

BAB I

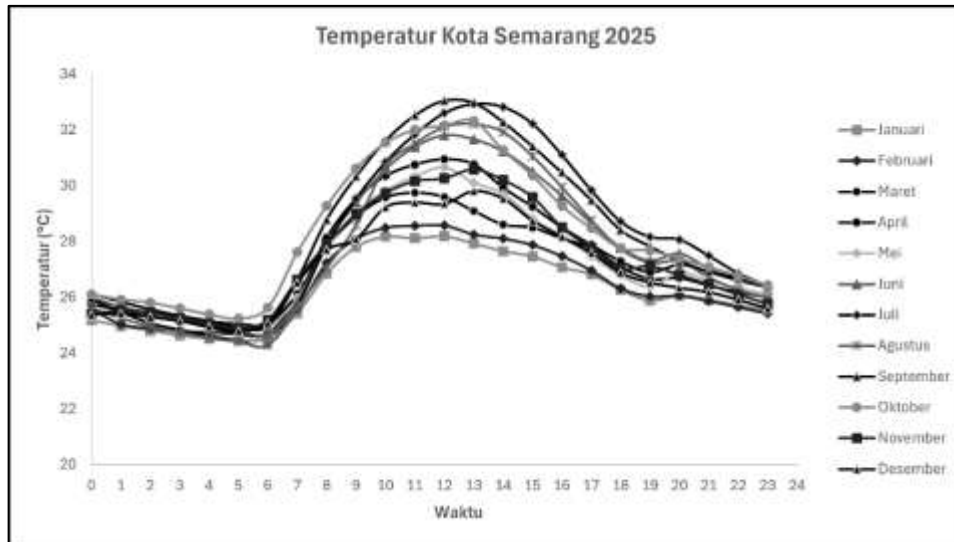
PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi pengendalian udara dan kelembapan menjadi aspek penting dalam mendukung kebutuhan industri, penelitian, dan kenyamanan lingkungan di wilayah beriklim tropis seperti Indonesia. Tingginya kelembapan udara dapat mempengaruhi kualitas produk, kinerja peralatan, serta kenyamanan dan kesehatan manusia, sehingga diperlukan sistem dehumidifikasi yang efektif dan efisien. Salah satu teknologi yang berkembang adalah *dehumidifier* berbasis *desiccant* yang memanfaatkan material penyerap kelembapan untuk mengurangi kandungan uap air di udara. Oleh karena itu, pada penelitian ini dilakukan rancang bangun *test bed dehumidifier* berbasis *desiccant* dengan pemanas listrik sebagai media pengujian eksperimental untuk menganalisis performa sistem dan mendukung pengembangan teknologi pengendalian kelembapan yang sesuai dengan kondisi iklim tropis Indonesia.

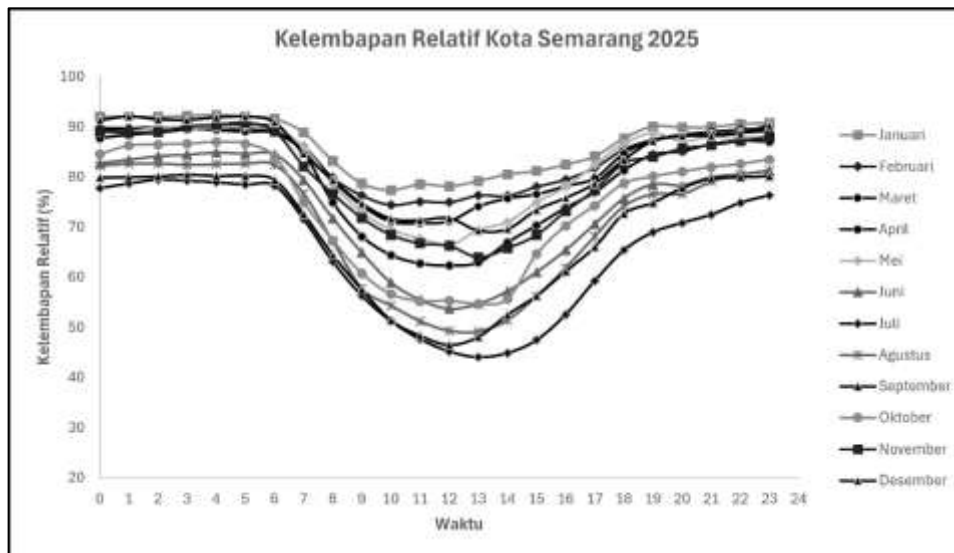
1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan negara kepulauan yang terletak di antara 6°LU–11°LS dan dilintasi garis khatulistiwa sehingga memiliki iklim tropis. Letak geografisnya yang berada di antara Benua Asia dan Australia serta dipengaruhi oleh sistem angin muson menyebabkan Indonesia mengalami dua musim utama, yaitu musim hujan dan musim kemarau (Sari, Zahriah dan Zuhrina, 2021). Sebagai kota pesisir di bagian utara Pulau Jawa, Kota Semarang turut dipengaruhi oleh karakteristik iklim tropis tersebut. Kondisi iklim mikro, khususnya temperatur dan kelembapan udara, berfluktuasi

mengikuti pergantian musim maupun siklus harian akibat perubahan intensitas radiasi matahari. Karakteristik cuaca lokal tersebut dapat diamati melalui data 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 berkisar 24 - 33°C, dengan nilai tertinggi terjadi pada bulan Juli dan September yang mencapai lebih dari 33°C. Sebaliknya, kelembapan relatif berkisar 40 - 90%, dengan nilai tertinggi pada bulan Januari dan Desember, serta terendah pada bulan September dan Oktober. Pola ini menunjukkan bahwa Kota Semarang mengalami fluktuasi temperatur dan kelembapan yang cukup signifikan akibat siklus harian dan perubahan musim.

Pola tersebut menunjukkan bahwa Kota Semarang memiliki tingkat kelembapan udara yang relatif tinggi pada sebagian besar periode pengamatan. Kondisi ini menjadi tantangan bagi berbagai aktivitas yang sensitif terhadap kandungan uap air, baik di lingkungan hunian maupun sektor industri. Di sektor industri, kelembapan tinggi dapat mempercepat kerusakan material, menurunkan kualitas produk, serta meningkatkan biaya pemeliharaan peralatan. Sementara itu, di lingkungan hunian dan tempat kerja, kelembapan berlebih dapat mengurangi kenyamanan, memengaruhi kesehatan, dan menurunkan kualitas udara dalam ruangan. Seiring meningkatnya aktivitas di ruang tertutup, kualitas udara dalam ruang (*indoor air quality*) menjadi aspek penting yang berkaitan dengan efisiensi kerja, daya tahan tubuh, dan produktivitas (Fu dan Liu, 2017). Oleh karena itu, diperlukan sistem pengendalian kelembapan dan ventilasi yang memadai untuk menjaga kondisi lingkungan tetap nyaman, aman, dan mendukung kinerja maupun proses produksi.

Berbagai teknologi telah dikembangkan untuk mengurangi kelembapan udara, seperti *dehumidifier* berbasis refrigerasi, sistem *heating, ventilation, and air conditioning* (HVAC), serta *desiccant dehumidification*. Dibandingkan sistem

berbasis pendinginan, *dehumidifier desiccant* bekerja dengan menyerap uap air menggunakan material adsorben, seperti *silica gel*, sehingga lebih sesuai untuk lingkungan dengan kelembapan tinggi dan tidak bergantung pada proses kondensasi.

Penelitian Asa, Yunianto, dan Muchammad (2024) menunjukkan bahwa sistem dehumidifikasi berbasis *silica gel* mampu menurunkan kadar uap air dengan penurunan *Humidity ratio* sekitar 0,005–0,011 kg/kg udara kering, yang dipengaruhi oleh temperatur, kecepatan aliran udara, dan ketebalan *desiccant*. Hasil tersebut menunjukkan bahwa pengendalian kondisi operasi, khususnya temperatur regenerasi, berperan penting dalam menjaga kinerja adsorpsi.

Meskipun demikian, sistem dehumidifikasi berbasis *desiccant* masih menghadapi tantangan dalam pengendalian temperatur regenerasi, efisiensi energi, dan kestabilan kinerja material. Beberapa studi menunjukkan bahwa proses regenerasi umumnya berlangsung pada suhu sekitar 80–120 °C, sementara penurunan kelembapan udara proses dapat mencapai 30–50% tergantung kondisi operasi dan jenis *desiccant* yang digunakan., kandungan uap air udara proses dapat mencapai sekitar 5–15 g/kg udara kering tergantung kondisi operasi dan jenis *desiccant* yang digunakan.

Berdasarkan kondisi tersebut, diperlukan *Test Bed Dehumidifier* berbasis *silica gel* dengan *heater* listrik yang mampu mengendalikan temperatur regenerasi secara presisi dan memantau kondisi operasi secara real time. Pengembangan *test bed* ini diharapkan menghasilkan data eksperimen yang valid untuk mengevaluasi pengaruh temperatur regenerasi dan laju aliran udara terhadap kinerja sistem, sekaligus menjadi dasar pengembangan *dehumidifier* yang lebih efisien, hemat energi, dan sesuai dengan kondisi 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 suhu regenerasi yang presisi dan akurat untuk kondisi iklim tropis Indonesia?
2. Bagaimana pengaruh variasi suhu regenerasi terhadap kinerja dehumidifikasi yang ditinjau dari perubahan kelembapan relatif dan temperatur udara?
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, sehingga penelitian hanya berfokus pada analisis penurunan kelembapan udara.
4. 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 dehumidifikasi berdasarkan perubahan kelembapan relatif dan temperatur udara.
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 METODOLOGI PENELITIAN

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.