborosan.

Pengabutan tekanan rendah juga dihindari karena beresiko menyebabkan basah di permukaan bawah. Pengabut air tekanan rendah perlu dilengkapi dengan penangkap embun. Diameter butir kabut yang diproduksi oleh pengabut air sangat bervariasi. Butir kabut yang terbawa angin berdiameter lebih kecil sehingga lebih cepat menguap sedangkan butir kabut yang tidak terbawa angin berdiameter lebih besar sehingga lebih lama menguap. Penangkap embun dapat memisahkan sekaligus mengumpulkan butir kabut berdiameter besar untuk menjalani proses pengabutan ulang. Diameter butir dapat diklasifikasikan karena jangkauan penyebaran kabut akan berbeda menurut diameter butir. Bobot dorongan yang sama terhadap beban yang berbeda menghasilkan jarak tempuh yang berbeda. Hanya butir air yang berdiameter cukup kecil yang terbawa angin.

BAHAN DAN METODE

Pengabut air didesain sebagai sebuah tiang penyejuk. Sebuah wahana penangkap embun ditambahkan pada sistem. Penangkap embun merupakan sebuah bidang kerucut terbalik yang terbuat dari pelat seng tipis dengan diameter 1M. Kabut air dihasilkan dari 10 buah nozle yang ditempatkan di dalam bidang penangkap embun dengan menggunakan pompa bertekanan 110 psi. Pompa tekan dioperasikan dengan tenaga listrik 24 Volt DC, 28,8 Watt, 1,2 Ampere. Pengukuran suhu dilakukan dengan menggunakan 5 buah alat ukur. Tiga unit Thermo

anemometer ditempatkan pada jarak masing-masing 1M, 2M, dan 3M dari titik penyemprotan. Satu unit thermo higrometer dan satu unit infrared psychrometer ditempatkan pada jarak 15M di luar radius pengabutan. Pembacaan laporan suhu masing-masing alat ukur dilakukan secara bersamaan. Semua alat ukur yang digunakan terlindung dari penyinaran matahari. Penyemprotan kabut dilakukan pada ketinggian 200cm. Suhu rata-rata siang hari antara 31°C - 42°C. Kecepatan angin rata-rata saat simulasi dilakukan yaitu 0,5 M/dtk - 1 M/dtk. Gambar 1 metode simulasi. Gambar 2 menjelaskan tentang pelaksanaan simulasi.



Gambar 1. Metode Simulasi



Gambar 2. Pelaksanaan simulasi

HASIL DAN PEMBAHASAN

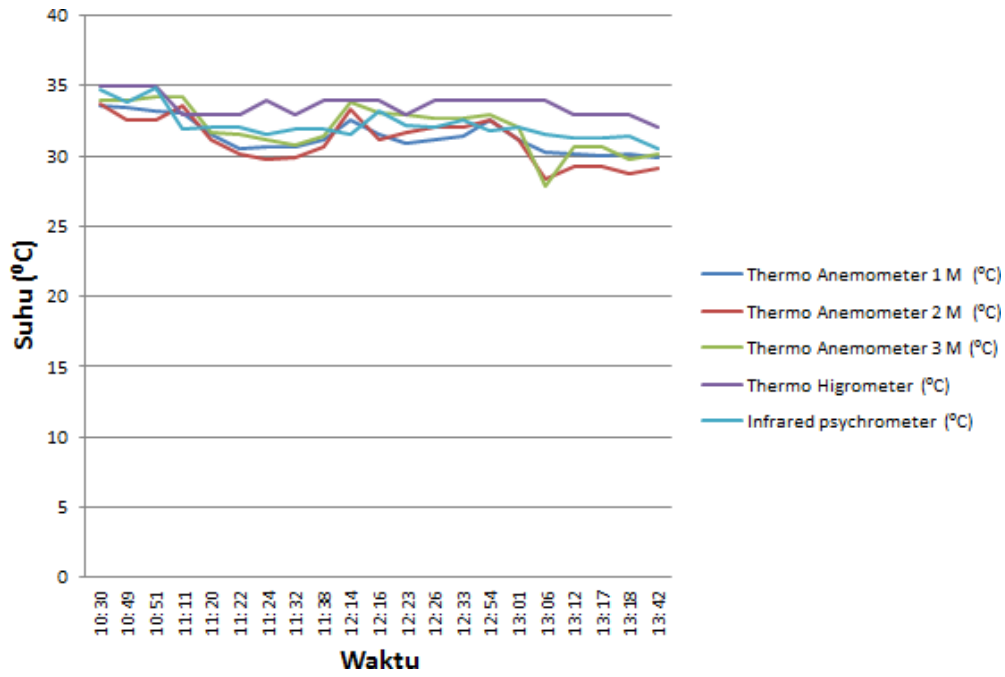
Pada tabel 1 menjelaskan hasil pembacaan suhu setiap alat ukur selama pelaksanaan simulasi 1. Indikator warna pada tabel digunakan untuk membedakan suhu tinggi dan suhu rendah. Gambar 3 menjelaskan data pergeseran suhu dari waktu ke waktu dengan grafik garis. Gambar 4 menjelaskan data akumulasi suhu dengan grafik batang.

Tabel 1. Data Pengukuran Suhu simulasi 1 dengan Grafik Warna Indikator Suhu

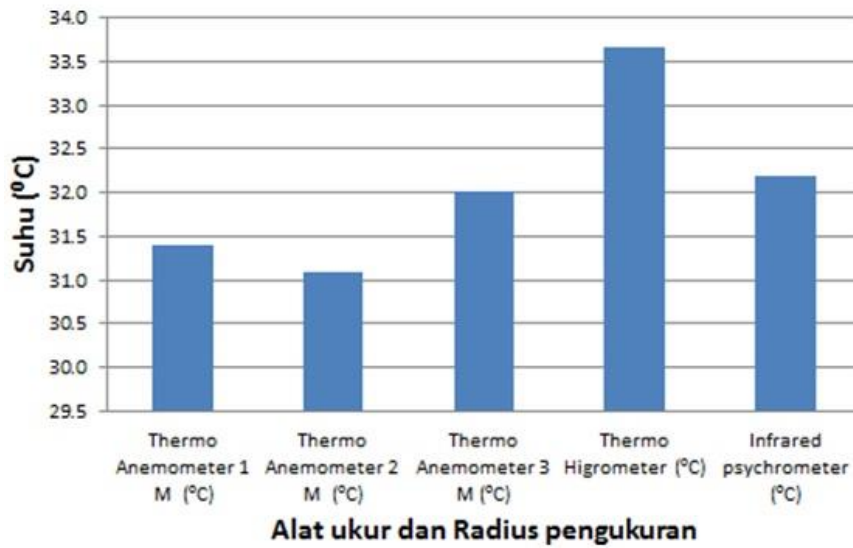
WAKTU	SUHU DALAM RADIUS 3 METER			SUHU TANPA PENGABUTAN	
	Thermo Anemometer 1 M (°C)	Thermo Anemometer 2 M (°C)	Thermo Anemometer 3 M (°C)	Thermo Higrometer (°C)	Infrared psychrometer (°C)
10:30	33.6	33.7	33.9	35	34.7
10:49	33.4	32.6	33.9	35	33.8
10:51	33.2	32.5	34.2	35	34.9
11:11	33.1	33.6	34.2	33	31.9
11:20	31.5	31.1	31.7	33	32
11:22	30.5	30.2	31.5	33	32
11:24	30.6	29.8	31.1	34	31.6
11:32	30.6	29.9	30.8	33	31.9
11:38	31.2	30.6	31.4	34	31.9
12:14	32.6	33.3	33.8	34	31.5
12:16	31.5	31.2	33.1	34	33.2
12:23	30.9	31.7	32.9	33	32.2
12:26	31.1	32	32.7	34	32
12:33	31.4	32	32.7	34	32.5
12:54	32.5	32.6	33	34	31.8
13:01	31.2	31.2	32.1	34	32
13:06	30.3	28.3	27.8	34	31.6
13:12	30.1	29.3	30.7	33	31.3
13:17	30	29.3	30.7	33	31.3
13:18	30.1	28.8	29.8	33	31.4
13:42	29.9	29.1	30.1	32	30.5
MAX	33.6	33.7	34.2	35	34.9
MIN	29.9	28.3	27.8	32	30.5
MAX-MIN	3.7	5.4	6.4		

Selama masa simulasi thermo anemometer 1 mencatat suhu maksimal 36,6 °C, sedangkan suhu minimal 29,9°C. Selama masa simulasi thermo anemometer 2 mencatat suhu maksimal 33,7°C, sedangkan suhu minimal 28,3°C. Selama masa simulasi thermo anemometer 3 mencatat suhu maksimal 34,2 °C, sedangkan suhu minimal 27,8°C. Selama masa simulasi thermo higrometer mencatat suhu maksimal 35°C, sedangkan suhu minimal 32°C. Selama masa simulasi infrared psychrometer mencatat suhu maksimal 34,9°C, sedangkan suhu minimal 30,5°C.

Thermo anemometer 1 mencatat penurunan suhu maksimal sebesar 3,7°C. Thermo anemometer 2 mencatat penurunan suhu maksimal sebesar 5,4°C. Thermo anemometer 3 mencatat penurunan suhu maksimal sebesar 6,4°C.



Gambar 3. Data Pergeseran Suhu simulasi 1 Berdasarkan Waktu dengan Grafik Garis



Gambar 4. Data Akumulasi Suhu simulasi 1 dengan Grafik Batang

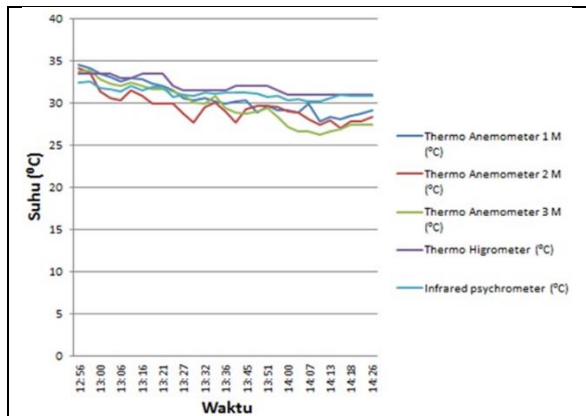
Tabel 2. Data Pengukuran Suhu simulasi 2 dengan Grafik Warna Indikator Suhu

WAKTU	SUHU DALAM RADIUS 3 METER			SUHU TANPA PENGABUTAN	
	Thermo Anemometer 1 M (°C)	Thermo Anemometer 2 M (°C)	Thermo Anemometer 3 M (°C)	Thermo Higrometer (°C)	Infrared psychrometer (°C)
12:56	34.5	34.1	33.8	33.5	32.5
12:58	34.2	33.6	33.9	33.5	32.6
13:00	33.5	31.4	32.9	33.5	31.8
13:03	33.1	30.6	32.3	33.5	31.6
13:06	32.6	30.4	32	33	31.4
13:14	33	31.5	32.4	33	32
13:16	32.9	30.9	32	33.5	31.5
13:18	32.3	30	31.6	33.5	31.9
13:21	32.1	30	31.6	33.5	31.9
13:26	31.5	29.9	31.4	32	30.7
13:27	30.6	28.8	31	31.5	31
13:30	30.4	27.7	30.1	31.5	30.8
13:32	30.6	29.6	29.9	31.5	31.2
13:34	30.2	30.1	30.9	31.5	31.1
13:36	30	29	29.4	31.5	31.2
13:39	30.2	27.7	28.9	32	31.3
13:45	30.4	29.3	28.7	32	31.2
13:49	28.9	29.7	29	32	31.1
13:51	29.7	29.7	29.4	32	30.7
13:54	29.2	29.5	28.3	31.5	30.8
14:00	29.1	29	27.2	31	30.4
14:04	28.9	28.9	26.7	31	30.5
14:07	29.9	28.1	26.7	31	30.2
14:10	27.9	27.5	26.3	31	30.2
14:13	28.3	28	26.6	31	30.6
14:15	28.1	27.1	26.9	31	31
14:18	28.5	27.9	27.4	31	30.9
14:23	28.7	27.8	27.5	31	30.8
14:26	29.2	28.3	27.5	31	30.8
MAX	34.5	34.1	33.9	33.5	32.6
MIN	27.9	27.1	26.3	31	30.2
MAX-MIN	6.6	7	7.6		

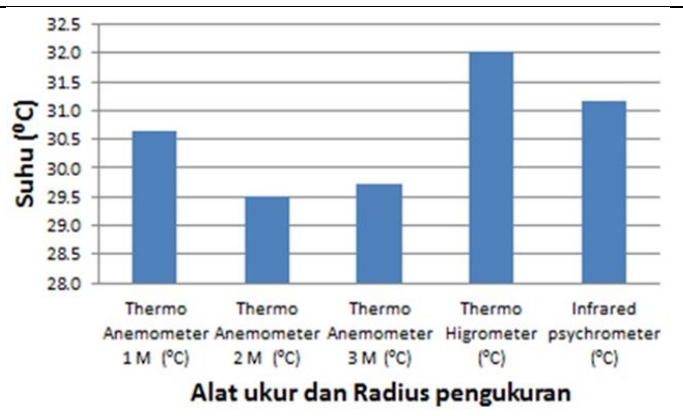
Tabel 2 menjelaskan hasil pembacaan suhu setiap alat ukur selama pelaksanaan simulasi 2. Indikator warna pada tabel digunakan untuk membedakan suhu tinggi dan suhu rendah. Gambar 5 menjelaskan data pergeseran suhu dari waktu ke waktu dengan grafik garis. Gambar 6 menjelaskan data akumulasi suhu dengan grafik batang.

Indikator warna pada tabel digunakan untuk membedakan suhu tinggi dan suhu rendah. Selama masa simulasi thermo anemometer 1 mencatat suhu maksimal 34,5 °C, sedangkan suhu minimal 27,9°C. Selama masa simulasi thermo anemometer 2 mencatat suhu maksimal 33,9°C, sedangkan suhu minimal 26,3°C. Selama masa simulasi thermo anemometer 3 mencatat suhu maksimal 33,9 °C, sedangkan suhu minimal 26,3°C. Selama masa simulasi thermo higrometer mencatat suhu maksimal 33,5°C, sedangkan suhu minimal 31°C. Selama masa simulasi infrared psychrometer mencatat suhu maksimal 32,6°C, sedangkan suhu minimal 30,2°C.

Thermo anemometer 1 mencatat penurunan suhu maksimal sebesar 6,6°C. Thermo anemometer 2 mencatat penurunan suhu maksimal sebesar 7°C. Thermo anemometer 3 mencatat penurunan suhu maksimal sebesar 7,6°C.



Gambar 5. Data Pergeseran Suhu simulasi 2 Berdasarkan Waktu dengan Grafik Garis



Gambar 6. Data Akumulasi Suhu simulasi 2 dengan Grafik Batang

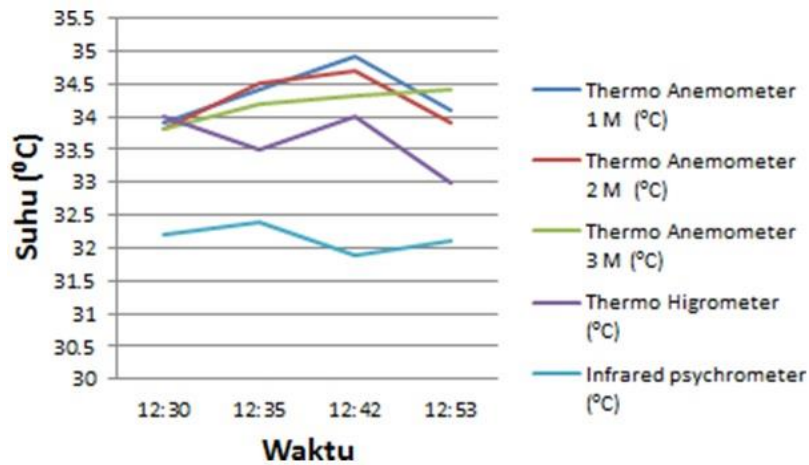
Tabel 3. Data Pengukuran Suhu simulasi 3 dengan Grafik Warna Indikator Suhu

WAKTU	SUHU DALAM RADIUS 3 METER			SUHU TANPA PENGABUTAN	
	Thermo Anemometer 1 M (°C)	Thermo Anemometer 2 M (°C)	Thermo Anemometer 3 M (°C)	Thermo Higrometer (°C)	Infrared psychrometer (°C)
12:30	33.9	33.8	33.8	34	32.2
12:35	34.4	34.5	34.2	33.5	32.4
12:42	34.9	34.7	34.3	34	31.9
12:53	34.1	33.9	34.4	33	32.1
MAX	34.9	34.7	34.4	34	32.4
MIN	33.9	33.8	33.8	33	31.9
MAX-MIN	1	0.9	0.6		

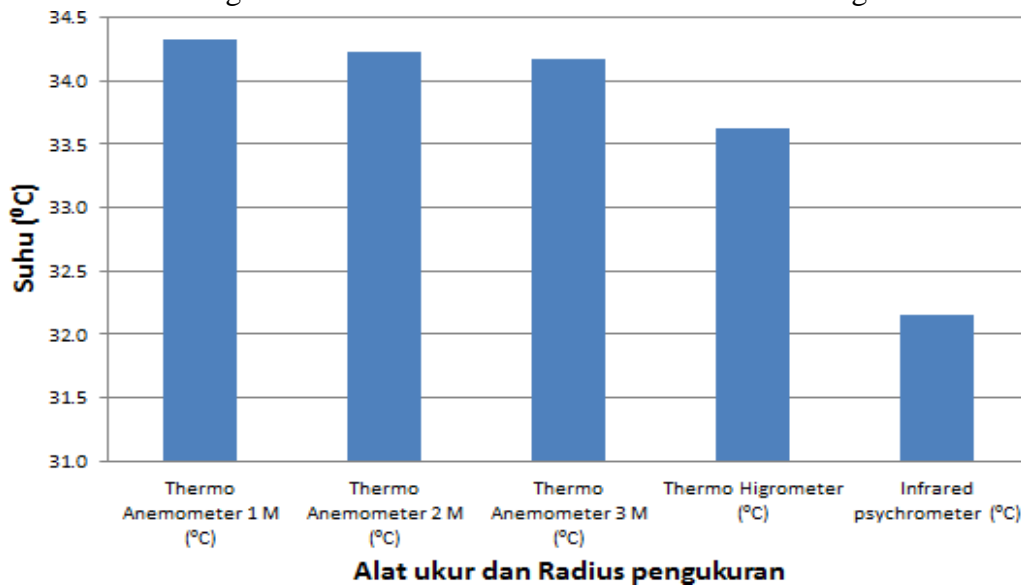
Tabel 3 menjelaskan hasil pembacaan suhu setiap alat ukur selama pelaksanaan simulasi 3. Indikator warna pada tabel digunakan untuk membedakan suhu tinggi dan suhu rendah. Gambar 7 menjelaskan data pergeseran suhu dari waktu ke waktu dengan grafik garis. Gambar 8 menjelaskan data akumulasi suhu dengan grafik batang.

Indikator warna pada tabel digunakan untuk membedakan suhu tinggi dan suhu rendah. Selama masa simulasi thermo anemometer 1 mencatat suhu maksimal 34,9 °C, sedangkan suhu minimal 33,9°C. Selama masa simulasi thermo anemometer 2 mencatat suhu maksimal 34,7°C, sedangkan suhu minimal 33,8°C. Selama masa simulasi thermo anemometer 3 mencatat suhu maksimal 34,4 °C, sedangkan suhu minimal 33,8°C. Selama masa simulasi thermo higrometer mencatat suhu maksimal 34°C, sedangkan suhu minimal 33°C. Selama masa simulasi infrared psychrometer mencatat suhu maksimal 32,4°C, sedangkan suhu minimal 31,9°C.

Thermo anemometer 1 mencatat penurunan suhu maksimal sebesar 1°C. Thermo anemometer 2 mencatat penurunan suhu maksimal sebesar 0,9°C. Thermo anemometer 3 mencatat penurunan suhu maksimal sebesar 0,6°C.



Gambar 7. Data Pergeseran Suhu simulasi 3 Berdasarkan Waktu dengan Grafik Garis



Gambar 8. Data Akumulasi Suhu simulasi 2 dengan Grafik Batang

Simulasi dilakukan 3 kali. Pompa yang digunakan berkekuatan 110 psi, dan daya alat 300Watt, 24 volt DC, 1,2 Ampere. Tabel 1 menampilkan hasil simulasi pertama. Simulasi dilakukan antara pukul 10:30 – 13:42 WIB. Penyemprotan kabut dilakukan pada ketinggian 2M. Kecepatan angin rata-rata 0,5M/dtk – 1M/dtk. Hasil simulasi pertama menunjukkan penurunan suhu 3,7 °C pada radius 1M, penurunan suhu 5,4°C pada radius 2M, dan 6,4°C pada radius 3M dari titik pengabutan. Pada simulasi pertama diketahui penurunan suhu paling signifikan terjadi dalam radius 2M dari titik pengabutan. Terjadi penurunan suhu sebesar 6,4°C dalam waktu 252 menit. Kecepatan penurunan suhu rata-rata 1,52°C/ Jam. Konsumsi energi 0,121 Kwh.

Tabel 2 menampilkan hasil simulasi ke dua. Simulasi dilakukan antara pukul 12:56 – 14:26 WIB. Penyemprotan kabut dilakukan pada ketinggian 1,7M. Kecepatan angin rata-rata 0,5M/dtk – 1M/dtk. Hasil simulasi ke dua menunjukkan penurunan suhu 6,6 °C pada radius 1M, penurunan suhu 7°C pada radius 2M, dan 7,6°C pada radius 3M dari titik pengabutan. Pada simulasi ke dua diketahui penurunan suhu paling signifikan terjadi dalam radius 3M dari titik pengabutan. Terjadi penurunan suhu sebesar 7,6°C dalam waktu 150 menit. Kecepatan penurunan suhu rata-rata 3,04°C/ Jam. Konsumsi energi 0,072 Kwh.

Tabel 3 menampilkan hasil simulasi ke dua. Simulasi dilakukan antara pukul 12:30 – 14:53 WIB. Kecepatan angin rata-rata 1M/dtk. Hasil simulasi ke dua menunjukkan penurunan suhu 1 °C pada radius 1M, penurunan suhu 0,9°C pada radius 2M, dan 0,6°C pada radius 3M dari titik pengabutan. Pada simulasi ke dua diketahui penurunan suhu paling signifikan terjadi dalam radius 1M dari titik pengabutan. Terjadi penurunan suhu sebesar 1°C dalam waktu 83 menit. Kecepatan penurunan suhu rata-rata 0,72°C/ Jam. Konsumsi energi 0,040 Kwh. Tabel 1.4. melaporkan data penurunan suhu maksimum selama masa pengabutan dengan kecepatan rata-rata penurunan suhu dan total konsumsi energi darim keseluruhan simulasi.

Tabel 1.4. Komparasi data simulasi

Simulasi	Penurunan suhu maksimum dalam radius pengabutan (°C)	Masa waktu pengabutan (menit)	Kecepatan rata-rata penurunan suhu(°C/ jam)	Total konsumsi energi (Kwh)
Simulasi 1	6.4	252	1.52	0.121
Simulasi 2	7.6	150	3.04	0.072
Simulasi 3	1.0	83	0.72	0.040

Pembahasan

Tanpa dorongan angin butir kabut jatuh secara bebas beraturan dan jarak tempuh nya lebih pendek yaitu setara dengan ketinggian penyemprotan. Jarak tempuh yang lebih pendek menyebabkan-waktu tempuh butir kabut lebih singkat. Waktu tempuh yang lebih singkat menyebabkan butir kabut tidak habis menguap dan menumpuk di permukaan bawah. Penumpukan butir kabut akan membasahi permukaan bawah dan mengganggu kenyamanan. Secara sederhana kecepatan angin nol meningkatkan resiko terjadinya basah di permukaan bawah yang mengganggu kenyamanan.

Penangkap embun dapat memisahkan sekaligus mengumpulkan butir kabut berdiameter besar untuk menjalani proses pengabutan ulang. Desain penangkap embun memanfaatkan angin sebagai sensor pada proses pemisahan butir, mengidentifikasi diameter butir berdasarkan berat dan memisahkan butir kabut yang perlu menjalani proses pengabutan ulang.

Bobot dorongan yang sama terhadap beban yang berbeda menghasilkan jarak tempuh yang berbeda. Hanya butir air yang berdiameter cukup kecil yang terbawa angin. Dampak dorongan angin terhadap butir berbeda menurut diameter butir kabut yang dihasilkan. Diameter butir dapat diklasifikasikan menurut jangkauan penyebarannya karena jangkauan penyebaran berbeda menurut diameter butir. Butir kabut yang berdiameter lebih besar lebih sulit terbawa angin pada perbandingan bobot dorongan yang sama. Butir kabut yang terbawa angin berdiameter lebih kecil sehingga lebih cepat menguap sedangkan butir kabut air yang tidak terbawa angin berdiameter lebih besar sehingga lebih lama menguap. Butir kabut berdiameter kecil yang terbawa jauh oleh angin habis menguap setelah menyerap suhu udara yang lebih panas sedangkan butir air berdiameter besar yang tidak terbawa jauh oleh angin jatuh ke penangkap embun yang telah disediakan dalam tempo yang relatif cepat sebelum-menguap sempurna. Penangkap embun berfungsi menampung butir kabut yang tidak terbawa angin untuk melalui proses penyemprotan ulang.

Desain sistem pengabut air perlu mempertimbangkan peningkatan kelembaban yang ditimbulkan sehingga skala tekanan pompa yang digunakan sering menjadi ukuran performa.

Pengabutan tekanan rendah dihindari karena beresiko menyebabkan basah di permukaan bawah. Pengabutan tekanan tinggi mengkonsumsi energi yang cukup besar untuk tujuan memperkecil diameter butir kabut air yang dihasilkan. Usaha memperkecil diameter butir dengan meningkatkan bobot tekanan pompa dapat memperluas bidang permukaan butir kabut dan mempercepat terjadinya penurunan suhu.

Berdasarkan teori Newton law of cooling memperkecil diameter butir untuk mendapatkan bidang permukaan yang lebih luas hanya berdampak pada koefisien perpindahan panas konvektif sedangkan dengan mempertimbangkan asas Black nilai penurunan suhu yang dihasilkan dipengaruhi oleh kemampuan air menyerap panas dari udara. Komparasi teori Newton law of cooling dan asas Black menghasilkan kesimpulan bahwa dengan massa sama butir air yang berdiameter lebih kecil menyerap panas lebih cepat, butir air yang berdiameter lebih besar juga menyerap jumlah panas yang sama meskipun membutuhkan waktu yang sedikit lebih lama.

Pengabutan tekanan tinggi juga meningkatkan kelembaban udara lebih cepat. Peningkatan kelembaban selalu berakhir pada batas titik jenuh kelembaban Udara memiliki batas jenuh air yang menyebabkan penambahan uap air perlu mempertimbangkan tingkat kelembaban udara. Iklim tropis lembab memiliki tingkat kelembaban yang mendekati batas maksimal.

Energi yang digunakan oleh pompa bertekanan 800 psi 15 kali lebih besar dari energi yang digunakan oleh pompa 110 psi. Hasil simulasi menemukan bahwa penurunan suhu dengan sistem pengabut air tekanan rendah dimulai 2.0 mnt setelah pengabut air diaktifkan. Mempercepat penurunan suhu kurang dari 2.0 mnt dengan cara memperbesar konsumsi energi 15 kali merupakan pemborosan. Jumlah panas yang dapat diserap tergantung pada perbandingan antara massa air dan massa udara yang mengalami percampuran. Pada perbandingan massa air dan massa udara yang sama sistem pengabutan tekanan tinggi dan sistem pengabutan tekanan rendah menghasilkan nilai penurunan suhu yang sama namun dengan kecepatan yang berbeda.

Pengabutan tekanan rendah memiliki banyak masalah terkait kenyamanan pengguna. Sistem pengabutan air sering mengalami masalah tetesan air karena instalasi yang kurang baik. Pada sistem pengabutan tekanan rendah ditemukan lebih banyak masalah tetesan air karena diameter butir kabut yang dihasilkan relatif lebih besar. Selain itu ukuran nozel juga berpengaruh terhadap diameter butir. Diameter butir kabut yang lebih besar lebih lambat menguap dan membasahi permukaan bawah. Seringkali ini menyebabkan becek dan mengganggu kenyamanan pengguna. Model instalasi sistem pengabutan air juga sulit untuk terlihat rapi. Jalinan selang dan nozle yang bergelantungan di dinding tetesan air serta gerimis halus itu akan sangat merusak pemandangan. Dibutuhkan suatu model instalasi yang lebih baik untuk meningkatkan efektifitas sistem pengabut air. Sistem pengabut air sebaiknya didesain sebagai sebuah tiang penyejuk dengan menambahkan metode penangkap tetesan air. Penangkap embun dapat mengatasi masalah tetesan air pada sistem pengabutan umumnya sekaligus merapikan instalasi sistem. Pada pengabutan tekanan rendah penangkap embun dapat mengatasi jatuhnya butir kabut yang berpotensi membasahi permukaan bawah.

Selama simulasi dilakukan sebaran kabut dalam radius 3M hanyalah kabut yang terbawa angin. Butir kabut yang cukup besar dan tidak terbawa angin akan jatuh ke wahana penangkap embun yang disediakan dan selanjutnya mengalir ke penampungan. Tidak terlihat tetesan air di manapun. Instalasi selang dan nozle tersembunyi dengan baik sehingga yang terlihat hanya

tiang penyejuk yang dilengkapi dengan penangkap embun dan kabut air yang terus menyejukan udara. Laporan penurunan suhu maksimum yang berhasil dicapai yaitu 7,6°C.

KESIMPULAN

Sistem pengabut air sebaiknya didesain sebagai tiang penyejuk yang dilengkapi dengan penangkap embun untuk meningkatkan efisiensi dan efektifitas. Penangkap embun dapat mengatasi beberapa permasalahan umum pada sistem pengabutan air. Penangkap embun dapat mengatasi masalah tetesan air akibat kebocoran instalasi. Penangkap embun juga mengurangi ketidaknyamanan visual yang biasanya ditimbulkan oleh instalasi pipa dan nozle yang kurang rapi. Pada penelitian ini penangkap embun terbukti dapat mengatasi permasalahan ukuran diameter butir pada pengabutan tekanan rendah yang biasanya mengganggu kenyamanan pengguna. Butir kabut yang lebih besar dan berpotensi membasahi permukaan bawah dapat ditampung kembali oleh penangkap embun sehingga tidak menyebabkan becek di permukaan bawah. Penurunan suhu maksimum yang tercapai yaitu 7,6°C.

DAFTAR PUSTAKA

- Cuce PM, Riffat S. A state of the art review of evaporative cooling systems for building applications. *Renew Sustain Energy Rev* [Internet]. 2016;54:1240–9. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2015.10.066>
- Oh W, Ooka R, Nakano J, Kikumoto H, Ogawa O. Evaluation of mist-spraying environment on thermal sensations, thermal environment, and skin temperature under different operation modes. *Build Environ* [Internet]. 2020;168:106484. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2019.106484>
- Yang J, Chan KT, Wu X, Yang X, Zhang H. Performance enhancement of air-cooled chillers with water mist: Experimental and analytical investigation. *Appl Therm Eng* [Internet]. 2012;40:114–20. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2012.02.001>
- Levermore G, Parkinson J, Lee K, Laycock P, Lindley S. The increasing trend of the urban heat island intensity. *Urban Clim* [Internet]. 2018;24:360–8. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.uclim.2017.02.004>
- Huang CN, Ye YH. Development of a water-mist cooling system: A 12,500 Kcal/h air-cooled chiller. *Energy Reports* [Internet]. 2015;1:123–8. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.egyr.2015.04.002>
- Sapit A Bin, Razali MA Bin, Mohammed AN Bin, Manshoor B Bin, Khalid A Bin, Salleh H Bin, et al. Study on Mist Nozzle Spray characteristics for cooling application. *Int J Integr Eng*. 2019;11(3).
- Desert A, Naboni E, Garcia D. The spatial comfort and thermal delight of outdoor misting installations in hot and humid extreme environments. *Energy Build* [Internet]. 2020;224:110202. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2020.110202>
- Ulpiani G, di Perna C, Zinzi M. Mist cooling in urban spaces: Understanding the key factors behind the mitigation potential. *Appl Therm Eng* [Internet]. 2020;178:115644. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2020.115644>
- Farnham C, Nakao M, Nishioka M, Nabeshima M, Mizuno T. Study of mist-cooling for semi-enclosed spaces in Osaka, Japan. *Procedia Environ Sci*. 2011;4:228–38.
- Yu FW, Ho WT, Chan KT, Sit RKY. Theoretical and experimental analyses of mist precooling for an air-cooled chiller. *Appl Therm Eng*. 2018;130:112–9.