

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Air conditioning (AC) atau unit pengkondisian udara memiliki peran yang sangat penting untuk menjaga kenyamanan di dalam ruangan. Peran tersebut meningkatkan permintaan unit AC yang dibuktikan dengan permintaan yang terus meningkat, bahwa pada tahun 2022 salah satu perusahaan AC di Indonesia menjual sejumlah 200.000 unit dan ditargetkan penjualan naik 15% pada tahun 2023 (Suryanto, 2022). Namun, di samping pentingnya peran tersebut, ternyata unit pengkondisian udara memberikan dampak buruk yang serius bagi lingkungan. United Nation (2020) melaporkan banyak unit AC yang berkontribusi secara signifikan terhadap perubahan iklim, hal ini terjadi akibat pelepasan gas refrigeran di udara (Cady-pereira dan Bailey, 2015). Sementara refrigeran merupakan fluida kerja dalam proses refrigerasi yang digunakan unit AC untuk mengkondisikan udara.

Dalam sebuah artikel terbitan BBC, Gerretsen (2020) mengutip pernyataan Clare Perry, juru kampanye senior di *Environmental Investigation Agency* (EIA) yang mengatakan CFC, HFC, dan HCFC telah menyumbang hampir 11% dari total emisi pemanasan global dan sumber emisi ini berasal dari sistem pendinginan. Sebuah artikel menyebutkan bahwa setiap molekul CFC (klorofluorokarbon) mampu merusak 100 ribu molekul ozon dan emisi 1 juta ton CFC per tahun ke atmosfer menyebabkan penipisan ozon dalam skala global yang signifikan (Rowland, 1990). Artikel yang lain menyatakan emisi setiap 0,1 kg HFC (hidrofluorokarbon) dapat menghancurkan 500 kg molekul ozon (Stancila dkk., 2013). Jenis refrigeran yang banyak beredar di pasar Indonesia adalah R134a yang merupakan refrigeran berbasis HFC (Organisasi Standarisasi Internasional, 2014)

Konsep *Green Air Conditioning* (GAC) sangat mendukung upaya mereduksi dampak negatif refrigeran (HFC atau CFC) untuk mengkondisikan/mendinginkan udara ruangan. Salah satu konsep GAC adalah teknologi *Earth Cooling Tube* (ECT) atau *Ground Heat Exchanger* (GHE) atau *Earth Air Heat Exchanger* (EAHE), yaitu *heat exchanger* yang bekerja sebagai *passive air conditioning* dengan memindahkan energi kalor ke dalam tanah menggunakan aliran udara sebagai fluida kerja yang bertemperatur kamar/lingkungan dan melewati sistem jaringan pipa yang dibenam di dalam tanah untuk mengkondisikan/mendinginkan udara (Florides dan Kalogirou, 2007). Pengkondisian udara

dapat terjadi karena temperatur tanah memiliki gradien perbedaan, di mana temperatur tanah jauh lebih kecil dibanding temperatur udara ambien. Temperatur tanah di bawah permukaan berfluktuatif terhadap kedalaman tertentu, setelah itu temperatur hampir konstan dan dipertahankan sepanjang tahun. Fluktuasi temperatur tanah berkurang seiring dengan kedalaman akibat inersia tanah (Brandl, 2006) menjadikan ECT-HE sebagai metode yang efisien untuk mengkondisikan, terutama mendinginkan udara ruangan (Kumawat, 2022).

Hanya saja, teknologi ini sangat tergantung pada parameter karakteristik tanah wilayah penerapan dan musim (Alves dan Schmid, 2015) yang akan menentukan desain *Earth Cooling Tube Heat Exchanger* (ECT-HE) sebagai *Green Air Conditioning* (GAC), artinya beda lokasi penerapan, beda juga potensi pendinginan yang dihasilkan. Maka, untuk mendapatkan kinerja maksimal dari sistem, sistem harus dirancang dengan menyesuaikan kondisi tanah (Kumawat, 2022). Parameter karakter tanah merujuk pada konduktivitas termal dan kelembaban tanah, di mana jenis tanah akan memberikan perbedaan pada kemampuan tanah menerima kalor karena bergantung pada konduktivitas termal (Cuny dkk., 2019) dan kelembaban tanah (Kumar dkk., 2019).

Fokus penelitian ini adalah studi ekperimental untuk mengungkap potensi dari hasil perancangan unit ECT-HE yang diterapkan di tanah wilayah Kelurahan Tamantirto untuk mendinginkan udara ruangan dengan konsep GAC. Perancangan dilakukan dengan metode *Logarithmic Mean Temperature Differential* (LMTD) untuk memudahkan perhitungan dengan data yang ada dan ditentukan secara langsung. Potensi tersebut diketahui melalui pengujian kemampuan unit untuk mendinginkan ruangan ujicoba yang didesain dengan ukuran tertentu. Parameter pengujian unit ECT-HE adalah kemampuan unit mendinginkan udara ruangan yang diukur dengan parameter lainnya, yaitu efektivitas pendinginan, laju transfer kalor ke tanah, dan laju pendinginan selama proses pendinginan udara ruangan ujicoba berlangsung.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, rumusan masalah penelitian ini adalah apakah unit ECT-HE sebagai GAC memiliki potensi untuk mendinginkan udara ruangan. Di mana unit ECT-HE diterapkan di wilayah Kelurahan Tamantirto dengan jenis tanah regosol, sehingga unit dirancang secara eksperimen dengan memperhatikan karakter tanah regosol dan data perancangan yang ditentukan secara langsung. Potensi kemampuan pendinginan tersebut diukur melalui efektivitas pendinginan, banyaknya energi kalor yang dapat dibuang sistem ke dalam tanah, dan laju pendinginan ruangan.

1.3. Batasan dan Asumsi Penelitian

Lingkup penelitian ini adalah mengungkap potensi pendinginan udara ruangan dari kerja unit ECT-HE melalui perancangan dan pengujian unit secara eksperimen menggunakan batasan dan asumsi yang digunakan oleh Sun (2013), Bisoniya (2015), dan Salhein (2022) dengan penyesuaian pada keadaan di lapangan. Adapun batasan dan asumsi yang digunakan adalah sebagai berikut:

1. Tanah regosol pada kedalaman 1 meter di sekitar pipa bersifat isotropik dengan konduktivitas termal yang homogen, temperatur tanah yang konstan, dan nilai konduktivitas termalnya adalah pendekatan pada tanah lempung berpasir,
2. Perpindahan kalor pada arah vertikal diabaikan untuk menyederhanakan gradien termal secara vertikal di dalam tanah yang dipengaruhi oleh batas permukaan tanah,
3. Hanya ada tiga resistensi yang terlibat pada perancangan unit ECT-HE, yaitu resistensi konveksi (R_{conv}), resistensi tanah (R_{soil}), dan resistensi pipa (R_{pipe}),
4. Perhitungan rugi-rugi aliran dalam jaringan pipa unit ECT-HE diabaikan dan tidak dilakukan karena konsumsi energi listrik dari *blower* tidak diperhitungkan, sehingga pemilihan *blower* dapat dilakukan secara langsung,
5. Sifat termo-fisik/propertis (densitas, viskositas dimanis, konduktivitas termal, kapasitas panas spesifik, dan angka prandtl) udara dipengaruhi oleh rata-rata temperatur *input* dan dinding pipa, dan
6. Beberapa *input* (parameter dan variabel) eksperimen ditetapkan secara langsung.

1.4. Tujuan Penelitian

1. Mendapatkan hasil perancangan unit ECT-HE sebagai GAC yang diterapkan di wilayah Kelurahan Tamantirto dengan jenis tanah regosol,
2. Mengetahui efektivitas pendinginan ruangan, laju transfer kalor dari unit ke tanah, dan laju pendinginan ruangan, dan
3. Mengungkap potensi unit ECT-HE sebagai GAC untuk mendinginkan udara ruangan.

1.5. Manfaat Penelitian

1. Mendukung pencapaian SDG's *Climate Action* dengan menjadikan hasil penelitian sebagai rujukan dan kebijakan penggunaan unit ECT-HE sebagai AC alternatif ramah lingkungan di Indonesia,

2. Mendapatkan desain unit ECT-HE dan metode perancangan yang paling sesuai dengan karakter/jenis tanah di suatu wilayah, dan
3. Menjadi rekomendasi sebagai penelitian lanjutan.