



Water Bath Untuk Pengatur Suhu Berbasis Internet of Things

Firmansyah¹, Jarot Sugiharto²

¹Mahasiswa Program Studi Teknik Otomasi Industri, Politeknik TEDC Bandung

²Dosen Program Studi Teknik Otomasi Industri, Politeknik TEDC Bandung

Email: nufirstind@gmail.com , jarot.sugiharto@gmail.com

ABSTRAK

Kemajuan teknologi sekarang yaitu *Internet of Things* dengan segala sesuatu yang berhubungan dengan *internet* dan dunia industri 4.0 bisa membantu untuk memudahkan pekerjaan manusia. *Water bath* adalah alat *laboratorium* yang digunakan untuk memanaskan cairan kimia, merendam benda uji, menginkubasi bakteri menggunakan suhu tertentu dengan media air. *Water bath* yang ada di pasaran Indonesia buatan lokal yang diproduksi umumnya hanya memiliki pengatur suhu analog dan belum adanya fitur terhubung dengan *handphone*, deteksi suhu aktual, waktu, ketinggian air, dan pompa air pada *bath* sehingga terkadang para laboran harus menggunakan alat bantu lainnya seperti *stopwatch*, penggaris, termometer gelas dan gayung. *Water bath* selanjutnya dapat dipantau dan dikendalikan dari jarak jauh melalui perangkat *handphone*. Dampak yang dihasilkan dari *water bath* ini akan memudahkan petugas *laboratorium* untuk bekerja dan beraktivitas di lab. Dengan itu laboran tidak perlu lagi memantau dan mengontrol secara langsung pada alat, penerapan penelitian ini diharapkan aktifitas *laboratorium* akan lebih efektif lagi. Kemudian merancang dan membangun *water bath*. Hasil pengujian menunjukkan bahwa *water bath* ini mampu mengontrol dan memonitor suhu dengan sangat baik dengan pengukuran, nilai rata rata selisih terkecil $-0.1\text{ }^{\circ}\text{C}$ pada titik $30\text{ }^{\circ}\text{C}$ dan selisih rata-rata terbesar yaitu sebesar $-0.35\text{ }^{\circ}\text{C}$ pada titik $70\text{ }^{\circ}\text{C}$ sedangkan untuk *error* terkecil 0.29% pada titik $70\text{ }^{\circ}\text{C}$ dan *error* terbesar 0.83% pada suhu $30\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Kata kunci : Bak Air, Tangki Air, Internet of Things

ABSTRACT

Current technological advances, namely the Internet of Things with everything related to the internet and the industrial world 4.0, can help to make human work easier. A water bath is a laboratory tool used to heat chemical liquids, soak test objects, incubate bacteria using a certain temperature using air. Locally produced water baths on the Indonesian market generally only have analog temperature controls and no features connected to cellphones, actual temperature detection, time, air level and water pumps in the bath, so sometimes workers have to use other tools. such as stopwatches, rulers, glass thermometers and dippers. The water bath can then be monitored and controlled remotely via a mobile device. The impact of this water bath will make it easier for laboratory staff to work and carry out activities in the laboratory. With this, workers no longer need to monitor and control equipment directly, implementing research that limits laboratory activities will be even more effective. Then design and build a water bath. The test results show that this water bath is able to control and monitor temperature very well by measuring, the smallest average difference is $-0.1\text{ }^{\circ}\text{C}$ at the $30\text{ }^{\circ}\text{C}$ point and the largest average difference is $-0.35\text{ }^{\circ}\text{C}$ at the $70\text{ }^{\circ}\text{C}$ point while the smallest error is 0.29% at a point of $70\text{ }^{\circ}\text{C}$ and the largest error is 0.83% at a temperature of $30\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Keywords: Water Bath, Water Level, Internet of Things

1. PENDAHULUAN

Laboratorium adalah tempat dilakukannya penelitian, pengukuran, atau pengembangan yang mampu menghasilkan data akurat. Oleh karena itu, diperlukan alat penunjang yang canggih dan dapat mempermudah proses pengambilan data, salah satunya adalah *water bath*. *Water bath* adalah alat *laboratorium* berbentuk wadah yang digunakan untuk memanaskan cairan atau sampel

dengan merendamnya dalam air. Di dalam *water bath*, terdapat air yang suhunya konsisten sesuai dengan kebutuhan dalam jangka waktu tertentu. Alat ini berfungsi untuk menciptakan suhu konstan pada air. Jangkauan suhu yang diberikan berkisar antara 30 hingga 95 derajat Celsius. Penggunaan *water bath* banyak diterapkan di *laboratorium* medis, konstruksi, dan industri. Sebagai contoh, *water bath* digunakan untuk menguji tingkat perkerasan aspal dengan suhu dan waktu rendaman tertentu, atau sebagai media inkubasi bakteri, yaitu proses pemeliharaan kultur bakteri pada temperatur dan jangka waktu tertentu untuk melihat perkembangan bakteri.

Pada umumnya, *water bath* yang terdapat di pasaran Indonesia adalah produk buatan lokal, seperti merek TP Teguh Primatama, CV Niaga Kusuma Lestari, dan MBT. Namun, *water bath* yang mereka produksi hanya memiliki pengatur suhu analog dan belum dilengkapi dengan fitur pendeteksi suhu aktual di dalam *chamber*, *timer*, serta pendeteksi level air. Hal ini terkadang memaksa petugas *laboratorium* untuk menggunakan alat tambahan seperti *stopwatch*, penggaris, dan termometer kaca. Sebagai perbandingan, terdapat *water bath* buatan luar negeri, seperti merek Memmert dari Jerman, yang sudah dilengkapi dengan pengaturan suhu *digital* dan *timer*.

Namun, harga yang tergolong mahal membuat banyak *laboratorium* di Indonesia lebih memilih alat buatan lokal. Permasalahan tersebut mendorong penulis untuk merancang *prototipe water bath* yang dilengkapi dengan pengaturan suhu *digital*, pendeteksi suhu aktual dalam *chamber*, pendeteksi level air, serta kontrol dan pemantauan berbasis *Internet of Things (IoT)*. Penelitian ini bertujuan untuk mempermudah petugas *laboratorium* agar dapat melakukan multitasking saat bekerja di lapangan maupun di *laboratorium*.

2. LANDASAN TEORI

Water bath adalah alat *laboratorium* berbentuk wadah yang digunakan untuk memanaskan cairan dengan direndam pada air. Tentunya air tersebut telah dipanaskan sebelumnya. Di dalam *water bath* terdapat air yang memiliki suhu konsisten dalam jangka waktu tertentu. *Water bath* terdiri dari dua jenis saja, yaitu analog dan *digital*. *Water bath* terdiri dari dua jenis saja, yaitu analog dan *digital*. Analog *water bath* digunakan dengan cara memutar tuas indikator suhu yang berisi potensiometer. Hal ini dilakukan untuk memberikan energi listrik.

Jenis yang satu lagi adalah *Digital water bath*, jenis ini sudah memasukkan berbagai macam teknologi, seperti *LCD display* hingga beberapa tombol pembantu sehingga semakin mudah mendapatkan suhu yang presisi. Lama waktu pemanasan juga dapat diatur. Bak di dalam *water bath* sendiri terdiri dari dua jenis juga. Ada *single chamber water bath* dan *multi chamber water bath*. *Single chamber water bath* hanya memiliki satu kolam saja. Sebaliknya, *multi chamber water bath* memiliki lebih dari satu kolam. Bahkan bisa mencapai tiga kolam. Kelebihan dari *multi chamber water bath* adalah dapat digunakan dengan suhu masing-masing kolam yang berbeda.

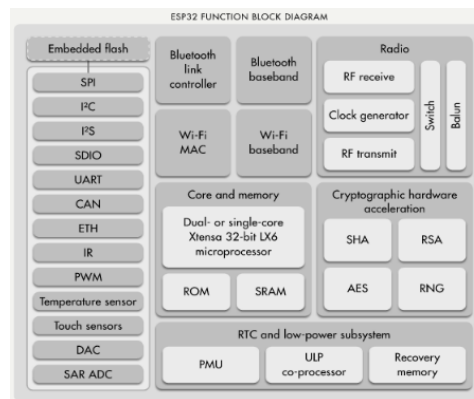


Gambar 1. *Water Bath*

2.1 ESP 32

ESP32 adalah salah satu keluarga mikrokontroler yang dikenalkan dan dikembangkan oleh Espressif System. *ESP32* ini merupakan penerus dari mikrokontroler *ESP8266*. Mikrokontroler satu

ini kompatibel dengan *Arduino IDE*. Pada mikrokontroler ini sudah tersedia modul *WiFi* dan ditambah dengan *BLE (Bluetooth Low Energy)* dalam *chip* sehingga sangat mendukung dan dapat menjadi pilihan bagus untuk membuat sistem aplikasi *Internet of Things*. *ESP32* adalah sistem dengan biaya yang rendah, berdaya rendah pada seri *chip switches, RF balun, power amplifier, low-noise receive amplifier, filters, dan power management modules*. Didesain untuk perangkat seluler, perangkat elektronik yang dapat dipakai, dan aplikasi *IoT*, *ESP32* juga bekerja dengan konsumsi daya sangat rendah melalui (SoC) dengan *Wi-Fi & kemampuan Bluetooth dua mode*, keluarga *ESP32* termasuk *chip ESP32-D0WDQ6 (dan ESP32-D0WD), ESP32-D2WD, ESP32-S0WD*, dan sistem dalam paket (SiP) *ESP32-PICO-D4*. Pada intinya, ada mikroprosesor *Tensilica Xtensa LX6 dual-core* atau *single-core* dengan *clock rate* hingga 240 MHz. *ESP32* sudah terintegrasi dengan *built-in antena* fitur hemat daya termasuk *fine resolution clock gating, multiple power modes, and dynamic power scaling*.



Gambar 2. *ESP 32*

2.2 Heater

Heater atau elemen pemanas merupakan piranti yang mengubah energi listrik menjadi energi panas melalui proses *Joule Heating*. Prinsip kerja elemen panas adalah arus listrik yang mengalir pada elemen menjumpai resistansinya, sehingga menghasilkan panas pada elemen.

1. Persyaratan elemen pemanas antara lain:
2. Harus tahan lama pada suhu yang di kehendaki.
3. Sifat mekanisnya harus kuat pada suhu yang dikehendaki.
4. Koefisien mulai harus kecil, sehingga perubahan bentuknya pada suhu yang di kehendaki tidak terlalu besar.
5. Tahanan jenisnya harus tinggi.
6. Koefisien suhunya harus kecil, sehingga arus kerjanya sedapat mungkin konstan.

Hal yang dipertimbangkan dalam pemilihan elemen pemanas:

1. *Maximum Element Surface Temperature (MET)*.
2. *Maximum Power / Surface Loading*.
3. Area radiasi permukaan elemen, dinyatakan dalam (*Watt/cm²*).

MET, adalah suhu yang dicapai saat bahan elemen mulai mengalami perubahan bentuk atau saat umur hidup bahan elemen menjadi singkat yang mengakibatkan elemen menjadi putus atau hubung singkat. Semakin tinggi *MET* maka akan semakin tinggi pula *Maximum Power Loading*. Perpindahan panas terjadi jika benda panas disentuh dengan benda dingin, tak lama kemudian suhu benda panas turun, sedangkan suhu benda dingin naik. Hal ini terjadi karena benda panas memberikan kalor kepada benda dingin. Kalor berpindah dari benda bersuhu tinggi ke benda bersuhu rendah. Ada tiga macam perpindahan kalor, yaitu konduksi, konveksi (aliran), dan radiasi

(pancaran). Konduksi adalah perpindahan kalor melalui zat padat. Perpindahan ini tidak diikuti dengan perpindahan partikel perantara. Berdasarkan kemampuan menghantar kalor, zat dibagi menjadi dua golongan besar, yaitu konduktor dan isolator. Konduktor ialah zat yang mudah menghantar kalor. Isolator adalah zat yang sukar menghantar kalor. Konveksi adalah proses perpindahan kalor dari satu bagian fluida ke bagian lain fluida oleh pergerakan fluida itu sendiri. Ada dua jenis konveksi, yaitu konveksi alamiah dan konveksi paksa. Pada konveksi alamiah, pergerakan fluida terjadi akibat perbedaan massa jenis. Adapun pada konveksi paksa, fluida yang telah dipanasi langsung diarahkan ke tujuannya oleh sebuah peniup (*blower*) atau pompa.

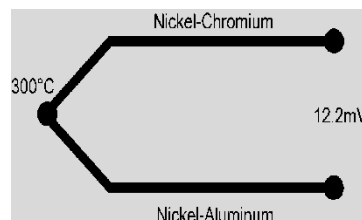
Contoh konveksi paksa, antara lain sistem pendingin mobil dan pengering rambut (*hairdryer*). Radiasi atau pancaran adalah perpindahan energi kalor dalam bentuk gelombang elektromagnetik. Pada tahun 1897, Joseph Stefan melakukan pengukuran daya total yang dipancarkan oleh benda hitam sempurna. Dia menyatakan bahwa daya total itu sebanding dengan pangkat empat suhu mutlaknya. Lima tahun kemudian Ludwig Boltzmann menurunkan hubungan yang sama. Persamaan yang didapat sama dari hubungan ini dikenal sebagai hukum Stefan-Boltzmann yang berbunyi "Energi yang dipancarkan oleh suhu permukaan (A) dan sebanding dengan pangkat empat suhu mutlak permukaan itu (T^4)".



Gambar 3. Heater

2.3 Termokopel

Pada dunia elektronika, *termokopel* adalah sensor suhu yang banyak digunakan untuk mengubah perbedaan suhu dalam benda menjadi perubahan tenaga listrik (*voltage*). *Termokopel* yang sederhana dapat dipasang, dan memiliki jenis konektor standar yang sama, serta dapat mengukur temperature dalam jangkauan suhu yang cukup besar dengan batas kesalahan pengukuran kurang dari 1°C. *Termokopel* terdiri atas dua buah logam kawat yang berbeda bahannya yang disatukan kedua ujungnya dengan disolder atau dilas dan sambungan kedua logam tersebut diberi panas maka keduanya akan menghasilkan panas yang berbeda dan kemudian dari perbedaan tersebut dapat menghasilkan suatu tegangan, dan tegangan tersebut biasanya dalam satuan milivolt (mV). Tegangan yang dihasilkan tersebut langsung kepada temperatur yang diterima dan jenis logam yang dipakai. Termokopel membangkitkan tegangan dalam beberapa suhu. Tegangan yang dibangkitkan bergantung pada suhu yang dipergunakan. Satu dari dua bahan ketika tegangan terhubung akan membangkitkan tenaga *output EMF (Electro Motion Force)*.



Gambar 4. Termokopel

2.4 Blynk

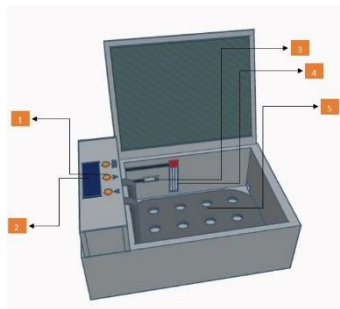
Blynk adalah sebuah aplikasi untuk sistem operasi *Android* dan *IOS* untuk mengontrol *Arduino*, *Node MCU*, *Raspberry Pi*, *ESP32* dan sejenisnya melalui internet. Aplikasi ini dapat digunakan untuk mengendalikan perangkat *hardware*, menampilkan data sensor, menyimpan data, visualisasi, dan lain-lain. Aplikasi *Blynk* memiliki tiga komponen utama yaitu aplikasi, *server* dan *library*.

2.5 IDE Arduino

IDE Arduino merupakan aplikasi untuk membuat program *Arduino*, kode program yang ditulis *IDE Arduino* dikenal sebagai *sketch*. *IDE (Integrated Development Environment)* dapat membuat, membuka dan mengubah *source code* pada *Arduino*. Selain itu, *IDE Arduino* juga terintegrasi sebagai *software* dengan kemampuan mengembangkan ide seorang programmer ataupun pemula dibidang pemrograman. *IDE Arduino* menggunakan bahasa pemrograman yang hampir menyerupai bahasa C.

3. METODE PENELITIAN

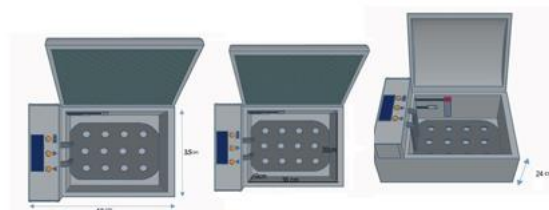
Sebelum dilakukan pembuatan *hardware* untuk alat ini penulis bermaksud membuat perancangan desain gambar terlebih dahulu agar lebih memudahkan dan memberikan gambaran yang jelas kepada pembaca.



Gambar 5. Desain *Water Bath*

Keterangan :

1. Tombol *Control*.
2. *Display LCD*.
3. Sensor Suhu *Terkomopel K*
4. *Heater*

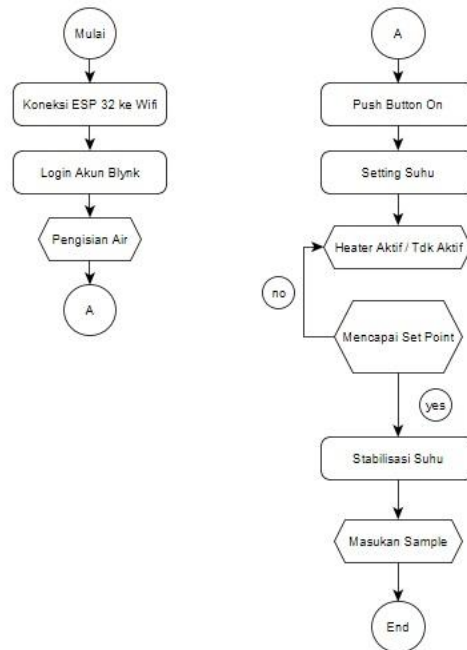


Gambar 6. Desain *Water Bath*

Dimensi *water bath* yaitu panjang 62 cm, lebar 35 cm, tinggi 24 cm sedangkan untuk kapasitas *full volume bath* sebesar 22 liter dengan panjang 38.5 cm, lebar 30.3 cm dan tinggi 19 cm.

3.1 Perancangan Software

Perancangan *software* dibuat dengan menggunakan aplikasi *IDE Arduino*. Didalam aplikasi ini terdapat inialisasi, *void setup* dan *void loop*. Inialisasi berfungsi untuk pemberian nilai awal atau data awal yang dilakukan deklarasi variasi atau obyek. Inialisasi pin pada *software IDE arduino* agar sistem pada alat berjalan sesuai yang diinginkan. Fungsi *void setup* dijalankan pada saat *sketch* atau program *arduino* mulai, selain itu hanya akan dijalankan sekali saja setiap *arduino* mulai atau saat di-*restart*. Fungsi ini digunakan untuk menginisiasi variabel, mendeklarasikan pin yang digunakan, menggunakan *library* dan lain-lain. *Void loop* merupakan program atau perintah yang akan dieksekusi secara terus menerus atau berulang.



Gambar 7. Flowchart Penelitian

Penjelasan *flowchart* :

Di saat pertama kali alat aktif, kontrol unit utama yaitu *ESP32* akan melakukan koneksi dengan jaringan *Wi-Fi* untuk terhubung dengan internet lalu melakukan inialisasi pada *LCD*. *User* melakukan *login* pada akun *Blynk* dan masuk ke menu *dashboard* untuk melakukan kontrol pada suhu aktual. Selanjutnya lalu isikan *chamber waterbath* dengan air destilasi atau air *PDAM*. Sistem akan memberikan sinyal pada *blok driver relay* agar dapat mengaktifkan elemen panas (*heater*) untuk proses pemanasan. Saat *heater* telah aktif perubahan suhu akan terjadi di dalam *chamber water bath* dan dapat diketahui variabel suhunya dari sensor suhu. Saat suhu pada *chamber* telah mencapai sama dengan nilai suhu yang di-setting maka akan terjadi stabilisasi suhu di dalam *chamber* pada waktu yang bersamaan masukan sampel yang akan diuji. Selama itu suhu *chamber* akan selalu distabilkan melalui *driver heater*. Saat suhu *chamber* mencapai suhu setting, *heater* akan mati dan saat suhu *chamber* dibawah suhu setting maka *heater* akan aktif. *Driver* akan terus mengendalikan *heater* selama stabilisasi. *User* dapat mengetahui parameter aktual dari alat tersebut tanpa mendatangi langsung alatnya dengan melihat *dashboard IoT Blynk*. Di dalam nya terdapat indikator nilai suhu aktual di dalam *chamber* dan level air dari *chamber*.



4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengujian Suhu *Water Bath*

Aspek pengujian suhu *water bath* ini terdiri dari pengukuran suhu aktual *water bath* yang dibandingkan dengan standar alat ukur yang sudah terkalibrasi yaitu Temperatur *Recorder* dan *Termokopel* tipe T.

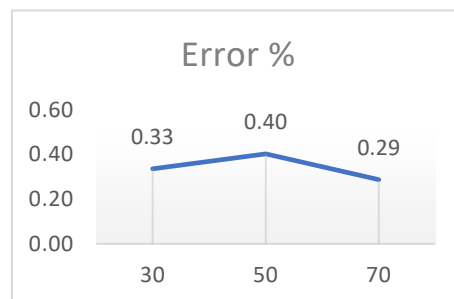
Pengujian pertama :

Tabel 1. Pengujian 1 Suhu *Water Bath*

STD (°C)	UUT (°C)	Koreksi (°C)	Error (%)
29.9	30.00	-0.10	0.33
49.8	50.00	-0.20	0.40
69.8	70.00	-0.20	0.29

Dapat dilihat dari tabel diatas, pengujian suhu antara nilai aktual *display water bath* dan *smartphone* dibandingkan dengan nilai standar pada pengukuran pada titik 30 terdapat selisih -0.10 °C dan *error* 0.33 %, pada titik 50 °C terdapat selisih -0.20 °C dan *error* 0.40 %, pada titik 70 °C terdapat selisih -0.20 °C dan *error* 0.29 %. Pada pengujian pertama ini selisih terkecil terdapat pada pengukuran titik ukur 50 dan 70 °C dan selisih terbesar pada pengukuran titik 30 °C sedangkan *error* terkecil terdapat pada pengukuran titik 70 °C dan *error* terbesar pada pengukuran titik 50 °C.

Dapat kita lihat dari gambar grafik pengukuran untuk *error* adalah sebagai berikut:



Gambar 8. Grafik 1 suhu *Water Bath*

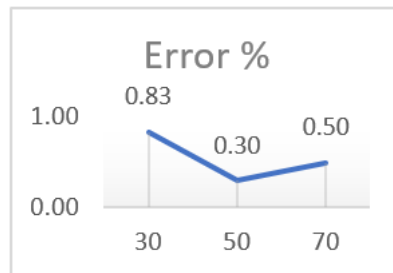
Pengujian kedua :

Tabel 2. Pengujian 2 Suhu *Water Bath*

STD (°C)	UUT (°C)	Koreksi (°C)	Error (%)
30,0	30.25	-0.25	0.83
50,6	50,75	-0.15	0.30
70,4	70,75	-0.35	0.50

Dapat dilihat dari tabel diatas, pengujian suhu antara nilai aktual *display water bath* dan *smartphone* dibandingkan dengan nilai standar pada pengukuran pada titik 30 terdapat selisih -0.25 °C dan *error* 0.83 %, pada titik 50 °C terdapat selisih -0.15 °C dan *error* 0.30 %, pada titik 70 °C terdapat selisih -0.35 °C dan *error* 0.50 %. Pada pengujian kedua ini selisih terkecil terdapat pada pengukuran titik ukur 70 °C dan selisih terbesar pada pengukuran titik 50 °C sedangkan *error* terkecil terdapat pada pengukuran titik 50 °C dan *error* terbesar pada pengukuran titik 30 °C.

Dapat kita lihat dari gambar grafik *error* adalah sebagai berikut :



Gambar 9. Grafik 2 Suhu *Water Bath*

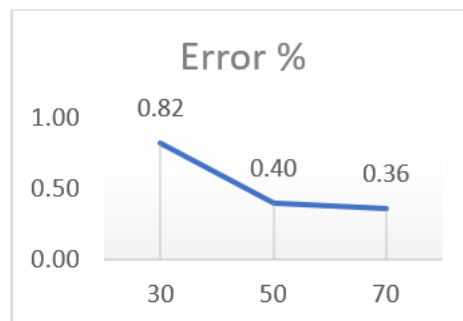
Pengujian ketiga :

Tabel 3. Pengujian 3 Suhu *Water Bath*

STD (°C)	UUT (°C)	Koreksi (°C)	Error (%)
30,5	30,75	-0,25	0,82
50,3	50,50	-0,20	0,40
70,0	70,35	-0,25	0,36

Dapat dilihat dari tabel diatas, pengujian suhu antara nilai aktual display *water bath* dan *smartphone* dibandingkan dengan nilai standar pada pengukuran pada titik 30 terdapat selisih -0.25 °C dan *error* 0.82 %, pada titik 50 °C terdapat selisih -0.20 °C dan *error* 0.40 %, pada titik 70 °C terdapat selisih -0.25 °C dan *error* 0.36 %. Pada pengujian ketiga ini selisih terkecil terdapat pada pengukuran titik ukur 30 dan 70 °C dan selisih terbesar pada pengukuran titik 50 °C sedangkan *error* terkecil terdapat pada pengukuran titik 70 °C dan *error* terbesar pada pengukuran titik 30 °C.

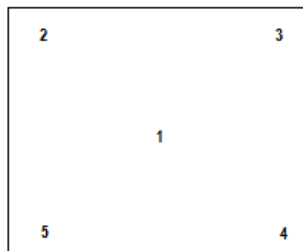
Dapat kita lihat dari gambar grafik *error* adalah sebagai berikut :



Gambar 10. Grafik 3 Suhu *Water Bath*

4.2 Pengujian Homogenitas

Uji homogenitas adalah salah satu metode pengujian dalam statistika untuk mengetahui apakah dua atau lebih sampel dari populasi yang berbeda memiliki distribusi variansi atau karakteristik yang sama. Pengujian homogenitas ini diambil dengan cara menempatkan sensor suhu yang dijadikan sebagai nilai standar yaitu *Termokopel* tipe T di sebaran titik atau posisi *bath* yang sudah ditentukan guna untuk mengetahui nilai suhu di posisi tersebut. Adapun posisi yang ditempatkan tersebut adalah sebagai berikut :



Gambar 11. Pengujian Homogenitas

a. Pengujian Homogenitas (pompa *on*)

Tabel 4. Homogenitas *pump on*

UUT (°C)	Standar (°C)				
	TC1	TC2	TC3	TC4	TC5
31.75	31.2	31.0	31.4	31.2	31.4
50.50	50.1	49.9	49.9	49.7	50.1
70.00	69.9	69.6	69.9	69.5	69.8

Kesimpulan pengujian suhu homogenitas dari table diatas antara pompa *ON* dan pompa *OFF* untuk di *water bath* ini tidak begitu banyak perbedaan suhu yang signifikan dikarenakan pemasangan *heater* yang sudah merata di dalam *bath* sehingga suhu akan merata di dalamnya.

5. KESIMPULAN

Dari hasil perancangan *Water bath* pengatur suhu berbasis *Internet of Things* telah berhasil dilakukan dan diuji. Dapat disimpulkan bahwa :

1. Sistem ini dirancang untuk memfasilitasi pengendalian dan pemantauan proses pengujian suhu yang akurat dengan *ESP32* sebagai mikrokontroler utama pada sistem perancangannya. Sementara *IoT Blynk* menjadikan kontrol dan monitoring dari jarak jauh. Hasil pengujian ini menunjukkan bahwa *water bath* dengan menggunakan *ESP 32* dan *IoT Blynk* mampu merespon *input* dari sensor secara akurat.
2. *Water bath* yang dirancang dilengkapi dengan *LCD 20x4* sehingga pengaturan suhu dapat dipantau secara *digital*. *Termokopel K* digunakan sebagai pendeteksi suhu aktual *water bath*, sedangkan pendeteksi level air menggunakan sensor Ultrasonic. Hasil dari perancangan *LCD*, *Termokopel K* dan sensor Ultrasonic menghasilkan *water bath* yang mudah dioperasikan dan menghasilkan nilai suhu yang akurat.
3. Integrasi antara *ESP32* dan *platform IoT Blynk* berhasil menciptakan sistem yang mampu melakukan kontroling dan monitoring secara *real time* dengan sangat efektif. Dengan waktu respon 0,5 detik, sistem ini dapat menampilkan data secara *real time* dengan kecepatan yang sangat tinggi. Konektivitas antara *ESP32* dan *Blynk* juga stabil selama pengujian, mendukung operasi yang lancar tanpa gangguan. Nilai waktu respon ini menunjukkan bahwa sistem ini sangat cocok untuk digunakan dalam pengambilan keputusan yang membutuhkan informasi cepat.

DAFTAR PUSAKA

Labs, Genecraft. (2021). *Water bath: Pengertian, fungsi, jenis, cara kerja*. Genecraft Labs. <https://genecraftlabs.com/id/water-bath-adalah/>



- Muchsin. (2017). *Perbandingan kendali fuzzy dan kendali PID pada pembuatan mesin pengering cabe dengan pengendalian suhu terhadap kelembaban*. Universitas Muhammadiyah Malang. <https://eprints.umm.ac.id/37334/3/jiptumppp-gdl-muchsin201-50413-3-babii.pdf>
- Mutu, I. (2023). *Ketahui pengertian water bath laboratorium, jenis, fungsi dan cara menggunakannya*. Lab Mutu. <https://www.labmutu.com/2022/10/water-bath-laboratorium.html>
- Prastyo, E. A. (2019). *Arsitektur dan fitur ESP32 (module ESP32) IOT*. Edukasi Elektronika. <https://edukasielektronika.com/2019/07/arsitektur-dan-fitur-esp32-module-esp32.html>
- Standar Nasional Indonesia. (1991). *Campuran beraspal, metode pengujian dengan alat Marshall*. Badan Standardisasi Nasional. <https://pesta.bsn.go.id/produk/detail/2851-sni06-2456-1991>
- Standar Nasional Indonesia. (1991). *Bahan aspal, metode pengujian penetrasi*. Badan Standardisasi Nasional. <https://pesta.bsn.go.id/produk/detail/2820-sni06-2456-1991>
- Universitas Sumatera Utara. (2018). *Instruksi kerja alat laboratorium penelitian: Standar operasional prosedur (SOP) penggunaan laboratorium penelitian*. Universitas Sumatera Utara.
- Wikikomponen. *Teori dasar dan pengertian komponen solid state relay*. Wikikomponen. <https://www.wikikomponen.com/teori-dasar-dan-pengertian-komponen-solid-state-relay/>
- Wahyu, G. (2017). *Cara mengukur ketinggian air menggunakan level air sensor Arduino*. Cronyos. <https://www.cronyos.com/cara-mengukur-ketinggian-air-menggunakan-water-level-sensor-arduino/>