

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang Masalah

*Stopwatch dan timer* banyak digunakan dalam berbagai aspek kegiatan manusia, mulai dari kegiatan olahraga, fasilitas kesehatan, hingga kegiatan produksi di berbagai bidang industri [1]. *Stopwatch* merupakan alat yang digunakan untuk mengukur interval waktu, yaitu selang waktu antara dua peristiwa atau waktu yang telah berlalu saat suatu peristiwa terjadi [2]. Satuan dasar dari interval waktu dalam sistem internasional satuan (SI) adalah sekon (s).

Satu sekon didefinisikan sebagai durasi atau interval waktu dari 9 192 631 770 periode radiasi yang sesuai dengan transisi antara dua tingkat energi hiperhalus pada keadaan dasar atom cesium-133 [3]. Hasil pengukuran interval waktu sangat bergantung pada kemampuan ukur dari *stopwatch atau timer* sebagai alat ukurnya. Beberapa parameter yang berpengaruh terhadap hasil pengukuran interval waktu, di antaranya kestabilan, akurasi, dan resolusi alat ukur.

Kalibrasi *stopwatch dan timer* merupakan cara untuk memantau kemampuan pengukuran dari *stopwatch dan timer* agar terbangun rantai ketertelusuran *stopwatch-timer* ke standar utama waktu. Sama halnya dengan sistem kalibrasi besaran ukur lainnya, kalibrasi *stopwatch-timer* adalah proses membandingkan hasil pengukuran antara stopwatch atau timer yang dikalibrasi (*Unit Under Calibration/UUC*) dan suatu alat ukur referensi. Alat standar yang memiliki resolusi dan akurasi lebih baik serta ketidakpastian pengukuran lebih kecil dari *UUC* merupakan referensi pengukuran yang digunakan dalam suatu sistem kalibrasi. Terdapat beberapa metode kalibrasi *stopwatch-timer*, di antaranya metode perbandingan langsung, metode *totalized*, dan metode *time base* [4]. Perbandingan secara langsung memiliki beberapa kekurangan, antara lain ketidakpastian yang besar dan proses pengerjaan yang kurang efisien. Kalibrasi secara langsung ini sangat dipengaruhi oleh reaksi operator kalibrasi yang dapat menimbulkan ketidakakuratan dalam proses kalibrasi yang disebut sebagai *human reaction time*.

Kalibrasi *stopwatch dan timer* merupakan salah satu dari layanan kalibrasi untuk lingkup waktu dan frekuensi yang ada di Subbidang Metrologi Waktu dan Frekuensi, Pusat Penelitian Metrologi Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (P2M-LIPI). Lebih dari satu dekade P2M-LIPI melayani kalibrasi *stopwatch dan timer* [5]. Dalam kurun waktu tersebut digunakan metode perbandingan langsung (*direct comparison*), yaitu dengan membandingkan hasil pengukuran *stopwatch-timer UUC* dengan penunjukan waktu pada standar utama. Laboratorium Metrologi Waktu dan Frekuensi telah mengaplikasikan metode perbandingan langsung (*direct comparison*) dalam mengkalibrasi *stopwatch dan timer* hingga tahun 2014 [6]. Selanjutnya, dalam upaya meningkatkan kemampuan kalibrasi *stopwatch timer* di Laboratorium Waktu dan Frekuensi P2M-LIPI, sejak 2015 telah dilakukan penelitian metode kalibrasi *stopwatch-timer* dengan tujuan memperbaiki nilai ketidakpastian pengukuran dalam sistem kalibrasi tersebut. Oleh karena itu dibutuhkan otomasi pada sistem kalibrasi sehingga menghilangkan faktor *human reaction time*.

Dalam pengembangan sistem otomasi kalibrasi *stopwatch dan timer*, *frequency counter* memainkan peran penting sebagai alat pengukur frekuensi sinyal dengan akurasi tinggi [8]. *Frequency counter* digunakan untuk memastikan setiap pengukuran waktu yang dilakukan oleh *stopwatch* atau *timer* sesuai dengan standar yang ditetapkan. Dengan adanya *frequency counter*, sistem otomasi dapat dengan cepat dan akurat mengidentifikasi deviasi atau kesalahan dalam pengukuran, sehingga proses kalibrasi menjadi lebih efisien dan akurat. Hal ini memastikan bahwa alat ukur waktu yang digunakan memenuhi standar internasional dan dapat diandalkan untuk berbagai keperluan.

Selain itu, *frequency counter* memungkinkan integrasi yang lebih baik dengan sistem otomasi kalibrasi lainnya melalui kemampuan komunikasi data yang canggih. Dengan menggunakan antarmuka digital seperti *USB*, *GPIB*, atau *LAN*, *frequency counter* dapat dengan mudah dihubungkan ke komputer atau perangkat pengendali lainnya untuk pemrosesan data secara *real-time* [8]. Data yang dihasilkan dari *frequency counter* dapat dianalisis dan digunakan untuk menyesuaikan parameter kalibrasi secara otomatis, mengurangi keterlibatan manual, dan mengurangi kemungkinan kesalahan manusia. Implementasi *frequency*

*counter* dalam sistem kalibrasi juga memungkinkan pencatatan dan pelaporan hasil kalibrasi secara terstruktur dan mudah diakses, sehingga mempermudah audit dan penelusuran historis data kalibrasi.

Pada pengujian akurasi perangkat pengukur waktu seperti *stopwatch* digital, diperlukan metode yang presisi dan konsisten untuk mendapatkan hasil yang akurat. Dalam penelitian ini, akan dirancang dan dikembangkan sebuah sistem *test bench* yang menggunakan komponen-komponen utama seperti *stopwatch*, *solenoid*, *power supply*, *counter*, dan *function generator*. Sistem ini dirancang untuk menguji akurasi *stopwatch* secara otomatis, di mana *function generator* mengatur frekuensi operasi yang mengendalikan *solenoid* untuk menekan tombol *stopwatch* dengan presisi. Dengan demikian, pengujian dilakukan secara konsisten dan terstandar tanpa campur tangan manual, yang meningkatkan reliabilitas hasil pengujian.

Proses pengujian dan kalibrasi *stopwatch* manual saat ini memerlukan waktu dan tenaga yang signifikan, terutama karena banyaknya langkah yang harus dilakukan secara manual oleh teknisi [9]. Setiap pengujian memerlukan ketelitian dalam pengoperasian dan pencatatan hasil, yang berpotensi menimbulkan kesalahan manusia dan inkonsistensi dalam hasil kalibrasi. Hal ini berdampak pada rendahnya efisiensi operasional serta tingginya biaya tenaga kerja. Oleh karena itu, dibutuhkan solusi otomatisasi untuk meningkatkan efisiensi, akurasi, dan konsistensi proses kalibrasi, sehingga dapat mengurangi beban kerja teknisi dan mempercepat waktu penyelesaian pengujian. Implementasi sistem otomatisasi ini diharapkan dapat meminimalisir kesalahan dan meningkatkan produktivitas di bidang kalibrasi *stopwatch/timer*. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem otomasi kalibrasi *stopwatch/timer* di Direktorat Metrologi, Subbidang Metrologi Waktu dan Frekuensi.

## **1.2 State of The Art**

*State of the art* merupakan suatu penegasan keaslian penelitian yang akan dilakukan dan menjelaskan perbandingan terhadap riset sebelumnya yang menjadi acuan dalam pembuatan tugas akhir ini. Dalam tahap ini, penelitian akan diuraikan secara singkat sebagai bentuk memperkuat alasan mengapa penelitian ini dilakukan. Tabel 1.1 adalah referensi jurnal penelitian sejenis yang dilakukan beberapa peneliti sebelumnya.

Tabel 1.1 Referensi

NO	NAMA PENELITI	TAHUN	JUDUL
1	M Boynawan, dkk	2020	<i>Algorithm of Time and Frequency Remote Calibration System of SNSU-BSN</i>
2	Putut Son Maria, dkk	2022	Analisis Kemampuan Kerja Mikrokontroler Mcs-51 sebagai Frequency Counter
3	Windi Kurnia, dkk	2019	Peningkatan Akurasi pada Kalibrasi <i>Stopwatch/Timer</i> Menggunakan Sistem Otomasi Robot Dan Kamera
4	S Agmal, dkk	2019	<i>Mini Robot for Calibration of Stopwatch/Timer</i>
5	Sulaiman Sitepu, dkk	2020	Desain Kalibrator <i>Stopwatch</i> Otomatis dengan Menggunakan Kontrol Android Via <i>Bluetooth</i>

M Boynawan, dkk [7], melakukan pengembangan algoritma untuk kalibrasi alat ukur Cesium jam atom pada jarak jauh. Jam atom Cesium harus dikalibrasi untuk mendapatkan perbedaan waktu dengan waktu universal terkoordinasi (UTC) setempat, yaitu UTC (IDN). Oleh karena itu, untuk mengkalibrasi jam atom Cesium, diperlukan metode kalibrasi jarak jauh. Algoritme ini telah diuji untuk mengkalibrasi Cesium-3 dari SNSU-BSN terhadap UTC (IDN). Perbedaan waktu antara Cesium-3 dan UTC (IDN) adalah 5,8 mikrodetik dengan menggunakan algoritme. Berdasarkan algoritma yang telah dibangun, disimpulkan bahwa algoritma dapat digunakan untuk melakukan kalibrasi jarak jauh.

Putut Son Marian, dkk [8], merancang dan membangun penggunaan mikrokontroler MCS-51 sebagai alat frequency counter yang mampu mengukur frekuensi hingga 47 KHz dengan kesalahan relatif yang sangat kecil. Penelitian ini menunjukkan bahwa alat ini tidak hanya akurat, tetapi juga efisien dalam pengukuran frekuensi menengah hingga tinggi. Desain ini sangat cocok digunakan untuk laboratorium pendidikan di mana presisi dan biaya menjadi faktor penting.

Windi Kurnia, dkk [4], membuat sistem otomasi kalibrasi *stopwatch/time* menggunakan alat rakitan berupa lengan robot dan mobil robot mini untuk menekan tombol *stopwatch/timer* dan standar acuan *universal counter*. Kamera secara otomatis merekam hasil pengukuran waktu dari *universal counter* dan *stopwatch/timer*. Data pengukuran berupa gambar diolah menggunakan teknik *image processing* untuk menghasilkan angka. Sistem otomasi telah menghilangkan faktor *human reaction time* sehingga memperkecil ketidakpastian pengukuran, dan meningkatkan akurasi pada kalibrasi *stopwatch/timer*.

S Agmal, dkk [9], merupakan penelitian lanjutan dari inovasi untuk otomatisasi sistem kalibrasi *stopwatch/timer* yang bertujuan untuk menghilangkan waktu reaksi manusia. Sistem otomasi telah dirancang dan dibangun dengan menggunakan lengan robot dan mini mobil robot. Tujuan dari sistem ini adalah untuk meningkatkan efisiensi dan akurasi kalibrasi *stopwatch/timer*. Lengan robot digunakan untuk menekan tombol *stopwatch/timer*. Hasil pengukuran waktu dari penghitung *universal dan stopwatch/timer* direkam secara otomatis menggunakan kamera. Akurasi kalibrasi *stopwatch/timer* telah ditingkatkan dengan menggunakan sistem otomatisasi. Sistem ini mendukung peningkatan kualitas produk industri.

Sulaiman Sitepu, dkk [5], penelitiannya membahas mengenai perancangan kalibrator *stopwatch* otomatis untuk memulai dan memberhentikan *stopwatch* yang diuji dengan referensi secara bersamaan tidak memerlukan respon operator. Pada metode otomatis waktu minimal pengukurannya adalah 10 menit sedangkan metode manual adalah sekitar 4 jam. Hal ini menandakan bahwa hasil rancangan kalibrator *stopwatch* telah mampu untuk meningkatkan performa dari metode kalibrasi manual.

Berdasarkan penelitian sebelumnya dapat disimpulkan bahwa pengembangan teknologi untuk kalibrasi dan penggunaan *stopwatch* dalam berbagai konteks sudah dilakukan dengan menggunakan teknologi yang berbeda. Namun teknologi untuk kalibrasi dan penggunaan *frequency counter* masih jarang dilakukan terutama di Direktorat Metrologi, yang akan dijadikan tempat penelitian. Oleh karena itu, akan dilakukan penelitian berupa rancang bangun *test bench stopwatch digital* dengan

implementasi *frequency counter*.

Perbedaan penelitian ini dengan sebelumnya yaitu ditinjau dari segi lokasi penelitian dan objek penelitian. Lokasi penelitian bertempat di Direktorat Metrologi, yang berada di Jalan Pasteur No.27, RT.02, Pasir Kaliki, Kecamatan Cicendo, Kota Bandung, Jawa Barat. Setiap laboratorium kalibrasi memiliki tingkat kelengkapan dan profesionalisme yang berbeda, oleh karena itu diputuskan untuk memilih laboratorium ini sebagai tempat penelitian .

### **1.3 Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang permasalahan, ada beberapa masalah yang perlu dirumuskan:

1. Bagaimana rancang bangun *frequency counter* untuk otomatisasi dan pengujian akurasi pada *test bench stopwatch digital*?
2. Bagaimana kinerja dari *frequency counter* untuk otomatisasi dan pengujian akurasi pada *test bench stopwatch digital*?

### **1.4 Tujuan**

Dari latar belakang dan rumusan masalah maka tujuan pada penelitian ini sebagai berikut:

1. Merancang dan mengimplementasikan *frequency counter* untuk otomatisasi dan pengujian akurasi pada *test bench stopwatch digital*.
2. Melakukan analisis hasil kinerja dari implementasi *frequency counter* untuk otomatisasi dan pengujian akurasi pada *test bench stopwatch digital*.

### **1.5 Manfaat**

Adapun beberapa manfaat yang dapat diperoleh dari penelitian ini yaitu sebagai berikut:

1. Manfaat Akademis

Dari hasil penelitian ini, diharapkan menjadi referensi dan memperkaya ilmu pengetahuan dalam bidang kalibrasi, terutama kalibrasi waktu, dan khususnya di ruang lingkup teknik elektro di bidang instrumentasi pengukuran waktu.

2. Manfaat Praktis

Dapat digunakan dan dimanfaatkan sebagai kontribusi terhadap pengembangan teknologi dalam bidang pengukuran waktu dan digital. Ini dapat membuka peluang untuk pengembangan lebih lanjut.

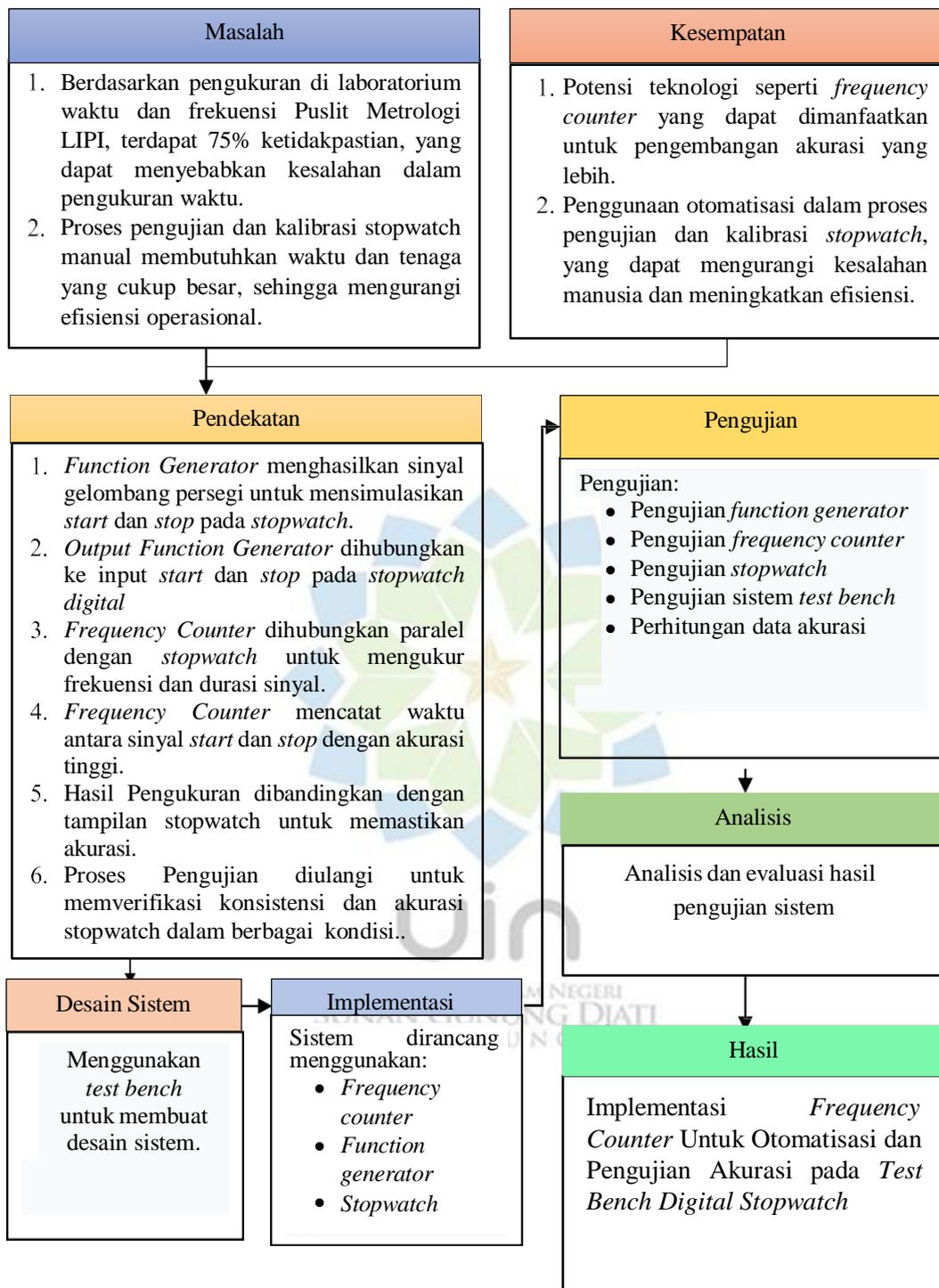
### **1.6 Batasan Masalah**

Batasan masalah untuk menghindari adanya penyimpangan atau perluasan topik, agar penelitian lebih terarah dan mudah dibahas, sehingga dapat mencapai tujuan penelitian. Beberapa batasan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Proses kalibrasi dan verifikasi akan mengikuti standar dan prosedur yang telah ditetapkan oleh Direktorat Metrologi yang merujuk pada standar internasional atau nasional yang relevan.
2. Proses kalibrasi menggunakan *stopwatch* 2 buah dan *counter* 1 buah.
3. Pengumpulan data berupa akurasi, pengaruh lingkungan pengujian, serta kinerja dari sistem test bench stopwatch.
4. Penelitian berlokasi di Direktorat Metrologi, berada di Jalan Pasteur No.27, RT.02, Pasir Kaliki, Kecamatan Cicendo, Kota Bandung, Jawa Barat.

### **1.7 Kerangka Berpikir**

Kerangka berpikir pada penelitian rancang bangun test bench stopwatch digital dengan pengembangan prototipe berbasis mikrokontroler dijelaskan pada Gambar 1.1



Gambar 1.1 Kerangka berpikir penelitian

## **1.8 Sistematika Penulisan**

Tugas akhir disusun dengan sistematika sebagai berikut:

### **BAB I PENDAHULUAN**

Bab ini meliputi latar belakang, *State of The Art*, rumusan masalah, tujuan, manfaat, batasan masalah, kerangka berpikir dan sistematika penulisan.

### **BAB II TEORI DASAR**

Bab ini menjelaskan tentang hal-hal pokok sebelum melakukan penelitian. Menyangkut dengan penelitian perlu adanya penguasaan teori yang berhubungan dan menunjang dalam penelitian mengenai implementasi *frequency counter* untuk otomatisasi dan pengujian akurasi pada *test bench stopwatch digital*.

### **BAB III METODOLOGI PENELITIAN**

Bab ini menjelaskan metode dan tahapan-tahapan yang dilakukan ketika melakukan penelitian pada Implementasi *Frequency Counter* untuk Otomatisasi dan Pengujian Akurasi pada *Test Bench Stopwatch Digital*.

### **BAB IV PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI**

Bab ini menjelaskan alur tahap-tahap perancangan, mulai dari analisis kebutuhan, hingga Implementasi *Frequency Counter* untuk Otomatisasi dan Pengujian Akurasi pada *Test Bench Stopwatch Digital*.

### **BAB V PENGUJIAN DAN ANALISIS**

Bab ini berisi tentang hasil pengujian yang telah dilakukan, serta menganalisis data yang diperoleh pada saat pengujian guna mengetahui kinerja alat yang telah dibuat.

### **BAB VI PENUTUP**

Bab ini menjelaskan tentang bagian penutup dari penelitian. Bagian penutup terbagi menjadi kesimpulan dari penelitian yang telah dilakukan, serta saran untuk penelitian-penelitian selanjutnya.