

# Triple Modular Redundancy Dengan Power Switching Otomatis Pada Sistem Pengukuran Suhu Dan Kelembapan

Merinda Syukurilla<sup>1</sup>, Hariyanto<sup>2</sup>, Bowo Prakoso<sup>3</sup>

<sup>1,2</sup>Sekolah Tinggi Meteorologi Klimatologi dan Geofisika, Jakarta

<sup>3</sup>Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika, Jakarta

<sup>1</sup>memerila.16@gmail.com, <sup>2</sup>hariyanto@stmkg.ac.id, <sup>3</sup>prakosonic@gmail.com

**Abstrak**— Pengamatan suhu dan kelembapan saat ini pada umumnya menggunakan sistem pengamatan tunggal, yaitu satu paramater cuaca hanya diamati/diukur oleh satu alat ukur saja, apabila alat ukur mengalami kegagalan fungsi maka alat ukur tidak dapat menghasilkan data. Penelitian ini menggunakan lima sensor suhu dan kelembapan DHT22 yang dihubungkan ke mikrokontroler ATmega2560 untuk pemrosesan lanjutan. Data yang telah diolah kemudian ditampilkan pada LCD dan PC dan disimpan di mikroSD. Power switching berjalan secara otomatis berdasarkan waktu yang merujuk pada tanda waktu RTC. Algoritma Triple Modular Redundancy (TMR) menggunakan teknik *majority vote*, dimana teknik ini akan memilih minimal dua nilai keluaran sensor yang sama, jika nilai keluaran tidak ada yang sama, maka dicari nilai keluaran sensor mempunyai nilai selisih yang paling kecil. Hasil dari pengembangan sistem pengukuran suhu dan kelembapan menggunakan metode TMR jika salah satu sensor gagal, maka sistem masih dapat menghasilkan nilai keluaran dari dua buah sensor yang masih baik.

**Kata Kunci** : Suhu, Kelembapan, *Triple Modular Redundant*, *Majority Vote*

**Abstract**— *Observation of temperature and humidity is currently using a single observation system, i.e. one weather parameter is measured by a single sensor; consequently, failure of a single sensor is often leads to data loss. Integrating multi-sensors in a measurement system is proposed as this study uses five DHT22 temperature and humidity sensors which are connected to microcontroller ATmega2560 for advanced processing, Processed data will be displayed on LCD and PC and also stored in installed micro SD card. Automatic Power Switching uses RTC as a timer tool, hence the system can switch power periodically Triple Modular Redundant measurement system uses majority vote, which will select at least two sensor outputs with the same value or almost the same. The design of temperature and humidity measurement system using TMR method is ensuring the continuity of measurement activity; if one of three sensors is failed, then the system can still picks measured values from two active sensors*

**Keyword** : *Temperatur, Humidity, Triple Modular Redundant, majority vote*

## I. PENDAHULUAN

Pengamatan suhu dan kelembapan pada umumnya saat ini masih menggunakan metode pengukuran dengan sensor tunggal, yaitu satu paramater cuaca hanya diamati/diukur oleh satu alat ukur saja, kelemahan dari metode ini ialah jika alat ukur mengalami kegagalan fungsi maka sistem pengukuran tidak dapat menghasilkan data.

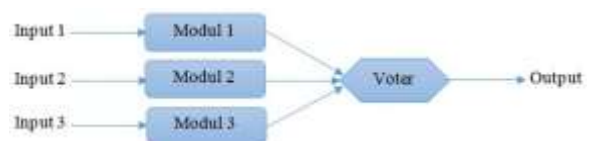
Penelitian ini bertujuan membangun sistem yang dapat menghasilkan kualitas data yang baik dibanding sistem pengamatan tunggal dengan mengembangkan sistem pengukuran suhu dan kelembapan udara menggunakan sensor DHT22 dan ATmega2560 sebagai mikrokontroler. Metode yang digunakan adalah *Triple Modular Redundancy (TMR)* dengan dilengkapi *switching* daya otomatis agar dapat meminimalisir kegagalan fungsi dari sistem pengukuran dengan sensor tunggal. *Fault tolerance* diterapkan dengan *redundancy* perangkat keras yaitu me-replikasi modul, jika terdapat satu sensor rusak maka terdapat sensor lain yang masih bisa melakukan pengukuran (Isermann, 2006). Modul yang tidak dapat memberikan hasil baik dikarenakan kegagalan fungsi, maka modul tersebut tidak perlu melakukan eksekusi untuk menghasilkan output sama sekali (Norvag, 2000). Dengan metode ini, kontinuitas pengukuran menjadi lebih baik. Namun demikian, peningkatan keandalan alat pengukuran merupakan dampak kecil dari penguatan reliabilitas system, sedangkan yang lebih utama adalah kemampuan recovery dari kegagalan melalui *fault tolerant system* dengan yang dimungkinkan dengan *redundancy* (Rohr A, 2003).

## II. METODE PENELITIAN

### 2.1 Teori Dasar

Prinsip dasar *Triple Modular Redundancy (TMR)* adalah melipatgandakan *hardware* dan menambahkan sebuah *voter* di posisi output (Hentschke, R., dkk. 2002).

TMR menggunakan tiga modul yang sama, bekerja bersamaan, dan mendapatkan sinyal masukan yang sama untuk mewujudkan sistem *fault tolerant*. Keluaran modul TMR dipilih dengan teknik *voting* dari tiga keluaran modul. *Voter* merupakan bagian pemilih dari ketiga keluaran modul yang kemudian diproses pada tahap berikutnya, seperti pada Gambar 1 Blok diagram TMR (Basjarudin, 2009).



**Gambar 1.** Blok Diagram TMR Teknik *Voting* yang digunakan dalam TMR

antara lain:

- Majority vote* : Nilai *output* sensor yang dipilih adalah minimal dari 2 nilai *ouput* sensor yang sama. Jika satu sensor tidak berfungsi maka *output* sensor yang dipilih didasarkan pada dua *output* sensor yang lain.
- Mid-value vote* : Nilai *output* sensor yang dipilih adalah nilai *output* sensor yang nilainya merupakan nilai

tengah (*median*).

- c. *Mean value vote* : Nilai *output* sensor yang dipilih adalah nilai rata-rata dari nilai *output* masing-masing sensor.

TMR dipilih karena memiliki keandalan tinggi untuk mendeteksi kerusakan perangkat baik yang bersifat insidental, sementara, maupun gangguan fungsional termasuk kerusakan total suatu perangkat. (Habinc, 2002)

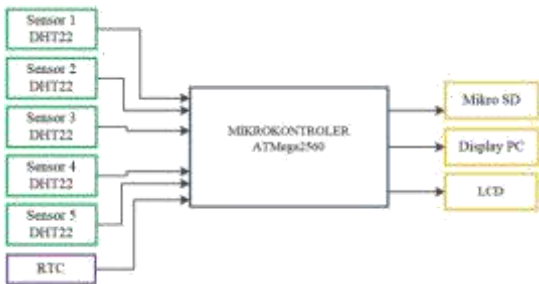
**2.2 Alat dan Bahan**

Alat dan bahan yang digunakan sebagai berikut:

- a. Modul sensor DHT22 sebagai sensor pengukur suhu dan kelembaban.
- b. Mikrokontroler ATmega2560 sebagai pemroses keluaran data sensor
- c. LCD dan I2C sebagai penampil keluaran data.
- d. Modul RTC sebagai penanda waktu *real time* otomatis.
- e. Modul MikroSD sebagai penyimpan data.
- f. *Software* Visual Basic sebagai *interface* pada PC

**2.3 Perancangan Sistem**

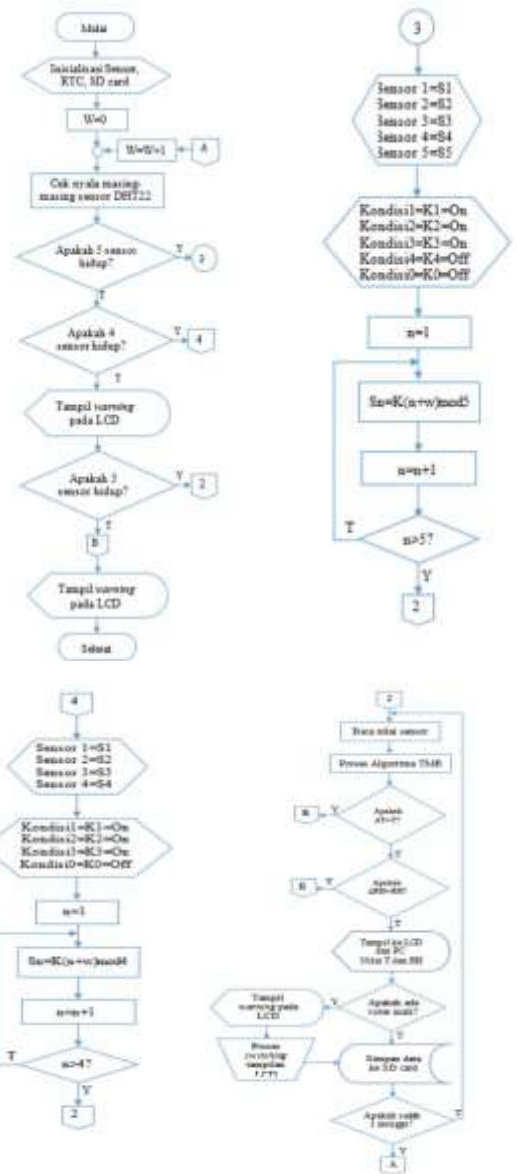
Blok diagram perancangan sistem secara keseluruhan ditunjukkan di Gambar 2.



**Gambar 2.** Blok Diagram Sistem

Lima sensor suhu dan kelembaban DHT22 sebagai inputan. Kelima sensor suhu dan kelembaban dihubungkan ke mikrokontroler ATmega2560 melalui kabel. Data keluaran dari sensor akan diproses dan diolah di dalam mikrokontroler ATmega2560. Data yang telah diolah oleh mikrokontroler ATmega2560 ditampilkan pada LCD dan PC melalui kabel USB. Hasil pengukuran disimpan di mikroSD *card* sebagai *back up* data dalam format *.txt*. Sistem ini juga dilengkapi dengan RTC sebagai penanda waktu *real time* otomatis.

Diagram alir sistem menjelaskan mulai dari proses inialisasi sensor DHT22, RTC, SDcard, proses pengecekan sensor, sampai proses algoritma TMR dapat dilihat pada Gambar 3.



**Gambar 3.** Diagram Alir

Proses pergantian aktif dan mati sensor ketika kondisi 5 sensor aktif diatur sesuai pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Kondisi 5 Sensor Hidup

Sensor \ Minggu	1	2	3	4	5
I	On	On	On	Off	Off
II	Off	On	On	On	Off
III	Off	Off	On	On	On
IV	On	Off	Off	On	On
V, dst	On	On	Off	Off	On

Kondisi jika jumlah sensor yang hidup 5 sensor dapat ditunjukkan pada Tabel 1. Kondisi sensor berubah setiap seminggu sekali. Pada minggu pertama, sensor yang *on* adalah sensor 1, sensor 2, sensor 3 sedangkan Sensor 4 dan 5 dalam keadaan *off*. Pada minggu kedua sensor yang *on* adalah sensor 2, sensor 3, sensor 4 sedangkan sensor 1 dan 5 dalam keadaan *off*. Pada minggu ketiga sensor yang

adalah sensor 3, sensor 4, sensor 5 sedangkan sensor 1 dan 2 dalam keadaan *off*. Pada minggu keempat sensor yang *on* adalah sensor 4, sensor 5, sensor 1 sedangkan Sensor 2 dan 3 dalam keadaan *off*. Pada minggu kelima sensor yang *on* adalah sensor 5, sensor 1, sensor 2 sedangkan Sensor 3 dan 4 dalam keadaan *off* dan begitu seterusnya.

Proses pergantian hidup dan mati sensor ketika kondisi 4 sensor hidup diatur sesuai pada Tabel 2 dibawah ini.

**Tabel 2.** Kondisi 5 Sensor Hidup

Sensor \ Minggu	1	2	3	4
I	On	On	On	Off
II	Off	On	On	On
III	On	Off	On	On
IV, dst	On	On	Off	On

Kondisi jika jumlah sensor yang *on* 4 dapat ditunjukkan pada Tabel 3. Kondisi sensor berubah setiap seminggu sekali, pada minggu pertama sensor yang *on* adalah sensor 1, sensor 2, sensor 3 sedangkan Sensor 4 dalam keadaan *off*. Pada minggu kedua sensor yang *on* adalah sensor 2, sensor 3, sensor 4 sedangkan sensor 1 dalam keadaan *off*. Pada minggu ketiga sensor yang *on* adalah sensor 3, sensor 4, sensor 1 sedangkan sensor 2 dalam keadaan *off*. pada minggu keempat sensor yang *on* adalah sensor 4, sensor 1, sensor 2 sedangkan Sensor 3 dalam keadaan *off* dan begitu seterusnya. Proses algoritma TMR sesuai pada Tabel 3.

**Tabel 3.** Algoritma TMR

Perbandingan	Output
$A = B, B = C, A = C$	$A // B // C$
$A \neq B, B = C, A \neq C$	$B // C$
$A \neq B, B \neq C, A = C$	$A // C$
$A = B, B \neq C, A \neq C$	$A // B$
$A \neq B, B \neq C, A \neq C$	Sesuai Ketentuan

Tabel 2 menjelaskan algoritma TMR untuk keluaran nilai TMR, dengan perbandingan sensor sebagai berikut : dimisalkan nilai keluaran sensor A, B, dan C. Jika nilai  $A = B$  dan  $B = C$  dan  $A = C$  maka nilai keluaran sensor A atau B atau C. Jika nilai  $A \neq B, B = C, A \neq C$  maka nilai keluaran sensor B atau C. Jika nilai  $A \neq B, B \neq C, A = C$  maka nilai keluaran sensor A atau C. Jika  $A = B, B \neq C, A \neq C$  maka nilai keluaran sensor A atau B. Jika  $A \neq B, B \neq C, A \neq C$  maka akan dicari nilai keluaran yang berada pada rentang  $\pm 0,2^{\circ}\text{C}$  untuk nilai suhu dan  $\pm 5\%$  untuk nilai kelembaban (WMO, 2014), jika ada nilai yang sama pada rentang yang ditentukan, maka nilai tersebut akan muncul sebagai hasil TMR.

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1 Pengujian TMR

Pengujian TMR dilakukan dengan tujuan untuk melihat keluaran TMR, apabila salah satu keluaran sensor mengalami penyimpangan yang lebih jauh dari keluaran sensor lainnya. Pengujian ini membuktikan bahwa TMR akan tetap bekerja dengan mengeluarkan nilai walaupun ada salah satu sensor bermasalah, dan metode votingnya tetap berjalan (Yulizar, 2016). Pengujian TMR dilakukan dengan mendekatkan solder yang panas ke salah satu sensor DHT22, dimana sensor DHT22 yang didekatkan dengan solder akan menampilkan nilai yang lebih besar dibanding dengan nilai keluaran sensor lainnya. Tampilan nilai keluaran DHT22 dapat ditunjukkan pada LCD.



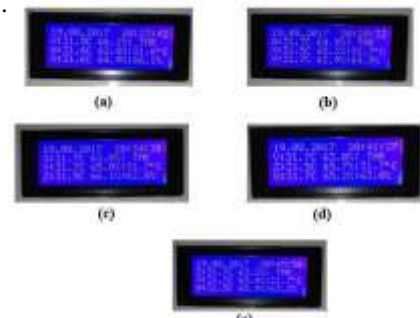
**Gambar 4.** Pengujian TMR

Pengujian TMR ini menggunakan DHT22 X yang didekatkan dengan solder yang panas, pada tampilan LCD nilai keluaran DHT22 X memperlihatkan nilai yang lebih besar yaitu  $36,7^{\circ}\text{C}$ , dibanding keluaran sensor DHT22 Y dan Z yang mempunyai nilai keluaran  $33,9^{\circ}\text{C}$  dan  $33,6^{\circ}\text{C}$ . Pengujian diatas memperlihatkan bahwa sistem TMR tetap akan bekerja dengan mengeluarkan nilai keluaran (sebesar  $33,9^{\circ}\text{C}$ ) apabila ada salah satu sensor bermasalah, seperti pada Gambar 3.

Sensor dapat dinyatakan bermasalah apabila memiliki nilai keluaran yang mempunyai selisih lebih besar banding dengan keluran sensor lainnya.

#### 3.2 Pengujian Pergantian Sensor

Pengujian pergantian sensor dilakukan untuk memperpanjang *lifetime* sensor yang dilakukan dengan mengatur kondisi nyala sensor. Pergantian setiap kondisi dilakukan setiap 5 menit sekali. Pergantian kondisi seperti pada Gambar 5.



**Gambar 5.** Pengujian Pergantian Sensor

Kondisi satu, nilai keluaran sensor yang tampilkan pada LCD yaitu sensor V, W, dan X, seperti pada gambar 5(a). Kondisi dua, nilai keluaran sensor yang ditampilkan yaitu sensor W, X, dan Y, seperti pada gambar 5 (b). Kondisi tiga, nilai keluaran sensor yang ditampilkan yaitu sensor X, Y, dan Z, seperti pada gambar 5 (c). Kondisi empat, nilai keluran sensor yang ditampilkan yaitu sensor Y, Z, dan V, seperti pada Gambar 5 (d). Kondisi lima, nilai keluaran

sensor yang ditampilkan yaitu sensor Z, V, dan W, seperti pada Gambar 5 (e).

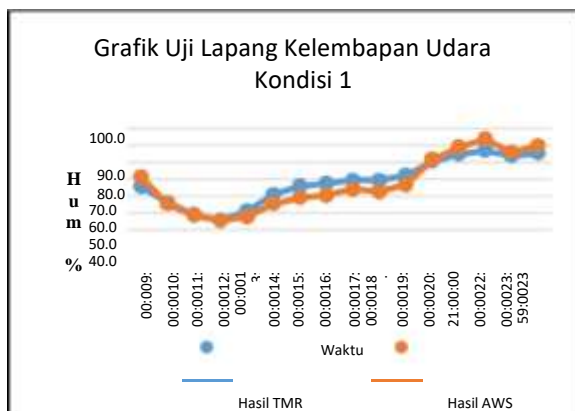
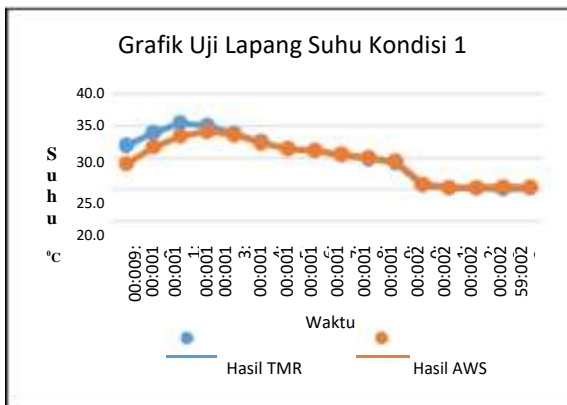
### 3.3 Pengujian Lapang

Uji lapang dilakukan di Taman Alat kampus STMKG pada hari Jum'at 28 Juli - 01 Agustus 2017. Pengujian ini membandingkan hasil TMR dan Peralatan AWS. pengujian juga dilakukan pada sistem *On/Off* sensor, dimana sensor akan hidup/nyala bergantian selama satu hari sekali. Pada pengujian lapang ini, sistem diletakan dengan jarak  $\pm 0,3$  m dari AWS, seperti pada Gambar 6.



Gambar 6. Pengujian Lapang

Uji lapang ini dilakukan untuk mengetahui kinerja alat yang dioperasikan secara terus menerus dalam jangka waktu yang panjang. Data hasil pengujian sensor suhu dan kelembapan kondisi 1 ditunjukkan dalam grafik pada Gambar 7.



Gambar 7. Pengujian Lapang Suhu dan Kelembapan Udara Kondisi 1

Uji lapang kondisi 1 dilakukan pada hari Jum'at 28 Juli 2017 pada waktu 09.00-24.00 WIB. Kondisi 1 sensor yang dalam kondisi hidup/*on* adalah sensor V, W, dan X. Hasil pengujian lapang sistem TMR dibanding alat AWS ditunjukkan pada Gambar 4.10 (a) dan (b). Hasil pengujian sensor suhu, memiliki tren yang sama terhadap nilai keluaran alat AWS, tetapi terdapat penyimpangan dari nilai keluaran hasil TMR dibanding AWS. Nilai penyimpangan terbesar pada waktu 09.00 WIB, dengan nilai penyimpangan -2,88°C. Hasil pengujian sensor kelembapan, memiliki tren yang sama terhadap nilai keluaran alat AWS, tetapi terdapat penyimpangan dari nilai keluaran hasil TMR dibanding AWS. Nilai penyimpangan terbesar pada waktu 16.00 WIB, dengan nilai penyimpangan -6,9%.

## IV. KESIMPULAN DAN SARAN

### 4.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang didapatkan dari hasil penelitian yang telah dilakukan sebagai berikut :

1. Sistem pengukuran suhu dan kelembapan menggunakan metode TMR jika salah satu sensor gagal, maka sistem masih dapat mengeluarkan nilai keluaran dari dua buah sensor yang masih baik.
2. Sistem pergantian sensor yang dilakukan dapat berjalan dengan baik tanpa mengganggu proses pengambilan data.
3. Hasil sistem TMR mempunyai nilai keluaran yang tidak jauh berbeda dengan pembacaan sensor AWS taman alat.

### 4.2 Saran

Berdasarkan perancangan dan penelitian yang telah dilakukan, sistem pengukuran suhu dan kelembapan udara menggunakan *TMR* yang dilakukan terdapat kekurangan sehingga diperlukan perbaikan dan pengembangan agar menjadi lebih baik.

1. Pengujian hasil *TMR* dengan sistem pengukuran tunggal bisa dilakukan selama 3-4 bulan, supaya mendapatkan hasil selisih yang lebih signifikan, dan dapat menentukan nilai *reliability* sistem.
2. Menggunakan jaringan syaraf tiruan untuk menanggulangi kelemahan metode TMR pada saat hanya ada satu sensor yang hidup.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Yulizar, David. 2016. Peningkatan Kualitas Data Pengukuran Menggunakan Triple Sensor Redundant. Skripsi. Instrumentasi. Sekolah Tinggi Meteorologi Klimatologi dan Geofisika. Tangerang Selatan.
- [2]. <https://depokinstruments.com/2011/07/20/adc-analog-to-digital-converter>. (diakses pada tanggal 7 Januari 2017)
- [3]. <https://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardUno> (diakses pada 3 Januari 2017)
- [4]. <https://www.arduino.cc/en/guide/environment> (diakses pada 24 Januari 2017)
- [5]. <http://www.mathworks.com/> (diakses pada 24 Januari 2017)



