

BAB I

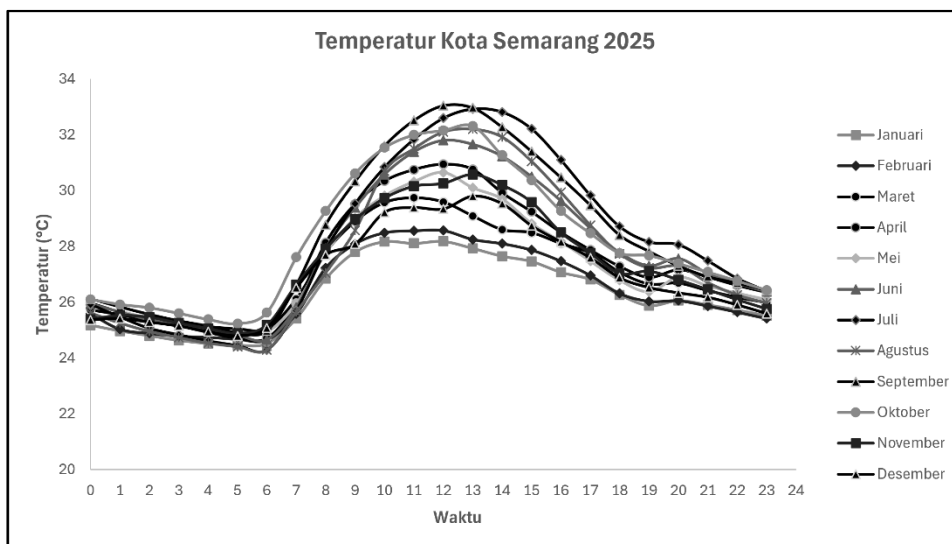
PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi dalam sistem pengaturan kondisi udara, khususnya pengendalian kelembapan, memiliki peranan yang semakin penting bagi berbagai sektor, seperti industri, penelitian, maupun penciptaan lingkungan yang nyaman. Kondisi iklim tropis Indonesia yang ditandai oleh kelembapan udara relatif tinggi berpotensi menurunkan mutu produk, mengganggu performa peralatan, serta memengaruhi kenyamanan dan kesehatan manusia. Untuk mengatasi permasalahan tersebut, diperlukan teknologi dehumidifikasi yang mampu menurunkan kadar uap air secara efektif dan efisien. Salah satu pendekatan yang banyak diterapkan adalah dehumidifier berbasis desiccant, yaitu sistem yang memanfaatkan material penyerap kelembapan sebagai media utama dalam proses dehumidifikasi. Berdasarkan kondisi tersebut, penelitian ini berfokus pada rancang bangun test bed dehumidifier berbasis desiccant dengan pemanas listrik sebagai sumber regenerasi, yang digunakan sebagai sarana pengujian eksperimental untuk mengevaluasi kinerja sistem sekaligus mendukung pengembangan teknologi pengendalian kelembapan yang sesuai dengan karakteristik iklim tropis Indonesia.

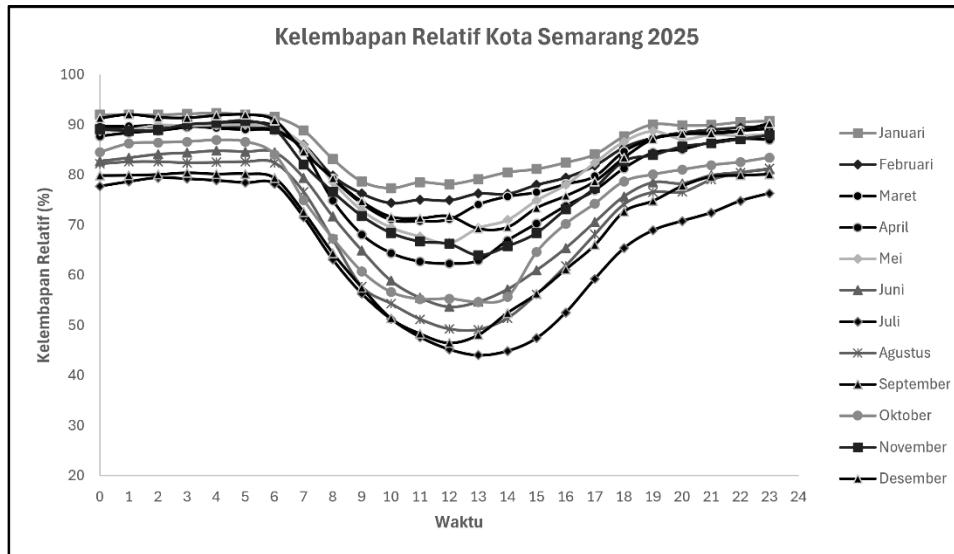
1.1 Latar Belakang

Secara geografis, Indonesia merupakan negara kepulauan yang membentang pada koordinat 6°LU–11°LS dan dilalui oleh garis khatulistiwa, sehingga memiliki karakteristik iklim tropis. Posisinya yang berada di antara Benua Asia dan Benua Australia, serta dipengaruhi oleh pola sirkulasi angin muson, mengakibatkan

terjadinya dua musim yang berlangsung secara bergantian, yaitu musim hujan dan musim kemarau (Sari, Zahriah dan Zuhrina, 2021). Karakteristik iklim tersebut juga dirasakan oleh Kota Semarang yang terletak di kawasan pesisir utara Pulau Jawa. Pada wilayah ini, kondisi mikroklimat, terutama temperatur dan kelembapan udara, mengalami perubahan yang dipengaruhi oleh pergantian musim maupun variasi intensitas radiasi matahari sepanjang hari. Gambaran mengenai karakteristik cuaca lokal tersebut dapat diperoleh melalui data hasil pengamatan iklim harian Kota Semarang.



Gambar 1. 1 Kondisi temperatur udara Kota Semarang tahun 2025
(Sumber: Open-Meteo, 2025)



Gambar 1. 2 Kondisi kelembapan relatif Kota Semarang tahun 2025
(Sumber: Open-Meteo, 2025)

Berdasarkan Gambar 1. 1 dan Gambar 1. 2 yang diolah dari data cuaca historis Open-Meteo tahun 2025, temperatur dan kelembapan relatif udara di Kota Semarang menunjukkan hubungan berbanding terbalik. Temperatur harian berada pada kisaran 24–33°C, dengan nilai maksimum melebihi 33°C yang terjadi pada bulan Juli dan September. Sebaliknya, kelembapan relatif berada pada rentang 40–90%, dengan nilai tertinggi tercatat pada bulan Januari dan Desember, sedangkan nilai terendah terjadi pada bulan September dan Oktober. Karakteristik tersebut mengindikasikan adanya variasi temperatur dan kelembapan udara yang dipengaruhi oleh perubahan musim serta siklus harian.

Pola tersebut menunjukkan bahwa Kota Semarang memiliki tingkat kelembapan udara yang relatif tinggi pada sebagian besar periode pengamatan. Keadaan tersebut berpotensi menimbulkan berbagai permasalahan pada aktivitas yang sensitif terhadap kandungan uap air, baik di lingkungan hunian maupun sektor industri. Pada sektor

industri, kelembapan yang tinggi dapat mempercepat degradasi material, menurunkan mutu produk, serta meningkatkan kebutuhan pemeliharaan peralatan. Di sisi lain, pada bangunan hunian maupun perkantoran, kelembapan berlebih dapat mengurangi kenyamanan termal, memengaruhi kesehatan penghuni, serta menurunkan kualitas udara di dalam ruangan. Meningkatnya intensitas aktivitas di ruang tertutup menjadikan kualitas udara dalam ruang (*indoor air quality*) sebagai faktor penting yang berkaitan dengan produktivitas, ketahanan tubuh, dan efisiensi kerja (Fu dan Liu, 2017). Oleh sebab itu, diperlukan sistem ventilasi dan pengendalian kelembapan yang mampu menjaga kondisi lingkungan tetap optimal.

Berbagai metode telah diterapkan untuk mengurangi kelembapan udara, di antaranya *dehumidifier* berbasis refrigerasi, sistem *Heating Ventilation and Air Conditioning* (HVAC), serta *desiccant dehumidification*. Dibandingkan dengan sistem refrigerasi yang mengandalkan proses kondensasi, *dehumidifier* berbasis desiccant bekerja melalui mekanisme adsorpsi uap air menggunakan material penyerap, seperti *silica gel*, sehingga lebih efektif diaplikasikan pada lingkungan dengan kelembapan tinggi.

Penelitian Asa, Yunianto, dan Muchammad (2024) menunjukkan bahwa sistem dehumidifikasi berbasis *silica gel* mampu menurunkan kandungan uap air dengan penurunan *humidity ratio* sebesar sekitar 0,005–0,011 kg/kg udara kering. Besarnya penurunan tersebut dipengaruhi oleh temperatur, kecepatan aliran udara, serta ketebalan lapisan *desiccant*. Temuan tersebut menunjukkan bahwa pengaturan kondisi operasi, terutama temperatur regenerasi, merupakan faktor yang sangat menentukan performa proses adsorpsi.

Meskipun demikian, sistem dehumidifikasi berbasis *desiccant* masih menghadapi

sejumlah kendala, terutama dalam pengendalian temperatur regenerasi, efisiensi penggunaan energi, dan kestabilan performa material penyerap. Sejumlah penelitian menunjukkan bahwa regenerasi umumnya dilakukan pada temperatur 80–120°C, sedangkan penurunan kelembapan udara proses dapat mencapai 30–50% bergantung pada kondisi operasi dan karakteristik *desiccant* yang digunakan. Selain itu, kandungan uap air udara proses berada pada kisaran 5–15 g/kg udara kering sesuai dengan variasi parameter operasional dan jenis material penyerap.

Berdasarkan kondisi tersebut, penelitian ini mengembangkan *test bed dehumidifier* berbasis *silica gel* yang menggunakan heater listrik sebagai sumber panas regenerasi. Sistem ini dirancang agar mampu mengatur temperatur regenerasi secara presisi sekaligus memantau parameter operasi secara *real time*. Pengembangan *test bed* ini diharapkan menghasilkan data eksperimen yang valid untuk menganalisis pengaruh temperatur regenerasi dan laju aliran udara terhadap kinerja sistem, serta menjadi landasan dalam pengembangan *dehumidifier* yang lebih efisien, hemat energi, dan sesuai dengan karakteristik iklim tropis Indonesia.

1.2 Rumusan Masalah

Permasalahan yang teridentifikasi pada rancang bangun *test bed dehumidifier* ini adalah sebagai berikut.

1. Bagaimana perancangan dan implementasi *test bed dehumidifier desiccant* yang terintegrasi dengan pengendalian temperatur regenerasi yang presisi dan akurat untuk kondisi iklim tropis Indonesia?
2. Bagaimana pengaruh variasi suhu regenerasi terhadap kinerja *test bed dehumidifier* yang ditinjau berdasarkan penurunan kelembapan absolut,

Moisture Removal Capacity (MRC), *Moisture Regeneration Rate* (MRR), efektivitas dehumidifikasi, *Dehumidification Coefficient of Performance* (DCOP), *Specific Energy Consumption* (SEC), serta konsumsi daya *heater*?

3. Bagaimana kinerja sistem *dehumidifier* berdasarkan data pengujian eksperimental yang diperoleh melalui instrumentasi dan akuisisi data secara *real time*?

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah dimaksudkan untuk membatasi lingkup dalam pengkajian objek proyek akhir. Batasan masalah disebutkan sebagai berikut.

1. Sistem dehumidifikasi yang diteliti merupakan *dehumidifier desiccant* dengan proses regenerasi menggunakan *heater* listrik sebagai sumber panas utama.
2. Rancang bangun difokuskan pada *test bed* skala laboratorium untuk keperluan pengujian dan evaluasi awal kinerja sistem.
3. Analisis kinerja sistem dibatasi pada pengukuran kelembapan relatif, temperatur udara, dan efisiensi dehumidifikasi pada kondisi operasi tunak.
4. Dimensi desiccant wheel ditentukan berdasarkan keterbatasan ruang yang tersedia pada lokasi pengujian sehingga proses perancangan sistem diawali dengan penentuan volume wheel sebagai dasar perhitungan komponen lainnya.
5. Kapasitas heater yang digunakan disesuaikan dengan ketersediaan daya listrik pada lokasi pengujian sehingga temperatur regenerasi yang diuji dibatasi pada rentang 40–65°C.
6. Sumber energi listrik sistem berasal dari suplai PLN tanpa analisis keandalan dan

kualitas daya.

1.4 Tujuan

Berdasarkan pada proyek akhir yang akan dilakukan, tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Merancang dan membangun *test bed dehumidifier desiccant* dengan sistem pengendalian suhu adsorpsi yang mampu menurunkan kelembapan relatif udara dengan kisaran 60 - 70% menjadi 45% dengan kenaikan suhu udara dari kisaran 32°C menjadi kisaran 37°C.
2. Menganalisis pengaruh variasi temperatur regenerasi terhadap kinerja *test bed dehumidifier* berdasarkan penurunan kelembapan absolut, *Moisture Removal Capacity* (MRC), *Moisture Regeneration Rate* (MRR), efektivitas dehumidifikasi, *Dehumidification Coefficient of Performance* (DCOP), *Specific Energy Consumption* (SEC), serta konsumsi daya *heater*.
3. Mengevaluasi kinerja sistem *dehumidifier* berdasarkan data hasil pengujian eksperimental yang diperoleh melalui sistem instrumentasi dan akuisisi data secara *real time*.

1.5 Luaran

Penelitian ini menghasilkan beberapa luaran sebagai bentuk implementasi dari tujuan yang telah ditetapkan yaitu sebagai berikut.

1. Sistem *test bed dehumidifier* berbasis *heater* listrik yang dapat digunakan untuk eksperimen lanjutan.

2. Data hasil pengujian awal mengenai performa dehumidifikasi sistem.
3. Dokumentasi desain, spesifikasi teknis, serta analisis hasil pengujian.
4. Luaran Hak Kekayaan Intelektual berupa pendaftaran hak cipta atas desain dan dokumentasi *test bed dehumidifier*.
5. Laporan tugas akhir untuk memenuhi syarat kelulusan.
6. Artikel jurnal ilmiah.

1.6 Sistematika Penulisan Laporan

Untuk memenuhi kaidah penulisan ilmiah, laporan proyek akhir ditulis dalam 5 bab berurutan. Bab-bab tersebut dijelaskan sebagai berikut.

1.6.1 BAB I PENDAHULUAN

Bab ini berisi latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan, luaran, dan sistematika penulisan laporan.

1.6.2 BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisi landasan teori mengenai teknologi pengendalian kelembapan, jenis-jenis *dehumidifier*, rumus perhitungan *sizing*, dan jenis material *desiccant*.

1.6.3 BAB III PROSEDUR PELAKSANAAN PROYEK AKHIR

Bab ini berisi prosedur pengerjaan dan diagram alir, metodologi, perencanaan rancang bangun, kalkulasi, serta langkah-langkah pengambilan data.

1.6.4 BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisi hasil dan pembahasan mengenai data yang didapatkan dari pengujian pada proses proyek akhir.

1.6.5 BAB V PENUTUP

Bab ini berisi kesimpulan hasil penelitian yang telah dibahas dan saran-saran perbaikan mengenai kekurangan pada proyek akhir ini untuk penelitian ataupun pengembangan selanjutnya.