

Pemantauan Suhu dan Kelembaban di Laboratorium Kalibrasi Tekanan dan Volume Berbasis Web Secara *Real Time*

Syafrina Idha Jumaila, Sarah Maulida

D3 Metrologi dan Instrumentasi - ITB

Bandung, Indonesia

Abstrak

Suhu dan kelembaban di laboratorium kalibrasi merupakan suatu besaran yang penting dan harus terpantau, terkendali, serta terekam data hasil pengukuran di setiap harinya. Hal itu dilakukan untuk menjaga kinerja instrumen yang sensitif terhadap perubahan kondisi akomodasi dan lingkungan khususnya perubahan suhu dan kelembaban yang terdapat di laboratorium kalibrasi tersebut. Pemantauan rutin yang biasa dilakukan saat ini adalah pemantauan langsung oleh operator dengan cara memasuki laboratorium kalibrasi untuk membaca alat ukur suhu dan kelembaban yang ada di dalamnya. Keluar masuknya operator dapat mempengaruhi nilai pengukuran suhu dan kelembaban. Beberapa laboratorium kalibrasi tidak memiliki ruang perantara sehingga kondisi lingkungan dari luar merupakan gangguan yang menjadi salah satu faktor kesalahan hasil pengukuran. Pada penelitian ini telah dirancang sebuah sistem pemantauan suhu dan kelembaban berbasis web yang dapat mengurangi faktor kesalahan pengukuran yang diakibatkan oleh operator dan lingkungan, sehingga hasil pengukuran lebih dapat dipercaya. Sistem ini juga dapat menunjang skalabilitas karena sistem tersebut akan memudahkan proses pemantauan dengan jumlah laboratorium kalibrasi lebih dari satu. Perancangan sistem pemantauan hasil pengukuran ini ditunjang oleh perancangan dua purwarupa pengukur suhu dan kelembaban yang kemudian diuji secara bersamaan. Hasil pengujian dianalisis berdasarkan karakteristik statik pengukuran dan pendekatan distribusi normal standar dengan kesimpulan bahwa nilai akurasi dan presisi kedua purwarupa lebih besar dari 90% untuk pengukuran suhu dan nilai batas kesalahan beragam untuk setiap titik acuan pengukuran pada suhu dan kelembaban. Sedangkan untuk kelembaban, karakteristik statik pengukurannya tidak dapat disimpulkan karena pengujian kelembaban tidak dilakukan. Sistem yang dibuat mampu mengukur suhu dari -40oC sampai 80oC dengan ketelitian $\pm 0,1oC$ dan kelembaban dari 0% sampai 100% dengan ketelitian $\pm 5\%$. Pengukuran dicuplik tiap 1 menit dan dikirim ke basis data di server. Aplikasi web yang dibuat mampu menampilkan hasil pengukuran secara online, melihat histori data yang sudah lalu serta menampilkan data dalam bentuk table. Aplikasi dapat diakses secara online melalui web browser.

Kata kunci : arduino, kelembaban, pengukuran, purwarupa, suhu, web

1 Pendahuluan

Suhu dan kelembaban udara merupakan parameter pengukuran yang penting dalam laboratorium kalibrasi. Suhu dan kelembaban pada laboratorium kalibrasi merupakan salah satu faktor yang perubahannya harus terpantau, terkendali, dan terekam sesuai dengan persyaratannya. Rekaman suhu dan kelembaban harus dapat dibaca, disimpan, dan mudah didapat bila diperlukan kembali serta dipelihara agar tidak hilang.

Dalam laboratorium kalibrasi pemantauan suhu dan kelembaban diperlukan untuk menjaga kinerja instrumen yang sensitif terhadap perubahan kondisi akomodasi dan lingkungan. Pemantauan suhu dan kelembaban di laboratorium kalibrasi selama ini dilakukan secara manual, operator harus keluar masuk laboratorium kalibrasi untuk mengambil data suhu dan kelembaban setiap 3 kali sehari (pagi, siang, dan sore). Manusia merupakan sumber kalor dan air (misalnya keringat) yang dapat memberikan kontribusi

kalor sehingga mempengaruhi nilai pengukuran suhu dan kelembaban. Beberapa laboratorium kalibrasi tidak memiliki ruang perantara sehingga membuat kondisi lingkungan luar berpengaruh pada laboratorium kalibrasi tersebut. Hal itu akan berpengaruh pada data pemantauan suhu dan kelembaban. Maka dari itu dibuat alat ukur tanpa campur tangan manusia agar manusia tidak harus hadir dalam laboratorium kalibrasi yang suhu dan kelembabannya diukur.

Untuk mengatasi masalah yang telah dijelaskan sebelumnya, kami mengusulkan pengembangan dalam sistem pemantauan suhu dan kelembaban di Laboratorium Kalibrasi Tekanan dan Volume yang akan diimplementasikan di Direktorat Metrologi Bandung terintegrasi dengan sistem pemantauan suhu dan kelembaban berbasis web yang bisa mendukung skalabilitas. Hal tersebut memungkinkan pemantauan suhu dan kelembaban dalam satu gedung yang memiliki beberapa laboratorium kalibrasi yang dapat terpantau pada jarak jauh.

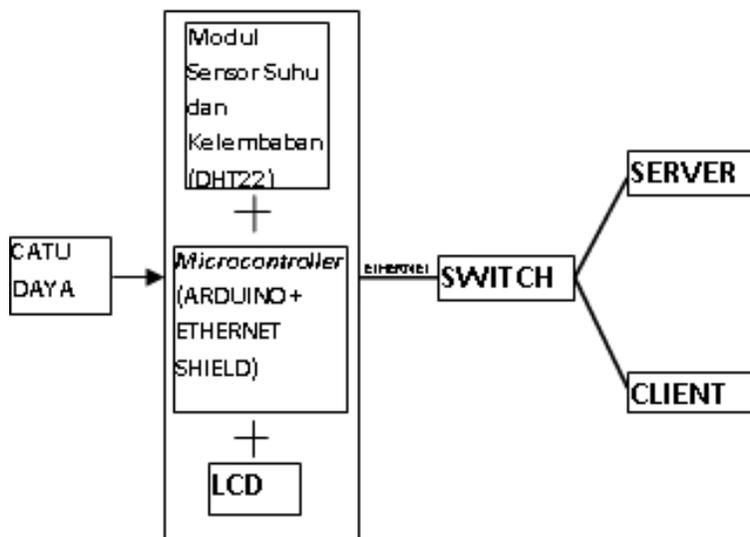
Tujuan dari penelitian ini adalah membuat purwarupa alat pengukur suhu dan kelembaban yang bersifat otomatis dan dapat diintegrasikan dengan sistem pemantauan suhu dan kelembaban berbasis web. Diharapkan sistem pemantauan suhu dan kelembaban berbasis web tersebut dapat menunjang skalabilitas sehingga pemantauan akan lebih efektif dan efisien..

2 Deskripsi Sistem

Metodologi yang diterapkan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

2.1 Arsitektur Perangkat Keras

Perangkat keras yang digunakan pada purwarupa pengujian suhu dan kelembaban menggunakan sensor DHT22, Arduino Uno dan Ethernet Shield. Dalam Arsitektur perangkat keras dirancang blok diagram pengukuran suhu dan kelembaban seperti Gambar 1.



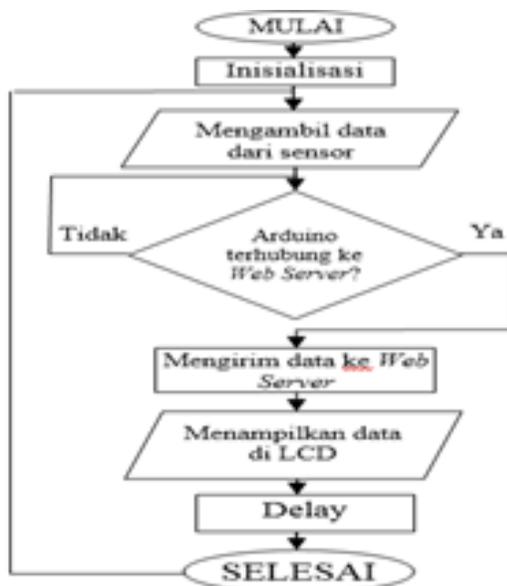
Gambar 1. Arsitektur Perangkat Keras Pengukur Suhu dan Kelembaban Berbasis Web

Dari blok diagram diatas, berikut ini penjelasan masing masing bagian.

1. **Catu Daya**
Bagian ini digunakan untuk mencatu seluruh rangkaian. Catu daya yang digunakan pada perangkat ini berupa adaptor AC/DC dengan tegangan keluaran 5 volt dan arus sebesar 2A. Adaptor ini dihubungkan dengan konektor DC pada microcontroller.
2. **Modul Sensor Suhu dan Kelembaban (DHT22)**
Komponen ini digunakan untuk mengukur suhu dan kelembaban dalam satu waktu. Keunggulan dari sensor ini memiliki sinyal keluaran digital yang dapat langsung diproses oleh microcontroller utama.
3. **Microcontroller Utama**
Microcontroller utama adalah gabungan antara Arduino Uno dengan Ethernet Shield. Bagian ini digunakan untuk mengendalikan seluruh rangkaian dan menyimpan program yang akan digunakan. Komponen ini bekerja pada tegangan operasi 5 volt. Microcontroller ini memiliki jumlah pin sebanyak 28 buah yang cukup digunakan untuk rangkaian minimum.
4. **LCD (Liquid Crystal Display)**
LCD yang digunakan yaitu LCD 16 x 2. Komponen ini digunakan untuk menampilkan karakter tampilan berupa hasil suhu pada baris pertama dan hasil kelembaban pada baris kedua. LCD ini terhubung dengan microcontroller pada port B pin 2 sampai 5 dan port D pin 8 dan 9.
5. **Switch**
Komponen ini merupakan penghubung antar alat yang disambungkan dengan kabel ethernet. Switch berfungsi sebagai pembagi sinyal dan penguat sinyal pada komputer. Switch memiliki banyak port yang memungkinkan beberapa komputer dapat terhubung sehingga switch digunakan untuk jaringan LAN (Local Area Network).
6. **Server**
Bagian yang tidak bisa dipisahkan dalam pengembangan jaringan komputer. Server bertindak sebagai sebuah embedded web server, yang menyimpan halaman web sederhana digunakan untuk menampilkan hasil pengukuran suhu dan kelembaban yang dikirim oleh microcontroller.
7. **Client**
Client akan menampilkan hasil pengukuran suhu dan kelembaban dengan meminta kepada server. Client juga disebut sebagai workstation yaitu komputer yang digunakan oleh penggunannya untuk bekerja.

2.2 Arsitektur Perangkat Lunak

Perangkat lunak purwarupa uji suhu dan kelembaban ini menggunakan berbagai macam instruksi, antara lain instruksi untuk menyalakan sensor DHT22, menampilkan data suhu dan kelembaban di web dan menampilkan data suhu dan kelembaban di LCD. Alur Kerja program adalah seperti pada Gambar 2.



Gambar 2 Flowchart Cara Kerja Perangkat Lunak

Berikut ini penjelasan untuk masing-masing bagian instruksi dari alur kerja program dalam pengukuran suhu dan kelembaban:

1. Inisiasi program
Mikropengendali akan melakukan inisialisasi meliputi nilai-nilai awal variabel, fungsi serta pengaturan berbagai perangkat.
2. Mengambil data suhu dan kelembaban dari sensor
Microcontroller akan meminta secara berulang sensor untuk membaca nilai suhu dan kelembaban
3. Memeriksa Arduino Terhubung ke Web Server
Pada tahap ini jika arduino terhubung ke web server maka arduino akan mengirim data suhu dan kelembaban ke web server, jika tidak terhubung maka akan dipaksa kembali ke tahap sebelumnya untuk mengambil data suhu dan kelembaban.
4. Mengirim Data Suhu dan Kelembaban ke Web Server
Arduino akan mengirim data suhu dan kelembaban ke web server sehingga data suhu dan kelembaban dapat ditampilkan di web server
5. Menampilkan data suhu dan kelembaban di LCD
Suhu dan Kelembaban kemudian ditampilkan di LCD, dengan format:
Suhu : $T = (\text{Nilai_Suhu})\text{ C}$
Kelembaban : $H = (\text{Nilai_Kelembaban})\%$
6. Delay
Delay merupakan waktu tunda yang di atur untuk mengirim data suhu dan kelembaban ke web server dan LCD.

3 Hasil dan Pembahasan

Pengujian alat ukur uji dilakukan dalam 5 titik pengukuran dengan data yang diambil tiap titik sebanyak 40. Titik pengujian yang digunakan adalah 24°C, 22 °C, 20 °C, 18 °C, dan 16 °C. Kelima titik tersebut dipilih dengan mempertimbangkan batas suhu maksimum dan

minimum suhu laboratorium kalibrasi tekanan dan volume yang bernilai 22 °C dan 18 °C. Dari kedua batas suhu tersebut, diambil suhu tengah yang bernilai 20 °C serta dua buah titik pengujian yang berada di luar suhu batas yaitu 24 °C dan 16 °C. Hasil pengujian kemudian dianalisis untuk mendapatkan karakteristik statik dari alat ukur berupa ketelitian (akurasi), ketepatan (presisi), bias, kesalahan. Pengujian dilakukan dengan metode menurunkan suhu dimulai dari 24 °C sampai 16 °C dengan pengolahan data hasil pengujian yang dikelompokkan sebagai berikut:

3.1 Hasil Pengujian Purwarupa dan Analisis

3.1.1 Pengujian dengan Titik Acuan bernilai 24°C

Tabel 1 Hasil Pengolahan Data Pengukuran dengan Titik Acuan bernilai 24°C

	PURWARUPA I		PURWARUPA II		STANDAR	
	°C	%RH	°C	%RH	°C	%RH
μ	23,4	83	23,7	79	24,2	84
Σ	0,152	6,9	0,098	7,1	0,141	3,9
σ^2	0,023	47,8	0,009	50,2	0,019	15,3
Akurasi	95%	74%	97%	68%		
Presisi	98%	75%	99%	73%		
Bias	0,8	0,7	0,5	5,7		
Kesalahan	5%	26%	3%	32%		
Toleransi	± 0.5	± 21	± 0.3	± 21		

3.1.2 Pengujian dengan Titik Acuan Bernilai 22°C

Tabel 1 Hasil Pengolahan Data Pengukuran dengan Titik Acuan bernilai 22°C

	PURWARUPA I		PURWARUPA II		STANDAR	
	°C	%RH	°C	%RH	°C	%RH
μ	21,8	75	22,1	71	22.4	78
σ	0,149	9,9	0,130	9,3	0,120	6,1
σ^2	0,022	97,4	0,017	85,9	0,014	37,4
Akurasi	96%	59%	97%	55%		
Presisi	98%	61%	98%	61%		
Bias	0,5	2,4	0,2	7,1		
Kesalahan	4%	41%	3%	45%		
Toleransi	± 0.4	± 30	± 0.4	± 28		

3.1.3 Pengujian dengan Titik Acuan Bernilai 20°C

Tabel 2 Hasil Pengolahan Data Pengukuran dengan Titik Acuan bernilai 20°C

	PURWARUPA I		PURWARUPA II		STANDAR	
	°C	%RH	°C	%RH	°C	%RH
μ	19,9	76	20,2	70	20.3	77
σ	0,160	10,0	0,118	9,8	0,115	5,5
σ^2	0,025	99,0	0,014	96,5	0,013	30,6
Akurasi	96%	59%	97%	52%		
Presisi	98%	61%	98%	58%		
Bias	0,4	1,7	0,2	7,8		
Kesalahan	4%	41%	3%	48%		
Toleransi	± 0.5	± 30	± 0.4	± 28		

3.1.4 Pengujian dengan Titik Acuan Bernilai 18°C

Tabel 3 Hasil Pengolahan Data Pengukuran dengan Titik Acuan bernilai 18°C

	PURWARUPA I		PURWARUPA II		STANDAR	
	°C	%RH	°C	%RH	°C	%RH
μ	18,2	67	18,4	62	18,5	75
σ	0,219	12,5	0,159	11,7	0,148	6,8
σ^2	0,048	157,5	0,025	136,9	0,022	46,6
Akurasi	94%	40%	97%	36%		
Presisi	96%	44%	97%	44%		
Bias	0,4	7,6	0,1	12,6		
Kesalahan	6%	60%	3%	64%		
Toleransi	± 0.7	± 40	± 0.5	± 35		

3.1.5 Pengujian dengan Titik Acuan Bernilai 16°C

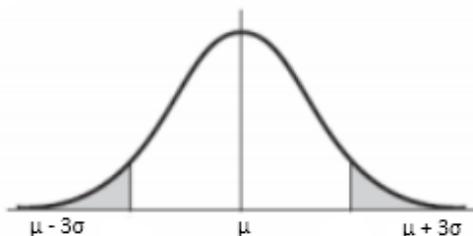
Tabel 4 Hasil Pengolahan Data Pengukuran dengan Titik Acuan bernilai 16°C

	PURWARUPA I		PURWARUPA II		STANDAR	
	°C	%RH	°C	%RH	°C	%RH
μ	16,2	66	16,4	61	16,5	74
σ	0,233	13,2	0,163	12,9	0,136	8,0
σ^2	0,054	174,7	0,026	166,2	0,018	63,8
Akurasi	94%	36%	97%	30%		
Presisi	96%	40%	97%	36%		
Bias	0,3	7,4	0,1	12,9		
Kesalahan	6%	64%	3%	70%		
Toleransi	± 0.7	± 40	± 0.5	± 39		

Hasil pengujian pun dapat didekati secara kualitatif bila dibuat rentang asumsi yang merepresentasikan nilai kualitatif yang didapat. Bila nilai yang lebih besar dari 90% dianggap memiliki hasil kualitatif yang baik, maka tingkat akurasi dari kedua purwarupa dapat dikatakan baik dalam mengukur besaran suhu. Selanjutnya bila nilai lebih kecil dari 75% dianggap memiliki hasil kualitatif yang buruk, maka tingkat presisi dari kedua purwarupa dapat dikatakan buruk untuk mengukur besaran kelembaban.

Dalam pengolahan data hasil pengujian berdasarkan karakteristik statik tersebut, dilakukan pula analisis menengai nilai toleransi yang merupakan batas kesalahan yang dimiliki alat untuk setiap titik pengukuran yang berbeda. Analisis mengenai batas kesalahan tersebut dilakukan melalui pendekatan distribusi normal standar dengan ketentuan data sampel harus berjumlah lebih besar dari 30 sampel.

Dengan menggunakan nilai rata-rata dan standar deviasi dari 40 sampel hasil pengukuran tiap titik acuan, analisis dapat dilakukan melalui pendekatan distribusi normal standar sehingga diperoleh tingkat kepercayaan hasil pengukuran sebesar 99,73% dengan ketentuan interval hasil pengukuran $\pm 3\sigma$. Sehingga dapat disimpulkan, bahwa tiap titik pengukuran memiliki sebaran seperti pada Gambar 3.



Gambar 3 Sebaran Pengukuran dengan Tingkat Kepercayaan 99,73%

Ketentuan interval hasil pengukuran $\pm 3\sigma$ tersebut merupakan juga nilai dari batas kesalahan alat uji, yang dapat dikatakan pula nilai toleransi seperti yang terlihat pada tabel pengolahan data dan hasil pengujian. Sehingga hasil pengukuran untuk setiap titik acuan dapat ditulis dengan $\mu \pm 3\sigma$.

Analisis kesalahan hasil pengukuran yang terjadi pada proses pengujian adalah sebagai berikut:

1. Kesalahan yang berasal dari alat ukur (sistemik)
Sebagai alat ukur elektronik yang menampilkan hasil ukur secara digital, kesalahan hasil pengukuran pun dapat dipengaruhi oleh rangkaian elektronik elektronika di dalam alat ukur yang bersangkutan. Pada rangkaian elektronik yang diberi daya listrik, akan dimungkinkan terjadinya perpindahan kalor sehingga menyumbang faktor kesalahan untuk pengukuran, terutama pengukuran suhu. Untuk pengukuran kelembaban, sangat dipengaruhi oleh usia alat, karena semakin tua suatu alat ukur kelembaban, akan semakin memberikan penyimpangan terhadap hasil ukur kelembabannya. Penggunaan dalam jangka panjang pun dapat menurunkan performansi alat yang berkaitan pula dengan hasil pengukuran.
2. Kesalahan yang berasal dari operator (paralaks)
Dua orang yang melakukan pengukuran secara bergantian dengan alat ukur dan kondisi ukur yang sama mungkin akan menghasilkan data ukur yang berbeda. Kesalahan pun dapat terjadi ketika alat ukur standar menunjukkan hasil pengukuran secara cepat dan tidak stabil, sehingga operator harus memutuskan sendiri nilai untuk hasil pengukuran yang dianggap benar tersebut. Pengujian ini dilakukan dalam rentang waktu satu menit yang memungkinkan terjadinya beda waktu pencatatan
3. Kesalahan random
Kesalahan random merupakan kesalahan dari berbagai sebab yang tidak dapat dihindarkan. Kesalahan random tidak dapat dihilangkan tetapi dapat dikurangi dengan penggunaan metode yang tepat dan pengondisian yang telah diperhitungkan. Salah satu contoh kesalahan random saat pengujian adalah didapatkannya hasil pengukuran yang menyimpang jauh dari rangkaian data hasil ukur sebelumnya, data seperti ini biasa disebut data *outliers*.

3.2 Hasil Pengukuran Berbasis Web

Web merupakan perangkat lunak yang digunakan untuk memantau hasil pengukuran secara *real time* dan dalam jarak jauh. *Web* ini memiliki beberapa fitur penunjang yang memberi kemudahan di setiap halaman *web*-nya. Halaman kerja pada *web* ini berjumlah 4, terdiri dari halaman masuk, halaman utama, halaman grafik pengukuran, dan halaman tabulasi hasil pengukuran.

Halaman masuk merupakan halaman awal dengan satu hak akses dengan nama pengguna: Sarah dan kata sandi: syafrinaidha. Setelah admin berhasil masuk, halaman *web* akan teralihkan ke halaman utama (beranda) yang merupakan induk halaman, berisi data hasil pengujian saat itu juga yang menampilkan hasil pengukuran bersamaan dengan tampilnya hasil pengukuran pada LCD purwarupa.

Hasil pengukuran suhu dan kelembaban pun dapat tampil dalam bentuk grafik *realtime* yang bersifat dinamis dan bentuk grafik *historical* yang bersifat statis. Grafik *realtime* menampilkan data hasil pengukuran yang terus bergerak sesuai masukan data dari alat ukur dalam waktu tunda yang sesuai dengan waktu yang diperlukan alat ukur untuk mengirimkan data hasil pengukuran. Sedangkan grafik *historical* menampilkan data hasil pengukuran berdasarkan waktu yang diinginkan sehingga grafik ini tidak bergerak karena

menampilkan data yang telah tersimpan. Dalam halaman grafik ini terdapat form untuk memasukkan kata kunci waktu pada hasil pengukuran yang diinginkan, berdasarkan tanggal, bulan, tahun serta jam, menitnya.

Selain tampil dalam bentuk grafik, hasil pengukuran pun ditunjukkan dalam bentuk tabel yang disertai fitur pencarian berdasarkan kata kunci yang berhubungan dengan hasil pengukuran. Kata kunci yang digunakan tidak hanya berdasarkan waktu, tetapi juga berdasarkan nilai pengukurannya.

Fungsionalitas web sebagai perangkat lunak dapat diuji berdasarkan keberjalanan setiap halaman web sesuai dengan tujuannya. Setiap lembar kerja yang dirancang pada web ini sudah bekerja sebagaimana mestinya dengan kesinambungan terhadap waktu untuk menampilkan setiap perubahan pengukuran. Dengan kata lain, pemantauan hasil pengukuran suhu dan kelembaban berbasis web secara *realtime* telah tercapai, dibuktikan dengan tidak adanya waktu tunda pada halaman utama web dan LCD purwarupa dalam menunjukkan hasil pengukuran. **Gambar 4** diambil pada pukul 18:55 saat halaman utama web dan LCD purwarupa menunjukkan hasil pengukuran yang sama.



Gambar 4 Proses Pengujian Purwarupa dan Web

4 Penutup

4.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengerjaan dan pengujian yang dilakukan pada tugas akhir ini, maka dapat disimpulkan bahwa :

1. Purwarupa alat pengukur suhu dan kelembaban dapat diintegrasikan dengan sistem berbasis web sehingga hasil pengukuran suhu dan kelembaban dapat dipantau secara langsung dari mana saja (dalam satu gedung) dengan menggunakan web browser.
2. Purwarupa dapat mengukur suhu dalam rentang $22^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$, dengan nilai kepercayaan 95,45%, batas kesalahan beragam untuk setiap titik acuan pengukuran.
3. Purwarupa dapat mengukur kelembaban dalam rentang 0% sampai 100%, tetapi karena pengondisian kelembaban tidak dapat dilakukan di ruang uji, pengujian kelembaban tidak dapat dilakukan.
4. Sistem pemantauan berbasis web dapat menampilkan hasil pengukuran dalam bentuk data real time, grafik real time dan historical, serta dalam bentuk tabulasi.

4.2 Saran

Adapun saran sebagai perbaikan dan pengembangan selanjutnya dari purwarupa alat uji suhu dan kelembaban yaitu sebagai berikut:

Pada dasarnya, tujuan dibuatnya purwarupa pengujian suhu dan kelembaban adalah untuk kepentingan pengembangan sistem pemantauan suhu dan kelembaban laboratorium kalibrasi dengan berbasis web. Pada kenyataannya, purwarupa yang dibuat belum cukup optimal, sehingga masih diperlukan perbaikan. Adapun saran yang dapat diberikan untuk pengembangan purwarupa ini adalah perlunya ruang uji yang dilengkapi alat pengondisi kelembaban agar pengujian kelembaban dapat dilakukan.

5 Daftar Pustaka

- [1] SNI ISO/IEC 17025 - Pusat Jaminan Mutu. <http://pjm.ub.ac.id/wp-content/uploads/2016/04/SNI-ISO-IEC-17025-2008-Standard.pdf>. Tanggal akses 9 Mei 2016.
- [2] OIML R 114 - Organisation Internationale de Métrologie Légale. https://www.oiml.org/en/files/pdf_r/r114-e95.pdf. Tanggal akses 31 Mei 2016.
- [3] Datasheet DHT22. <https://cdn-shop.adafruit.com/datasheets/Digital+humidity+and+temperature+sensor+AM2302.pdf>. Tanggal akses 20 Januari 2016.
- [4] Data sheet Arduino Uno. <http://www.farnell.com/datasheets/1682209.pdf>. Tanggal akses 25 Januari 2016.
- [5] Data sheet Arduino Ethernet Shield. <http://www.robotshop.com/media/files/pdf/datasheet-im120911007.pdf>. Tanggal akses 25 Januari 2016.
- [6] Membuat template bootstrap. <https://github.com/BlackrockDigital/startbootstrap-sb-admin-2/archive/v1.0.8.zip> bukan yg ada sb-admin-2. Tanggal akses 5 Februari 2016
- [7] Arduino library for DHT11/DHT22, etc Temp & Humidity Sensors. <https://github.com/adafruit/DHT-sensor-library>. Tanggal akses 24 Februari 2016.
- [8] PHP,MySQLI,HTML. www.w3schools.com. Tanggal akses 25 Februari 2016.
- [9] Cara Mengirim Data Dari Arduino Ethernet Ke Database MySQL Localhost Komputer. <file:///C:/Users/Se7en/Downloads/arduino%20library/Cara%20Mengirim%20Data%20Dari%20Arduino%20Ethernet%20Ke%20Database%20MySQL%20Localhost%20Komputer.htm>. Tanggal akses 19 maret 2016.
- [10] Data tables, membuat pagination. https://datatables.net/examples/basic_init/zero_configuration.html. Tanggal akses 21 Maret 2016.

- [11]LCD ke Arduino. <http://www.arduinoecia.com.br/2015/02/sensor-de-temperatura-e-umidade-dht22.html>. Tanggal akses 25 Maret 2016
- [12]Export data to excel/pdf
<https://datatables.net/extensions/buttons/examples/initialisation/export.html>,
<http://startbootstrap.com/template-overviews/sb-admin-2/>,
<https://github.com/BlackrockDigital/startbootstrap-sb-admin-2/archive/v1.0.8.zip>.
Diakses 7 April 2016.
- [13]Laboratorium Volume.
http://sppk.kemendag.go.id/pages/kalibrasi/kalibrasi_lab_volume. Tanggal akses 24 April 2016.
- [14]Laboratorium Gaya dan Tekanan.
http://sppk.kemendag.go.id/pages/kalibrasi/kalibrasi_lab_gt. Tanggal akses 24 April 2016.
- [15]DHT11 & DHT22 Sensors Temperature and Humidity Tutorial using Arduino.
<http://howtomechatronics.com/tutorials/arduino/dht11-dht22-sensors-temperature-and-humidity-tutorial-using-arduino/>. Tanggal akses 4 Mei 2016.
- [16]Kapasitif Sensor. http://www.academia.edu/7753406/Kapasitif_Sensor. Tanggal akses 7 Mei 2016.
- [17]Apache sebagai Aplikasi Web Server.
<https://books.google.co.id/books?id=gROdLQ9vYuEC&pg=PR5&dq=apache+sebagai+web+server&hl=en&sa=X&ved=0ahUKEwjYrarvylXNAhUneaYKHZOtANOQ6AEIHTAA#v=onepage&q=apache%20sebagai%20web%20server&f=false>. Tanggal akses 31 Mei 2016.
- [18]MySQL sebagai Aplikasi Database.
<https://books.google.co.id/books?id=Sdl8sLX7B88C&pg=PA181&dq=mysql+sebagai+database&hl=en&sa=X&ved=0ahUKEwj-9qKfyYXNAhWI3aYKHcrfCeEQ6AEIjzAC#v=onepage&q=mysql%20sebagai%20databas e&f=false>. Tanggal akses 31 Mei 2016.
- [19]Rochim, Taufiq.2001. *Spesifikasi, Metrologi, dan Kontrol Kualitas Geometrik*. Bandung: ITB.
- [20]092810_Distribusi_Normal_T.pdf (Materi Kuliah)