

BAB I

PENDAHULUAN

Bab satu merupakan bagian pendahuluan yang memaparkan gambaran umum mengenai latar belakang dilaksanakannya penelitian ini, mencakup analisis permasalahan yang ada serta celah penelitian yang teridentifikasi sebagai dasar perlunya penelitian ini dilakukan.

1.1 Latar Belakang

Penelitian terdahulu di Program Studi Teknik Mesin Universitas Trunojoyo Madura telah berhasil membangun setup *wind tunnel* sejak tahun 2023 (Efendi). Namun, hingga penelitian terkini tahun 2025, *wind tunnel* ini belum memiliki *sistem instrumentation* yang mampu merekam variabel-variabel penting seperti *airspeed*, *barometric pressure*, dan *air temperature* dalam percobaan di *wind tunnel*. Penelitian terkini menggunakan *wind tunnel* tersebut oleh (Kurniawan et al.) diketahui menggunakan alat ukur anemometer UT363 untuk mengukur kecepatan udara dalam *wind tunnel*. Berdasarkan spesifikasinya, penampang anemometer UT363 adalah 160 mm x 50 mm, sementara itu *wind tunnel* di Lab Program Studi Teknik Mesin Universitas Trunodjoyo Madura memiliki penampang 350 mm x 350 mm. Dengan dimensi tersebut, maka rasio luas penampang alat ukur terhadap rasio luas penampang *wind tunnel* sebesar 6,5%, rasio lebar alat ukur terhadap lebar ruang *wind tunnel* sebesar $50\text{ mm}/350\text{ mm} = 14,3\%$, dan rasio tinggi alat ukur terhadap tinggi ruang *wind tunnel* sebesar $160\text{ mm}/350\text{ mm} = 45,7\%$. Dengan perbandingan ukuran tersebut, dapat disimpulkan bahwa penempatan alat ukur UT363 dengan ukuran penampang 160 mm x 50 mm sangat memakan *space* dan mengganggu aliran udara dalam ruang *wind tunnel* berukuran 350 mm x 350 mm. Gangguan aliran udara oleh penempatan alat ukur sedemikian berisiko pada ketepatan pengukuran kecepatan udara di *wind tunnel*.

Sebagai solusi untuk permasalahan tersebut, penelitian skripsi ini bertujuan merancang, membangun, mengkalibrasi, dan menguji alat ukur kecepatan udara dan variabel-variabel penting seperti *barometric pressure*, dan *air temperature* yang diperlukan dalam percobaan-percobaan pada sistem HVAC. Untuk memenuhi kriteria kinerja "gangguan minimal terhadap aliran udara", target spesifikasi penampang alat ukur maksimal 16 mm x 80 mm, yaitu rasio luas penampang maksimal $\leq 1\%$ dari luas penampang *wind tunnel*. Penelitian skripsi ini penting dan mendesak untuk dilaksanakan untuk mencegah risiko kesalahan pengukuran akibat penggunaan alat ukur yang kurang sesuai dengan kondisi kerja *wind tunnel* Lab Program Studi Teknik Mesin Universitas Trunodjoyo. Alur penelitian ini dapat

dilihat pada lampiran A *Matriks Quality Function Deployment (QFD) Pengembangan Alat Ukur* pada A1 QFD Phase 1 *House of Quality*.

1.2 Rumusan Masalah

Sebagai penelitian tahap awal dalam perancangan dan pembuktian sistem instrumentasi aerodinamika *wind tunnel*, permasalahan penelitian yang perlu dicari solusinya adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana rancangan alat ukur kecepatan udara dengan memenuhi kriteria kinerja gangguan minimal terhadap aliran udara?
2. Bagaimana kriteria pemilihan sensor yang tepat untuk estimasi kecepatan udara?
3. Bagaimana model estimasi kecepatan udara menggunakan sensor?
4. Bagaimana membangun alat ukur kecepatan udara menggunakan sensor dan model estimasi?
5. Bagaimana kinerja alat ukur kecepatan udara yang dibangun dalam penelitian ini?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan hasil dari rumusan masalah yang di sebutkan, maka dihasilkan tujuan dari penelitian sebagai berikut:

1. Merancang alat ukur kecepatan udara dengan mempertimbangkan kriteria kinerja "Gangguan minimal terhadap aliran Udara".
2. Menyusun kriteria dan memilih sensor yang tepat untuk estimasi kecepatan udara.
3. Merancang model estimasi kecepatan udara menggunakan sensor.
4. Membangun alat ukur kecepatan udara menggunakan sensor dan model estimasi.
5. Mengukur kinerja alat ukur kecepatan udara yang dibangun dalam penelitian ini.

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah merupakan ruang lingkup yang ditetapkan dalam suatu penelitian guna memfokuskan kajian pada aspek-aspek tertentu yang relevan, sekaligus menghindari pembahasan yang terlalu meluas dan tidak terarah. Penetapan Batasan masalah memungkinkan peneliti untuk menentukan secara tegas aspek-aspek yang menjadi objek penelitian maupun aspek-aspek yang berada diluar cakupannya. Adapun Batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Alat dirancang hanya untuk pengukuran pada aliran udara kecepatan rendah menengah (0-30 m/s).
2. Rentang pengukuran, respon frekuensi, linearitas dan sensitivitas menjadi kriteria utama faktor biaya dan ketersediaan lokal juga dipertimbangkan.
3. Model dibatasi dengan pendekatan analitik sederhana.

4. Prototipe di bangun sebagai perangkat lab/tidak untuk aplikasi industri langsung
5. Pengujian kinerja dilakukan perbandingan terhadap standar referensi (*anemometer* kalibrasi) di *wind tunnel* pada beberapa titik kecepatan terpilih.

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat yang signifikan bagi berbagai pihak yang terkait, baik bagi peneliti dalam mengembangkan kompetensi keilmuannya, maupun bagi mahasiswa dan praktisi dalam memahami serta menerapkan sistem instrumentasi aerodinamika *wind tunnel* pada bidang yang relevan. Adapun manfaat yang diharapkan dari pelaksanaan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menghasilkan prototipe alat ukur kecepatan udara yang sesuai untuk penggunaan pada *wind tunnel* skala laboratorium untuk mahasiswa Teknik Mesin Universitas Trunodjoyo Madura.
2. Memberikan kontribusi pada pengembangan ilmu tentang perancangan alat ukur kecepatan udara dengan gangguan aliran yang minimal.
3. Memberikan panduan sensor dan perancangan alat ukur yang efektif, mudah dirakit dan terjangkau.
4. Menyediakan data performa alat sebagai acuan kalibrasi, evaluasi desain dan pengembangan perangkat sejenis dimasa mendatang.

1.6 Sistematika Penulisan

Bab I (Pendahuluan) membahas latar belakang penelitian yang menguraikan kebutuhan mendesak untuk mengembangkan instrumentasi *wind tunnel* dan sistem HVAC guna mengukur kecepatan udara, tekanan barometrik, dan temperatur udara dengan gangguan aliran minimal. Bab ini juga menyajikan rumusan masalah terkait perancangan alat ukur yang memenuhi kriteria kinerja, pemilihan sensor yang tepat, pengembangan model estimasi kecepatan udara, serta evaluasi performa alat pada *wind tunnel*. Selain itu, bab ini menjabarkan tujuan penelitian yang mencakup perancangan alat, penentuan kriteria sensor, pengembangan model estimasi, pembuatan prototipe, dan pengujian kinerja, serta manfaat penelitian baik dari aspek akademis maupun praktis untuk mendukung laboratorium *wind tunnel* universitas.

Bab II (Tinjauan Pustaka dan Perancangan Konseptual) menguraikan teori dasar dan landasan ilmiah yang diperlukan untuk merancang sistem instrumentasi *wind tunnel* dan HVAC. Bab ini menjelaskan prinsip-prinsip aerodinamika, karakteristik aliran udara di *wind tunnel*, serta teori pengukuran berbasis tekanan diferensial dan prinsip Bernoulli. Bab ini juga membahas spesifikasi teknis komponen utama seperti sensor BMP388 untuk tekanan

barometrik dan temperatur, serta ESP32 sebagai mikrokontroler untuk pemrosesan data dan pengiriman sinyal nirkabel. Selanjutnya, bab ini mendeskripsikan model estimasi kecepatan udara berbasis sensor, metode kalibrasi alat, serta perbandingan dengan penelitian terdahulu untuk memposisikan penelitian ini dalam konteks ilmiah yang lebih luas.

Bab III (Metode Penelitian) menjelaskan metodologi penelitian yang mencakup pendekatan eksperimental dan rancang bangun (*design and build*). Bab ini menyajikan diagram alir penelitian mulai dari studi literatur, perumusan masalah, perancangan prototipe, hingga pengujian dan evaluasi kinerja. Bab ini juga mendeskripsikan metode pengujian yang meliputi kalibrasi sistem sensor, pengembangan model estimasi kecepatan udara dengan analisis statistik (bias pengukuran, standar deviasi, *Root Mean Squared Error* (RMSE), dan koefisien determinasi), serta pengujian hipotesis untuk memvalidasi kesesuaian hasil pengukuran. Selain itu, bab ini menguraikan detail teknis perancangan mekanik *probe* (ukuran 10×70 mm), desain antarmuka grafis *Graphical User Interface* (GUI) berbasis LVGL pada layar LCD 2,8 inci, serta prosedur perakitan, pemasangan, dan penggunaan alat ukur, ditambah dengan rencana alokasi waktu dan tempat penelitian di Laboratorium SISMAN Universitas Trunodjoyo Madura.

Bab IV (Hasil Penelitian dan Pembahasan) menyajikan hasil implementasi *air flow meter* termasuk verifikasi kesesuaian alat yang direalisasikan dengan desain perancangan, pengecekan fungsi setiap komponen, serta tindakan koreksi yang dilakukan untuk mengatasi kendala teknis. Bab ini juga membahas penggunaan dana penelitian dan efisiensi produksi, termasuk rencana anggaran biaya, realisasi pengeluaran, dan evaluasi efisiensi biaya terhadap kinerja alat. Selanjutnya, bab ini menyajikan hasil pengujian dan evaluasi kinerja *air flow meter* berdasarkan perbandingan dengan alat ukur referensi (*mini anemometer*), termasuk analisis akurasi, presisi, dan stabilitas hasil pengukuran pada berbagai variasi kecepatan udara di *wind tunnel* dan sistem *Heating Ventilation Air Conditioning* (HVAC).

Bab V (Kesimpulan dan Saran) merangkum temuan utama penelitian dan menyajikan kesimpulan mengenai keberhasilan perancangan dan pembangunan alat ukur kecepatan udara dengan gangguan aliran minimal. Bab ini juga memberikan rekomendasi dan saran untuk pengembangan lebih lanjut, termasuk perbaikan desain, peningkatan akurasi sensor, serta aplikasi alat pada berbagai kondisi pengukuran di industri dan penelitian aerodinamika.