

BAB I

USULAN GAGASAN

1.1 Diskripsi Umum Masalah

Salah satu masalah umum yang dihadapi dalam proses kalibrasi sensor suhu adalah memastikan akurasi dan konsistensi pengukuran secara berkelanjutan. Terdapat beberapa faktor yang memengaruhi hasil akhir kalibrasi yang dilakukan secara manual, salah satunya adalah faktor manusia[1]. Kesalahan manusia merupakan salah satu faktor signifikan yang menjadi penyebab utama ketidakakuratan dalam proses kalibrasi manual. Kesalahan dapat berbentuk seperti interpretasi hasil yang kurang tepat, pengoperasian peralatan yang tidak konsisten, atau bahkan variasi dalam kondisi lingkungan yang tidak terdeteksi selama kalibrasi. Selain itu, memantau suhu secara terus-menerus di berbagai lokasi atau ruangan dapat menjadi tugas yang rumit dan memakan waktu. Mengelola dan memantau kalibrasi secara manual dapat menjadi tantangan tersendiri. Salah satu solusi untuk mengatasi hal tersebut adalah, menggunakan alat kalibrasi otomatis. Namun, alat kalibrasi otomatis memiliki harga jual yang cukup tinggi [2]. Hal ini menjadi sebuah motivasi untuk mengembangkan alat kalibrasi sensor suhu otomatis yang lebih terjangkau, namun tetap mampu memberikan hasil kalibrasi yang andal dan akurat.

Berdasarkan permasalahan yang sudah dijelaskan sebelumnya, dikembangkanlah alat kalibrasi sensor suhu otomatis yang memiliki tujuan untuk mengatasi masalah tersebut. Dengan memanfaatkan teknologi otomatisasi, akurasi pengukuran dapat ditingkatkan [4]. Sistem otomatis ini tidak hanya memungkinkan pengukuran yang lebih presisi, tetapi juga pengguna dapat memantau kalibrasi dari jarak jauh untuk meningkatkan efisiensi waktu serta akurasi dan kualitas, sehingga meminimalkan potensi kesalahan dan memastikan konsistensi hasil kalibrasi. Dengan hadirnya alat kalibrasi sensor suhu otomatis, diharapkan dapat memberikan kontribusi positif dalam memastikan akurasi pengukuran suhu di berbagai industri dan aplikasi.

Dengan adanya alat kalibrasi sensor suhu otomatis yang lebih terjangkau, diharapkan akan tercipta dampak positif yang luas dalam berbagai industri dan aplikasi, terutama dalam memastikan akurasi pengukuran suhu yang merupakan faktor kritis dalam banyak proses industri. Implementasi alat ini diharapkan dapat memberikan kontribusi nyata dalam peningkatan efisiensi operasional, pengurangan biaya, dan peningkatan kualitas produk atau layanan yang bergantung pada keakuratan pengukuran suhu.

1.2 Analisis Masalah

Untuk mendapatkan solusi dari masalah yang ada, dibutuhkan analisis dari berbagai aspek diantaranya sebagai berikut.

1.2.1 Aspek Ekonomi

Pada saat ini, berbagai alat kalibrasi sensor suhu otomatis telah tersedia di pasaran, terdapat beragam spesifikasi dan kemampuan yang disesuaikan dengan kebutuhan industri yang berbeda. Beberapa alat kalibrasi sensor suhu otomatis yang tersedia di pasaran antara lain adalah *Fluke Calibration 9102S* yang memiliki spesifikasi dengan akurasi mencapai $\pm 0,25^{\circ}\text{C}$ dan stabilitas sebesar $\pm 0,05^{\circ}\text{C}$. Rentang suhu pada alat ini adalah -10°C hingga 122°C , yang membuatnya ideal untuk berbagai sensor yang memerlukan kalibrasi suhu presisi tinggi. Selain itu, alat ini juga dilengkapi dengan tampilan suhu serta resolusi setpoint sebesar $0,1^{\circ}\text{C}$. Namun, alat ini memiliki harga jual sebesar Rp106.500.000 [2].

Selain *Fluke Calibration 9102S*, terdapat *ETI-822 950 Calibration Water Bath* yang memiliki spesifikasi akurasi $\pm 1^{\circ}\text{C}$ dan stabilitas $\pm 0,1^{\circ}\text{C}$, dengan rentang suhu yang dapat dikalibrasi dari 25°C hingga 95°C . Meskipun memiliki akurasi yang sedikit lebih rendah dibandingkan dengan *Fluke Calibration 9102S*, alat ini tetap dilengkapi dengan tampilan suhu dan resolusi setpoint sebesar $0,1^{\circ}\text{C}$, sehingga tetap dapat memberikan hasil kalibrasi yang cukup presisi. Alat ini memiliki harga jual sebesar £960.00 atau dalam rupiah Rp18.357.148 [3].

Jenis alat kalibrasi sensor suhu otomatis selain kedua alat sebelumnya adalah *Fluke Calibration 9140* dengan harga jual Rp80.150.000[5]. Tingginya harga jual berbagai jenis alat kalibrasi ini menjadi sorotan dalam aspek ekonomi yang menjadi pertimbangan penting bagi banyak perusahaan maupun laboratorium, terutama bagi yang memiliki kebutuhan kalibrasi dalam skala besar atau berkelanjutan.

Fakta bahwa alat kalibrasi sensor suhu otomatis umumnya dijual dengan harga yang cukup tinggi menjadi sorotan utama, karena hal ini dapat menjadi penghalang bagi banyak perusahaan, terutama usaha kecil dan menengah, dalam mengakses teknologi kalibrasi canggih. Oleh karena itu, pengembangan sistem kalibrasi sensor suhu yang dibuat secara otomatis dan dapat dipantau dari jarak jauh dengan harga yang lebih terjangkau menjadi semakin relevan dan penting. Rancangan alat yang akan dibuat tidak hanya berfokus pada penurunan biaya produksi, tetapi juga memastikan bahwa komponen-komponen yang digunakan tetap memenuhi standarisasi kalibrasi yang ada. Dengan demikian, meskipun lebih ekonomis, alat ini diharapkan tetap mampu memberikan hasil kalibrasi yang presisi dan akurat, sebanding dengan alat-alat kalibrasi suhu yang telah ada di pasaran. Pengembangan ini

diharapkan dapat memberikan solusi yang lebih inklusif, memungkinkan lebih banyak pihak untuk mengakses teknologi kalibrasi yang canggih, serta mendukung peningkatan kualitas dan konsistensi dalam berbagai industri yang bergantung pada akurasi pengukuran suhu.

1.2.2 Aspek Manufakturabilitas (*Manufacturability*)

Penggunaan alat kalibrasi manual sudah terbilang umum dan pengoperasiannya kurang akurat disebabkan saat pengambilan data, waktu pengambilan tidak sesuai dengan kesetimbangan sensor suhu. Dengan kata lain, terdapat selisih waktu antara pengambilan data dengan kesetimbangan sensor suhu [5]. Selain itu, rata-rata sistem kalibrasi manual hanya mengambil data dari satu titik saja, sehingga nilai data yang diambil hanya berulang di satu titik saja. Sistem kalibrasi suhu yang dibuat ini memiliki keunggulan dalam mengkalibrasi suhu dari suatu sistem sederhana secara otomatis. Pengoperasian sistem kalibrasi ini mengurangi waktu pengambilan data karena sistem kalibrasi ini akan melakukan pengambilan data berulang dari berbagai titik, sehingga pengambilan nilai suhu tidak hanya fokus pada satu titik sistem serta selisih waktu pengambilan dan waktu kesetimbangan sensor tidak terlalu besar dan data yang diambil akan lebih akurat daripada pengambilan data secara manual. Selain mengkalibrasi suhu, sistem yang dirancang dilengkapi dengan fitur *monitoring* menggunakan *website* dari jarak jauh.

1.3 Analisis Solusi yang Ada

Untuk mendapatkan solusi yang tepat dari dua solusi yang sudah ada, maka dibutuhkan analisis solusi melalui keunggulan, kekurangan, dan keterbatasan seperti berikut.

1.3.1 Sistem Kalibrasi Menggunakan Metode *Dry Well*

Metode *Dry well* atau juga biasa disebut *dry block* merupakan sebuah metode dari alat kalibrasi otomatis yang dapat dipanaskan atau didinginkan hingga nilai suhu menjadi berubah, alat ini digunakan dalam keadaan kering tanpa cairan apapun[7]. Dalam proses ini, blok logam yang dipanaskan atau didinginkan memiliki beberapa lubang (*well*) yang dirancang khusus untuk menempatkan sensor atau termometer yang akan dikalibrasi. Proses kalibrasi ini dilakukan sepenuhnya tanpa menggunakan media cairan seperti air atau minyak, yang biasanya digunakan dalam metode kalibrasi lainnya.

Metode *Dry Well* juga dilengkapi dengan kontrol otomatis yang memungkinkan pengguna untuk mengatur dan memantau suhu secara akurat melalui antarmuka digital. Pengguna dapat menetapkan suhu target, dan sistem akan secara otomatis menyesuaikan hingga suhu tersebut tercapai, dengan umpan balik *real-time* yang memungkinkan penyesuaian langsung jika terjadi penyimpangan. Beberapa model *Dry Well* modern bahkan menawarkan

fitur untuk menyimpan profil kalibrasi yang berbeda, yang memudahkan pengulangan proses kalibrasi untuk berbagai jenis sensor dengan cepat dan efisien.

Namun, meskipun metode *Dry Well* menawarkan banyak keuntungan, ada beberapa aspek yang perlu dipertimbangkan. Salah satunya adalah distribusi panas dalam blok logam yang mungkin tidak selalu seragam, terutama pada suhu yang sangat tinggi atau sangat rendah. Untuk mengatasi hal ini, alat-alat *Dry Well* modern menggunakan teknologi canggih dan bahan logam dengan konduktivitas termal yang tinggi, serta desain blok yang mengoptimalkan distribusi panas, sehingga memastikan akurasi dan konsistensi selama proses kalibrasi.

- Keunggulan (*Strength*)

Keunggulan utama yang dimiliki oleh alat kalibrasi yang menggunakan metode *dry well* adalah kemudahan dalam pemindahan alat karena tidak adanya risiko tumpahan cairan panas pada saat pemindahan [7]. Dari segi kebersihan, alat ini memiliki kebersihan yang lebih baik. Selain itu, tidak adanya cairan pada alat dapat mempersulit penyebaran kontaminasi antara permukaan dengan wadah sampel [8]. Selain itu, karena tidak memerlukan cairan, metode ini juga mengurangi kebutuhan pemeliharaan rutin yang sering kali diperlukan dalam sistem berbasis cairan, seperti penggantian dan pembersihan media cairan. Hal ini membuat proses kalibrasi menjadi lebih sederhana dan lebih cepat dilakukan.

- Kelemahan (*Weakness*)

Kelemahan dari metode *dry well* adalah hanya dapat mengkalibrasi sensor dengan ukuran tertentu dan biasanya dilengkapi dengan blok logam yang dibuat khusus untuk satu jenis wadah. Dengan diperlukannya blok logam untuk setiap jenis wadah, maka akan mengakibatkan alat ini memiliki harga yang mahal [8]. Kelemahan lain dari metode *dry well* adalah harus memerlukan waktu yang lebih lama untuk mencapai suhu yang diinginkan, karena alat ini tidak menyimpan panas sebanyak cairan. Kurangnya panas juga dapat mengakibatkan kurangnya kemampuan alat dalam menahan fluktuasi suhu. Selain itu, distribusi panas dalam blok logam yang mungkin tidak selalu seragam, terutama pada suhu yang sangat tinggi atau sangat rendah. kurangnya panas juga dapat mengakibatkan kurangnya kemampuan alat dalam menahan fluktuasi suhu.

Kelemahan dari metode *dry well* adalah hanya dapat mengkalibrasi sensor dengan ukuran tertentu dan biasanya dilengkapi dengan blok logam yang dibuat khusus untuk satu jenis wadah. Dengan diperlukannya blok logam untuk setiap jenis wadah, maka akan mengakibatkan alat ini memiliki harga yang mahal [8]. Kelemahan lain dari metode *dry well* adalah harus memerlukan waktu yang lebih lama untuk mencapai suhu yang diinginkan, karena alat ini tidak

menyimpan panas sebanyak cairan. Kurangnya panas juga dapat mengakibatkan kurangnya kemampuan alat dalam menahan fluktuasi suhu. Selain itu, distribusi panas dalam blok logam yang mungkin tidak selalu seragam, terutama pada suhu yang sangat tinggi atau sangat rendah. kurangnya panas juga dapat mengakibatkan kurangnya kemampuan alat dalam menahan fluktuasi suhu

- Keterbatasan (*Limitation*)

Dalam buku “Panduan Kalibrasi Termometer Digital” yang diterbitkan oleh Badan Standarisasi Nasional, *set-up* kalibrasi menggunakan termometer standar dan DUC (*device under calibration*) pada *dry well* didapatkan rentang suhu dari 50°C -700°C [9]. Salah satu alat kalibrasi menggunakan metode *dry well* yang sudah ada di pasaran adalah *Fluke Calibrator 9140* dengan harga beli Rp80.150.000[5].

1.3.2 Sistem Kalibrasi Menggunakan Metode *Water Bath*

Metode *Water Bath* adalah metode yang digunakan perangkat kalibrasi suhu untuk menjaga suhu konstan dari benda uji selama proses kalibrasi. Hal ini dilakukan dengan memasukkan benda uji ke dalam wadah berisi air yang dipanaskan atau didinginkan untuk mencapai suhu yang diinginkan. *Water bath* memungkinkan pengguna untuk mempertahankan suhu yang stabil selama proses kalibrasi, sehingga memastikan akurasi dan keandalan pengukuran. Dengan menggunakan *water bath*, proses kalibrasi dapat dilakukan dengan lebih tepat dan konsisten [10].

- Keunggulan (*Strength*)

Lebih aman digunakan dibandingkan dengan alat pemanas lainnya. Karena sumber panas yang dihasilkan oleh *water bath* berasal dari energi listrik yang tidak berinteraksi langsung dengan bahan kimia [10].

- Kelemahan (*Weakness*)

Dianjurkan hanya menggunakan air suling atau aquadest sebagai media pemanasnya, hal ini dilakukan untuk menghindari terjadinya korosif pada alat. Selain itu, wajib menambahkan desinfektan selama proses perawatan agar tidak terjadi pertumbuhan bakteri atau mikroorganisme [10].

- Keterbatasan (*limitation*)

Water bath hanya memiliki rentang suhu dari 30°C hingga 100°C. Sebagai alat kalibrasi, sistem *waterbath* ini termasuk dalam kategori yang cukup tinggi dari segi harga. Kisaran harga untuk alat kalibrasi ini bervariasi antara 6 hingga 40 juta, tergantung pada jenis, merek, spesifikasi, dan tipe yang diperlukan[11].