

Peningkatan Kinerja Sensor DS18B20 pada Sistem IoT Monitoring Suhu Kolam Ikan

Arif Indra Irawan[#], Raditiana Patmasari, Muhammad Rahmat Hidayat

Program Studi Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

Jl. Telekomunikasi Terusan Buah Batu, Bandung 40257, Indonesia

[#]arifirawan@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Pada proses pemeliharaan ikan, penentuan suhu air kolam merupakan salah satu faktor penting bagi kualitas pertumbuhan ikan. Bahkan dalam suatu penelitian mengenai ikan Betutu perbedaan suhu sekitar 2°C dapat menurunkan *survival rate* ikan sebesar 20%. Penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan kinerja sensor suhu DS18B20 yang digunakan pada sistem *Internet of Things* (IoT) untuk monitoring suhu kolam ikan. Parameter yang digunakan untuk menguji kualitas sistem sensor suhu tersebut adalah akurasi, *Root Mean Square Error* (RMSE), dan *response time*. Analisis dilakukan menggunakan metode regresi linier dan *measurement rate* berdistribusi normal. Kemudian hasil analisis dibandingkan untuk mengetahui pengaruh penggunaan metode regresi linier dan pengaruh *measurement rate* pada sistem monitoring suhu kolam ikan ini. Hasil penelitian menunjukkan bahwa setelah digunakannya metode regresi linier saat kalibrasi, akurasi pengukuran, RMSE, dan *response time* mengalami peningkatan.

Kata kunci: pemantauan suhu, *Internet of Things* (IoT), regresi linier, *measurement rate*

Abstract

In the process of raising fish, determining the temperature of pond water is an important factor for the quality of fish growth. Even in a study of Betutu fish a temperature difference of around 2°C can reduce fish survival rates by 20%. This study aims to improve the performance of the DS18B20 temperature sensor used on the Internet of Things (IoT) system for monitoring fish pond temperatures. The parameters used to test the quality of the temperature sensor system are accuracy, Root Mean Square Error (RMSE), and response time. The analysis was carried out using linear regression method and measurement rate normally distributed. Then the results of the analysis are compared to determine the effect of using the linear regression method and the effect of measurement rate on the fish pond temperature monitoring system. The results showed that, after using the linear regression method during calibration, measurement accuracy, RMSE, and response time had increased.

Keywords: temperature monitoring, *Internet of Things* (IoT), linier regression, *measurement rate*

I. PENDAHULUAN

Dengan meningkatnya pertumbuhan permintaan konsumsi ikan air tawar, seharusnya dapat mendorong peningkatan jumlah perusahaan budidaya ikan. Namun data pada Badan Pusat Statistik (BPS) berkata lain, dimana jumlah perusahaan budidaya ikan air tawar justru turun dari 15 perusahaan pada tahun 2016 menjadi 14 perusahaan saja pada tahun 2018. Tren penurunan jumlah perusahaan juga terjadi pada perusahaan budidaya ikan tambak dimana dalam kurun waktu yang sama jumlah perusahaan justru turun sekitar 9% [1]. Salah satu penyebab bangkrutnya

perusahaan budidaya ikan di Indonesia adalah kecilnya selisih keuntungan yang didapat dari hasil budidaya ikan [2]. Bahkan menurut sumber yang sama, beberapa daerah memiliki ongkos produksi yang lebih tinggi dibandingkan dengan harga jual ikan.

Teknologi merupakan salah satu solusi yang dapat diterapkan untuk mengatasi hal tersebut. Seperti yang telah dilakukan oleh [3], penelitian tersebut mengusulkan penggunaan sistem telemetri pada pemantauan kualitas air untuk mendapatkan data yang dihasilkan lebih secara waktu nyata. Selain itu, sistem telemetri juga membuat petugas tidak perlu datang langsung ke kolam penangkaran

ikan sehingga dapat menghilangkan biaya pengukuran kualitas air. Penelitian serupa juga dilakukan oleh [4]. Yang membedakan kedua penelitian ini terletak dari penggunaan saluran komunikasi antara *client* dan *server* yang menggunakan media komunikasi WiFi dan Zigbee. Penelitian mengenai pengamatan kondisi kolam penangkaran ikan juga dilakukan [5] yang melakukan pengamatan terhadap konsentrasi kadar *Dissolved Oxygen* (DO). Penelitian [6] melakukan studi terhadap pengaruh ketersediaan zat Nitrogen dan *phosphor* terhadap tingkat pencemaran kolam penangkaran ikan. Penelitian mengenai monitoring keadaan kolam ikan menurut [7] sangat penting karena dengan adanya proses akuisisi data pada kolam ikan proses analisa dan pengambilan keputusan terhadap kolam ikan dapat membantu peningkatan produktifitas ikan.

Penelitian [8]-[12] mengusulkan sebuah sistem manajemen budidaya ikan berbasis *Internet of Things* (IoT) dengan mengintegrasikan berbagai sensor dan aktuator. Pada penelitian-penelitian tersebut tidak melakukan pengujian bagaimana performansi dari kualitas setiap sensor yang digunakan untuk melakukan monitoring terhadap kualitas kolam ikan, sehingga memungkinkan sistem tidak berjalan optimal. Seperti penelitian yang dilakukan oleh [13] dimana menyebutkan bahwa suhu air dapat mempengaruhi kemampuan hidup, kemampuan berkembang biak, dan pertumbuhan ikan Betutu. Dalam penelitian tersebut, suhu optimal yang paling baik untuk ikan Betutu adalah 29°C-32°C. Perbedaan suhu 2°C-3°C dari suhu optimal dapat menyebabkan pertumbuhan ikan Betutu menjadi tidak optimal. Oleh karena itu, pe jagaan kualitas sensor menjadi suatu keharusan saat melakukan budidaya ikan.

Penelitian mengenai peningkatan kualitas pembacaan dari sensor telah dimulai oleh [14] yang dilakukan dengan menyisipkan galat pada pembacaan sensor sebelum diubah menjadi sinyal digital. Hal yang sama juga dilakukan oleh [15] dengan menambahkan galat pada proses mamografi (pemeriksaan kelenjar payudara dengan menggunakan sinar X) untuk meningkatkan kualitas pembacaan data. Pada penelitian [16], juga dilakukan studi pengaruh besarnya waktu interval *sampling* atau *measurement rate* dalam mendeteksi puncak maksimum atau minimum dari suhu udara.

Penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan kualitas pembacaan sensor suhu DS18B20 yang digunakan pada sistem IoT untuk monitoring suhu kolam penangkaran ikan. Untuk meningkatkan kualitas pembacaan dipilihlah metode regresi linier dan perubahan *measurement rate* pembacaan sensor. Parameter yang digunakan untuk

membandingkan kualitas dari metode yang digunakan adalah akurasi, *Root Mean Square Error* (RMSE), dan *response time*.

II. METODE PENELITIAN

A. Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian yang digunakan pada penelitian ini terdiri atas dua bagian, yaitu alur penelitian yang menjelaskan mengenai tahapan pelaksanaan penelitian dan skenario pengujian yang menjelaskan tahapan yang dilakukan selama proses pengujian.

Alur penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah:

1. Analisa kebutuhan, yaitu melakukan analisa penentuan standar sistem yang ingin dicapai sebelum dilakukan perancangan.
2. Perancangan pengujian, yaitu melakukan perancangan dan pengembangan metode pengujian yang digunakan pada penelitian ini.
3. Pelaksanaan pengujian, yaitu melakukan prosedur pengujian dan pengintegrasian sensor ke sistem yang telah dibuat.
4. Verifikasi, yaitu melakukan validasi terhadap data hasil pengujian.

Pengujian sensor suhu dilakukan menjadi empat tahap yaitu:

1. Pengujian pengukuran suhu dengan menggunakan sensor DS18B20 sebelum dilakukan kalibrasi.
2. Pengujian pengukuran suhu dengan menggunakan sensor DS18B20 setelah dilakukan kalibrasi dengan menggunakan metode regresi linier.
3. Pengujian pengukuran suhu dengan menggunakan sensor DS18B20 yang telah ditanam metode regresi linier dan *measurement rate* berdistribusi normal.
4. Pengujian perbandingan performansi program dari setiap metode yang digunakan pada kolam ikan.

Prosedur pengujian dalam tahapan 1 sampai 3 di atas adalah identik, yang membedakannya hanya pada perubahan kode program kalibrasi. Dalam setiap tahapan diambil air sampel. Air sampel tersebut dimasukan beberapa es sehingga mencapai suhu air mencapai $\pm 3^{\circ}\text{C}$. Setiap kenaikan $0,5^{\circ}\text{C}$ - 1°C pada termometer diambil data hasil pengukuran suhu dengan menggunakan sensor. Apabila suhu air telah normal, bejana tersebut kemudian dipanaskan sampai suhu $\pm 50^{\circ}\text{C}$. Pada saat bejana dipanaskan, tidak diambil data suhu karena perubahan suhu pada momen tersebut sangat drastis. Setelah mencapai suhu yang diinginkan, bejana tersebut didinginkan dan dicatat saat terjadi penurunan suhu 5°C . Pada

pengujian tahap 4, sensor diletakan pada kolam penangkaran ikan pada pagi dan sore hari. Dalam rentang waktu 30 menit, diamati performansi program untuk setiap metode yang digunakan. Parameter yang digunakan sebagai performansi program yaitu rata-rata waktu satu kali pemrosesan pembacaan sensor dan rata-rata memori yang dibutuhkan dalam satu kali pembacaan sensor untuk setiap metode yang digunakan.

B. Desain Sistem IoT

Gambaran aritektur sistem monitoring suhu pada kolam penangkaran ikan berbasis IoT dapat dilihat bisa dilihat pada Gambar 1. Sistem ini dibuat pada salah satu kolam penangkaran ikan yang berlokasi di daerah Mengger, Bandung. Sensor suhu DS18B20 melakukan pengukuran suhu secara *real time* terhadap suhu kolam ikan. Hasil pembacaan sensor suhu akan diproses oleh sebuah unit proses Rapsberry Pi 3 model B+ dengan spsesifikasi sebagai berikut:

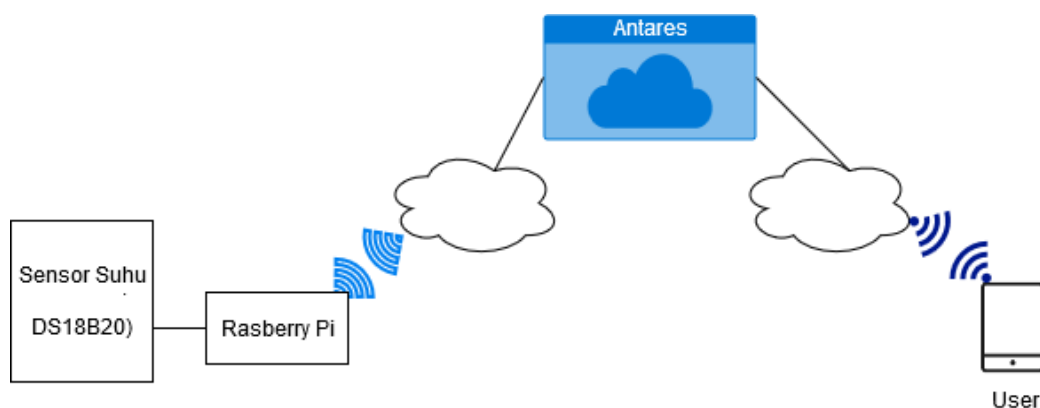
1. SoC: Broadcom BCM2837B0 quad-core A53 (ARMv8) 64-bit @ 1,4 GHz
 2. GPU: Broadcom Videocore-IV
 3. RAM: 1 GB LPDDR2 SDRAM
 4. *Networking*: Gigabit Ethernet (via USB channel), 2,4 GHz dan 5 GHz 802,11 b/g/n/ac WiFi
 5. Bluetooth: Bluetooth 4.2
 6. *Storage*: Micro-SD
 7. GPIO: 40-pin GPIO header
 8. *Ports*: HDMI, 3,5 mm analogue audio-video jack, 4xUSB 2.0, Ethernet, Camera Serial Interface (CSI), Display Serial Interface (DSI)
 9. Dimensi: 82 mm x 56 mm x 19,5mm. Berat 50 g
- Setelah melakukan komputasi perhitungan, Rapsberry Pi akan mengirimkan hasil pengolahan data ke *platform* Antares melalui jaringan internet. *Platform* Antares merupakan sebuah *cloud*

computing yang salah satu fungsi utamanya adalah menyimpan semua data suhu hasil pengolahan Raspberry Pi. Pengguna dapat mengakses data suhu kolam dengan menggunakan sebuah aplikasi yang perlu dipasang pada telepon pintar pengguna.

Tampilan antarmuka dari aplikasi yang dipasang pada pengguna ditunjukkan pada Gambar 2. Untuk mendapatkan data suhu, *user* harus terkoneksi dengan jaringan internet. Untuk mendapatkan data suhu, pengguna perlu menekan tombol *get temperature* yang ada pada halaman muka aplikasi. Jika pengguna menekan tombol tersebut, maka data yang didapatkan oleh *user* merupakan data terakhir yang disimpan pada *database* Antares.



Gambar 2. Halaman muka aplikasi pengguna



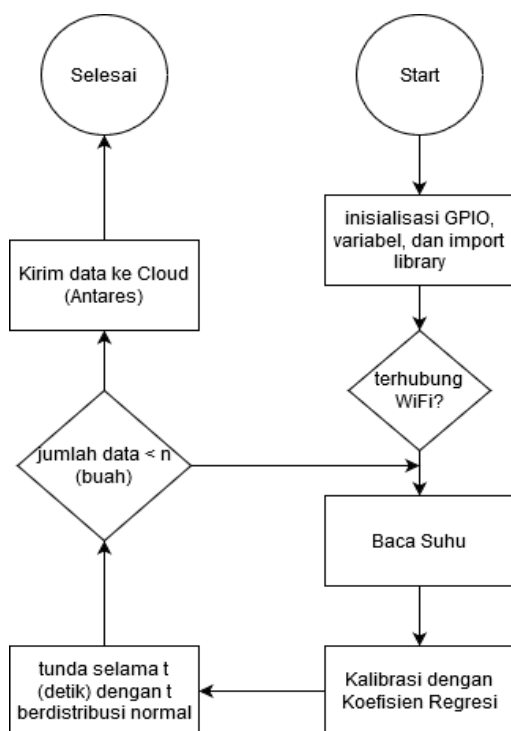
Gambar 1. Blok diagram sistem monitoring suhu kolam dengan IoT

C. Pembacaan Sensor Suhu

Diagram alir program pembacaan sensor suhu ditunjukkan pada Gambar 3. Sistem pembacaan sensor suhu (DS18B20) dilakukan setelah terpasang pada kolam kemudian dikirimkan ke Raspberry Pi. Raspberry Pi akan membaca data tersebut dan melakukan kalibrasi. Proses kalibrasi dilakukan sesuai dengan parameter regresi yang diperoleh dari hasil pengujian tahap pertama. Setelah dilakukan kalibrasi program akan menghitung angka *random* untuk menghitung waktu tunda pengambilan data oleh Raspberry Pi dengan menggunakan *library numpy*. Hasil perhitungan kalibrasi akan disimpan di dalam sebuah *array* dengan jumlah *n*. Jika *array* tersebut telah penuh, rata-rata dari *array* akan dikirim ke *database server cloud*. Selanjutnya, data tersebut dapat dilihat oleh pengguna menggunakan aplikasi telepon pintar yang telah dibuat dengan menggunakan perangkat lunak Android Studio.

D. Metode Regresi Linier

Regresi linier merupakan adalah sebuah pendekatan model untuk menggambarkan keterkaitan antara variabel independen (X) dan variabel dependen (Y). Arah hubungan antara variabel X dengan variabel Y dapat bernilai positif atau negatif. Regresi linier juga dapat digunakan untuk melakukan prediksi nilai dari variabel dependen jika nilai variabel independen selanjutnya mengalami kenaikan atau penurunan. Variabel independen yang digunakan pada penelitian ini merupakan hasil pengukuran menggunakan sensor DS18B20, sedangkan variabel dependen merupakan hasil pengukuran suhu termometer.



Gambar 3. Diagram alir pembacaan suhu

Selanjutnya, dihitung nilai koreksi untuk melakukan perbaikan pada pengukuran dengan persamaan regresi linier sebagai berikut [17]:

$$Y = a + bX \quad (1)$$

Persamaan (1) merupakan persamaan regresi linier dimana nilai Y merupakan variabel dependen yang nilainya akan diprediksi menggunakan nilai variabel X yang merupakan variabel independen. Nilai *a* dan *b* masing-masing merupakan konstanta dan koefisien regresi untuk meningkatkan akurasi pembacaan data. Pada penelitian ini, digunakan nilai pengukuran termometer sebagai variabel dependen, sedangkan nilai pengukuran suhu sebagai variabel independen. Selanjutnya, dihitung konstanta regresi (*a*) dan koefisien regresi (*b*) dari data hasil pengukuran sensor suhu dan termometer. Untuk mendapatkan nilai *a* dan *b* diperlukan data jumlah sampel (*n*). Kemudian dihitung menggunakan metode *cramer* sesuai dengan persamaan matriks yang ditunjukkan pada persamaan (2) sebagai berikut:

$$\begin{bmatrix} n & \sum X \\ \sum X & \sum X^2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a \\ b \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sum X \\ \sum XY \end{bmatrix} \quad (2)$$

E. Akurasi dan RMSE

Akurasi merupakan derajat kedekatan hasil pengukuran temperatur dengan temperatur sebenarnya. Spesifikasi akurasi biasanya mengandung derajat kesalahan karena parameter *gain* dan *offset*. Kesalahan *offset* dapat diberikan sebagai unit pengukuran seperti temperatur dan tidak bergantung pada besarnya sinyal *input* yang diukur. Perhitungan tingkat akurasi dapat dilakukan dengan menghitung persentase *error*. Persentase kesalahan dapat dihitung dengan membandingkan nilai pengukuran dengan nilai suhu sebenarnya kemudian dihitung dengan menggunakan persamaan (3).

$$Error = \frac{\text{Selsisih data suhu}}{\text{Data suhu acuan}} \times 100\% \quad (3)$$

Dengan demikian nilai akurasi dari sensor adalah seperti pada persamaan (4).

$$Akurasi = 100\% - Error \quad (4)$$

RMSE merupakan sebuah persamaan yang digunakan untuk mengukur kesalahan rata-rata dari suatu alat ukur. Untuk menentukan nilai RMSE diperlukan nilai residual yang merupakan selisih antara dua nilai yaitu nilai aktual (y_i) dan nilai prediksi ($\bar{y}_i$) yang ditunjukkan sesuai persamaan (5).

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (\bar{y}_i - y_i)^2}{N}} \quad (5)$$

dengan N adalah jumlah total pengukuran, $\bar{y}_i$ adalah nilai prediksi (sensor), dan y_i adalah nilai aktual (termometer).

F. Distribusi Normal

Distribusi normal adalah distribusi yang paling baik untuk menggambarkan kejadian alam, industri, ataupun penelitian. Pengukuran curah hujan, pengukuran galat percobaan ilmiah, dan pengukuran terhadap hasil produksi manufaktur dapat dijelaskan dengan baik menggunakan distribusi normal ini. Persamaan matematis dari distribusi peluang ini bergantung pada dua parameter, yaitu μ (rata - rata) dan σ (simpangan). Fungsi kepadatan (*density function*) dari distribusi normal ini adalah sebagai berikut [18]:

$$n(x, \mu, \sigma) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\left(\frac{1}{2}\right)\left[\frac{(x-\mu)}{\sigma}\right]^2} \quad (6)$$

dengan σ adalah standar deviasi, μ adalah rata-rata, x adalah nilai dari variable acak, dan π adalah konstanta pi ($\frac{22}{7}$).

Dengan melakukan pemeriksaan terhadap turunan (*derivative*) pertama maupun turunan keduanya akan didapat lima sifat karakteristik dari kurva distribusi ini sebagai berikut:

1. Modus atau titik pada sumbu datar yang memberikan nilai maksimum kurva, terdapat pada $x = \mu$
2. Kurva simetris terhadap sumbu tegak yang melalui rata-rata μ
3. Kurva memiliki titik belok pada $x = \mu \pm \sigma$ dari bawah jika $\mu - \sigma < X < \mu + \sigma$, dan cekung dari atas untuk nilai x lainnya
4. Kedua ujung kurva normal mendekati asimtot sumbu datar jika nilai x bergerak menjauhi μ baik ke kiri maupun ke kanan.
5. Seluruh luas di bawah kurva dan di atas sumbu datar bernilai sama dengan 1.

Banyak peubah acak yang memiliki peluang yang dapat didekati dengan cukup baik oleh kurva normal jika diketahui nilai μ (rata-rata) dan σ^2 (variansi). Dengan syarat tertentu distribusi normal dapat merupakan hampiran kontinyu yang baik bagi distribusi binomial dan hipergeometrik. Selain itu limit distribusi dari sebuah sampel juga merupakan sebuah distribusi normal sehingga dapat digunakan luas untuk melakukan penaksiran dan pengujian hipotesis.

Pada penelitian ini, distribusi normal dibangkitkan untuk memberi selang waktu pembacaan sensor secara acak. Seperti yang dilakukan oleh [14]-[16], penggunaan pembacaan sensor dengan menggunakan distribusi normal dapat menambah tingkat akurasi sensor.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini membahas pengujian alat sistem monitoring suhu dengan menggunakan sensor DS18B20. Pengujian bertujuan untuk mengetahui performansi sistem pengukuran yang telah dibuat dapat berfungsi dengan baik berlandaskan parameter-parameter yang telah ditentukan. Terdapat dua bagian dalam pengujian penelitian kali ini yaitu pengujian sebelum sensor suhu menggunakan kalibrasi dan sesudah menggunakan kalibrasi. Masing-masing pengujian menggunakan jumlah sampel sebanyak 70 buah sampel. Metode kalibrasi yang digunakan menggunakan metode regresi linier dan *measurement rate* yang berdistribusi normal.

A. Pengujian Sensor Sebelum Kalibrasi

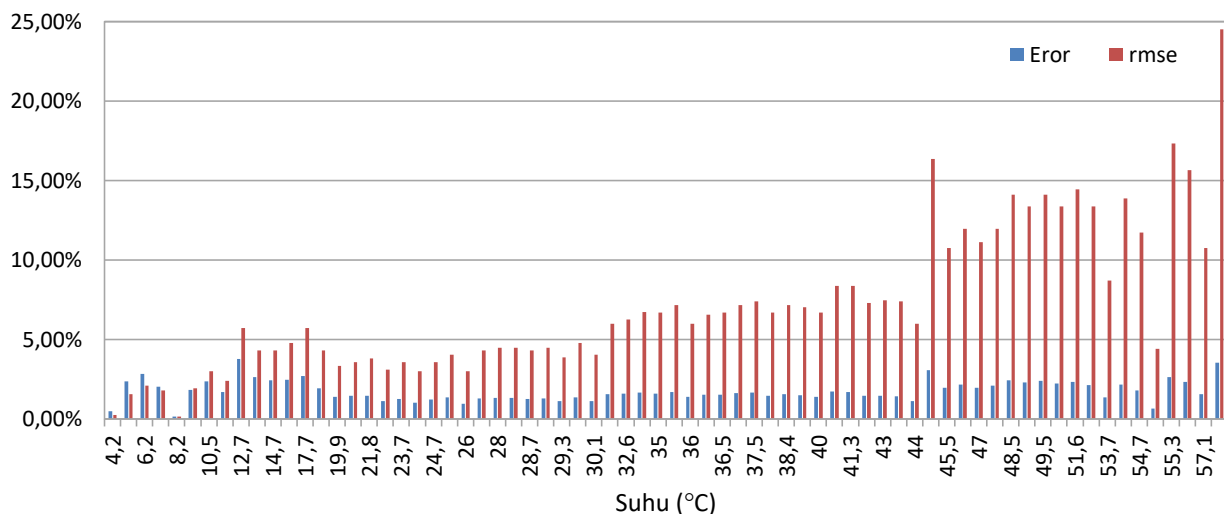
Pengujian sensor suhu sebelum kalibrasi digunakan sebagai data awal terhadap performansi pengukuran suhu yang dilakukan oleh sensor tersebut. Parameter yang diambil meliputi akurasi, RMSE sensor, *response time*, dan performansi program. Selain itu, pengujian sensor sebelum kalibrasi digunakan untuk menghitung nilai konstanta regresi dan koefisien regresi.

Gambar 4 menunjukkan hasil pengujian sensor DS18B20 berserta dengan hasil perhitungan *error* dan RMSE dari rentang 4°C sampai dengan 57°C dengan jumlah sampel sebanyak 70 buah. Hasil rata-rata *error* untuk sensor DS18B20 sesuai dengan Gambar 4 adalah 1,76% dan RMSE sebesar 0,071. Dengan menggunakan persamaan (2) didapatkan nilai koefisien regresi sebesar 0,98 dan konstanta regresi 0,16. Kemudian hasil ini dimasukkan ke dalam program Raspberry Pi menjadi seperti persamaan (7).

$$Y = 0,16 + 0,98 X \quad (7)$$

dengan Y adalah nilai keluaran sensor DS18B20 hasil kalibrasi dan X adalah nilai keluaran sensor DS18B20 sebelum kalibrasi.

Dengan menggunakan data pada Gambar 4, didapatkan akurasi dari sensor DS18B20 sebesar 98,24%. Nilai akurasi seperti ini baik karena jika sensor menunjukkan suhu 100°C nilai suhu yang sebenarnya berada diantara 98,24°C -101,76°C.



Gambar 4. Grafik suhu termometer dengan RMSE alat ukur sebelum kalibrasi

B. Pengujian Sensor Setelah Kalibrasi

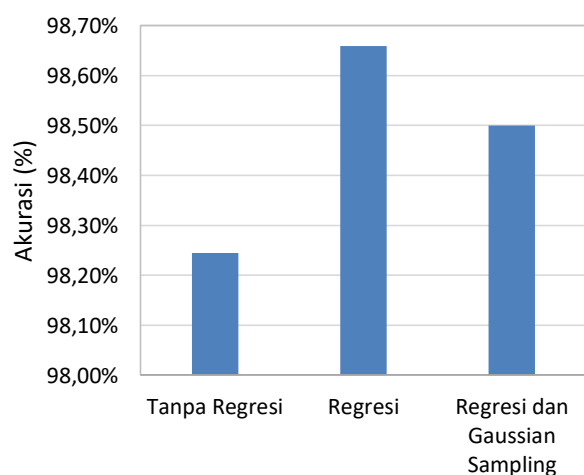
Pengujian sensor suhu setelah dilakukan kalibrasi dengan menggunakan regresi linier bertujuan untuk menganalisa pengaruh regresi linier dalam meningkatkan performansi sensor, sedangkan perubahan *measurement rate* yang berdistribusi normal juga diperuntukkan untuk meningkatkan *response time* dari sistem. Parameter yang diambil pada pengujian ini yaitu akurasi, RMSE, *response time* sensor, dan performansi program.

Akurasi dari ketiga metode yang digunakan diperlihatkan pada Gambar 5. Akurasi sensor tanpa menggunakan metode mendapatkan nilai akurasi sebesar 98,24% dan setelah menggunakan metode akurasi meningkat sebesar 0,42%. Akurasi juga meningkat sebesar 0,26% setelah menggunakan regresi dan *measurement rate* berdistribusi normal (Gaussian Sampling).

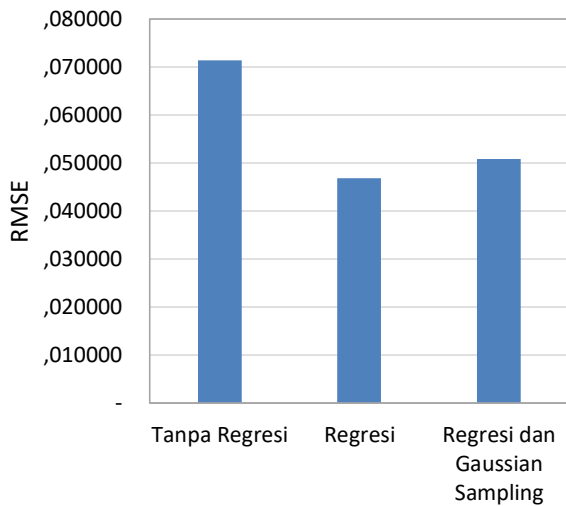
RMSE pada Gambar 6 juga menunjukkan pola yang sama dimana terjadi peningkatan nilai RMSE sebesar 34,4% saat menggunakan metode regresi linier tetapi terjadi penurunan saat menggunakan metode regresi linier dan *measurement rate* berdistribusi normal. Pada penggunaan kedua metode ini hanya terjadi peningkatan RMSE sebesar 28,8%. Peningkatan akurasi dan RMSE dengan menggunakan nilai metode regresi linier dan *measurement rate* berdistribusi normal terjadi karena hasil yang ditunjukkan oleh pengukuran dengan menggunakan sensor suhu DS18B20 memiliki linieritas yang baik sehingga kalibrasi dengan menggunakan konstanta dan koefisien regresi dapat meningkatkan nilai akurasi dari sensor.

Parameter *response time* digunakan untuk mengukur seberapa cepat waktu yang dibutuhkan sensor untuk mengukur suhu dari suhu normal 26°C ke suhu dingin $\pm 3^\circ\text{C}$ dan ke suhu panas $\pm 50^\circ\text{C}$.

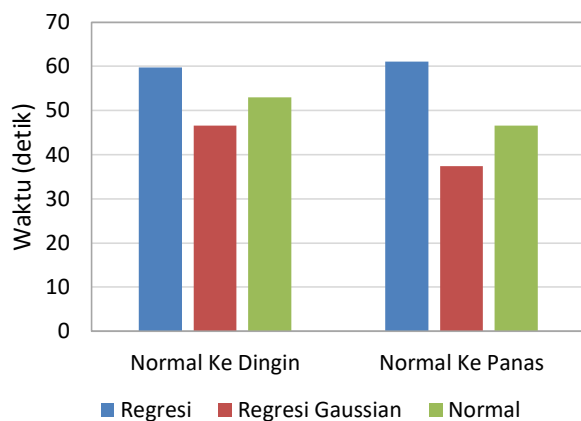
Gambar 7 memperlihatkan waktu yang dibutuhkan oleh masing-masing metode untuk mengukur *response time* dari setiap metode yang digunakan. Pada pengukuran dari normal ke dingin terjadi peningkatan *response time* dengan menggunakan metode regresi linier baik saat pengukuran dari suhu normal ke dingin dan dari suhu normal ke panas yang masing-masing meningkat sebesar 12,7% dan 31,2%. Pengukuran dengan menggunakan metode regresi linier dan *measurement rate* berdistribusi normal justru dapat mempercepat *response time* dari alat ukur dimana untuk pengukuran normal ke dingin berkurang sebesar 12,1%, sedangkan dari normal ke panas sebesar 19,7%. Hal ini dikarenakan waktu tunggu pengambilan data untuk setiap *cycle* lebih kecil dibandingkan dengan metode lainnya.



Gambar 5. Perbandingan akurasi setiap metode



Gambar 6. Perbandingan RMSE setiap metode



Gambar 7. Perbandingan *response time* setiap metode

C. Pengujian Sensor Pada Kolam Ikan

Setelah dilakukan kalibrasi, dilakukan pengujian sensor pada kolam ikan. Pengujian dilakukan pada enam kolam (kolam ikan A, kolam ikan B, kolam ikan C, kolam ikan D, kolam ikan E, dan kolam ikan F) yang ditunjukkan pada Gambar 8. Pada pengujian ini digunakan metode regresi linier dan *sampling rate* berdistribusi normal yang sudah ditanam ke pada alat ukur.

Pengujian pada waktu pagi dilakukan pada pukul 08.00 WIB sampai dengan pukul 08.30 WIB. Hasil pengukuran suhu kolam A ditunjukkan pada Tabel 1, sedangkan RMSE dan akurasi untuk semua kolam ditunjukkan pada Tabel 2. Seperti yang ditunjukkan pada Tabel 1 didapat nilai rata-rata akurasi pada kolam A waktu pagi mencapai 99,73%. Nilai tersebut lebih baik jika dibandingkan dengan tingkat akurasi rata-rata pengukuran pada suhu 4°C-57°C yang ditunjukkan pada Gambar 5. Dari Tabel 1 dan Tabel 2 juga didapatkan bahwa tingkat akurasi pengukuran suhu kolam dapat ditingkatkan dengan metode regresi linier dan



Gambar 8. Proses pengujian pengambilan data pada kolam ikan

Tabel 1. Hasil pengukuran suhu kolam A waktu pagi

No	Suhu Sensor (°C)	Suhu Acuan (°C)	Error (%)	Akurasi (%)
1	20,51	20,60	0,43	99,56
2	20,54	20,60	0,27	99,73
3	20,53	20,60	0,32	99,68
4	20,64	20,60	0,23	99,77
5	20,63	20,60	0,16	99,84
6	20,54	20,60	0,28	99,72
7	20,70	20,60	0,49	99,51
8	20,62	20,60	0,12	99,88
9	20,59	20,60	0,02	99,98
10	20,52	20,60	0,36	99,64
Rata-rata				99,73

Tabel 2. Perbandingan nilai akurasi dan RMSE setelah kalibrasi waktu pagi

No	Kolam	Nilai RMSE	Rata-rata Akurasi (%)
1	A	0,06	99,73
2	B	0,31	98,56
3	C	0,16	99,30
4	D	0,27	98,82
5	E	0,35	98,37
6	F	0,08	99,71

sampling rate berdistribusi normal jika dibandingkan dengan pengukuran tanpa metode seperti ditunjukkan pada Gambar 5 dan Gambar 6.

Pengujian pada waktu sore dilakukan dari pukul 15.00 WIB sampai dengan 17.30 WIB. Hasil pengukuran pada kolam B dapat ditunjukkan pada Tabel 3, sedangkan RMSE dan akurasi untuk semua kolam ditunjukkan pada Tabel 4. Hasil pengukuran sore hari pada kolam B memiliki tingkat akurasi 99,80%. Hasil yang sama juga ditunjukkan pada Tabel 4 dimana pengukuran suhu kolam pada sore hari yang menggunakan metode regresi linier

Tabel 3. Hasil pengukuran suhu kolam B waktu sore

No	Suhu Sensor (°C)	Suhu Acuan (°C)	Error (%)	Akurasi (%)
1	26,96	26,90	0,24	99,76
2	26,85	26,90	0,17	99,83
3	26,87	26,90	0,08	99,92
4	26,96	26,90	0,09	99,91
5	26,98	26,90	0,05	99,95
6	26,96	26,90	0,24	99,76
7	26,98	26,90	0,32	99,68
8	26,98	26,90	0,32	99,68
9	26,96	26,90	0,24	99,76
10	26,97	26,90	0,28	99,72
Rata-rata				99,80

Tabel 4. Perbandingan nilai akurasi dan RMSE setelah kalibrasi waktu sore

No	Kolam	Nilai RMSE	Rata-rata Akurasi (%)
1	A	0,05	99,89
2	B	0,06	99,80
3	C	0,24	98,24
4	D	0,19	98,49
5	E	0,26	98,14
6	F	0,15	98,33

ataupun *measurement rate* berdistribusi normal memiliki tingkat akurasi yang lebih baik jika dibandingkan dengan tanpa metode seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5 dan Gambar 6.

Dari hasil pengujian secara keseluruhan diperoleh bahwa dengan metode regresi linier dan *measurement rate* berdistribusi normal, kinerja sensor suhu DS18B20 dapat ditingkatkan. Berbeda dengan penelitian [3]-[13] yang merancang sebuah sistem IoT, penelitian ini memberikan kontribusi pada peningkatan kinerja sensor [14]-[16] untuk sistem IoT. Dengan meningkatnya kinerja sensor, maka sistem IoT yang dirancang dapat memiliki kinerja yang lebih baik pula.

IV. KESIMPULAN

Peningkatan kinerja sensor suhu DS18B20 pada sistem IoT monitoring suhu kolam ikan telah berhasil dilakukan pada penelitian ini. Hasil penelitian menunjukkan bahwa akurasi pengukuran dapat diperbaiki dengan menggunakan metode regresi linier. Metode regresi linier pada percobaan pengukuran pada suhu $\pm 3^{\circ}\text{C}$ sampai $\pm 50^{\circ}\text{C}$ dapat meningkatkan akurasi sebesar 0,42%, RMSE sebesar 34,4%, dan meningkatkan *response time* sensor sekitar 12%-30%. Penggunaan *measurement rate* berdistribusi normal dan regresi linier dalam melakukan kalibrasi dapat meningkatkan *response*

time sebesar 12%-19% tetapi mengurangi tingkat akurasi jika dibandingkan dengan metode regresi linier saja. Penggunaan metode regresi linier dan *measurement rate* berdistribusi normal dapat meningkatkan tingkat akurasi pada pengukuran suhu kolam sebenarnya, baik sore hari maupun pagi hari sebesar 90%.

REFERENSI

- [1] (2018) Jumlah perusahaan budidaya perikanan menurut jenis budidaya 2000-2017 [Online]. Available: [http:// www.bps.go.id/](http://www.bps.go.id/)
- [2] (2019) Indikator Ekonomi [Online]. Available: <http:// www.bps.go.id/>
- [3] M. Hidayatullah, J. Fat, and T. Andriani, "Prototype Sistem Telemetri Pemantauan Kualitas Air Pada Kolam Ikan Air Tawar Berbasis Mikrokontroler," *Positron*, vol. 8, no. 2, pp. 43, 2018.
- [4] E. Lintang, F. Firdaus, and I. Nurcahyani, "Sistem Monitoring Kualitas Air Pada Kolam Ikan Berbasis Wireless Sensor Network Menggunakan Komunikasi Zigbee," in *Prosiding SNAIF*, Kudus, 2017, pp. 145-152.
- [5] M. Garcia, E. M. Trambulo, J. Pajarillo, M. R. B. Apsay, J. E. Tenorio, and M. G. Chua, "Development of dissolved oxygen monitoring system for fish ponds," in *Proc. - 2013 IEEE 3rd Int. Conf. Syst. Eng. Technol. ICSET 2013*, pp. 83-88, 2013.
- [6] S. Y. Jianga, J. Q. Zhua, G. Lib, Q. X. Wua, and Y. Zhoua, "Decontaminate effect of paddy field on waste water from fish pond under different residence time," in *Proc. 2013 3rd Int. Conf. Intell. Syst. Des. Eng. Appl. ISDEA 2013*, pp. 521-523, 2013.
- [7] P. Sarma, H. K. Singh, and T. Bezboruah, "A Real-Time Data Acquisition System for Monitoring Sensor Data," *Int. J. Comput. Sci. Eng.*, vol. 6, no. 6, pp. 539-542, 2018.
- [8] B. Rahmat, T. A. Rachmanto, M. Waluyo, M. I. Afandi, H. Widyantara, and H. Harianto, "Designing intelligent fishcarelab system (ifs) as modern koi fish farming system," in *Proc. - 2016 Int. Semin. Appl. Technol. Inf. Commun. ISEMANITIC 2016*, pp. 142-146, 2017.
- [9] W. T. Sung, J. H. Chen, and S. J. Hsiao, "Fish pond culture via fuzzy and self-adaptive data fusion application," *IEEE Int. Conf. Syst. Man, Cybern. SMC*, vol. 2017-January, pp. 2986-2991, 2017.
- [10] C. M. Fourie, D. V. Bhatt, B. J. Silva, A. Kumar, and G. P. Hancke, "A solar-powered fish pond management system for fish farming conservation," *IEEE Int. Symp. Ind. Electron.*, pp. 2021-2026, 2017.
- [11] Y. Sukrismon, Aripriharta, N. Hidayatullah, N. Mufti, A. N. Handayani, and G. J. Horng, "Smart Fish Pond for Economic Growing in Catfish Farming," in *Proc. - 2019 Int. Conf. Comput. Sci. Inf. Technol. Electr. Eng. ICOMITEE 2019*, vol. 1, pp. 49-53, 2019.

- [12] V. E. Kostin, A. A. Silaev, and A. V. Savchic, "Information-Measuring System for Monitoring and Control Aquaculture of Pond Farm," *2019 Int. Multi-Conference Ind. Eng. Mod. Technol. FarEastCon 2019*, pp. 1-4, 2019.
- [13] I. Taufik, Z. I. Azwar, and S. Sutrisno, "Pengaruh perbedaan suhu air pada pemeliharaan benih ikan betutu (*Oxyeleotris marmorata* Blkr) dengan sistem resirkulasi," *J. RIS. Akuakultur*, vol. 4, no. 3, pp. 319-325, 2009.
- [14] L. M. Gorham, "Improving Digital Sensor Accuracy By Inserting Random Noise," in *Ocean. Conf. Rec.*, Washington, 1982, pp. 319-321.
- [15] L. R. Borges, H. C. R. de Oliveira, P. F. Nunes, and M. A. C. Vieira, "Method for inserting noise in digital mammography to simulate reduction in radiation dose," *Med. Imaging 2015 Phys. Med. Imaging*, vol. 9412, pp. 94125J, 2015.
- [16] X. Lin, K. G. Hubbard, and C. B. Baker, "Measurement Sampling Rates for Daily Maximum and Minimum Temperatures," in *Ninth Symp. On Integrated Observing and Assimilation Systems for the Atmosphere, Oceans, and Land Surface*, San Diego, 2005, pp. 5.4.
- [17] D. W. Boyd, "Stochastic Analysis," *Syst. Anal. Model.*, pp. 211-227, 2001.
- [18] R. E. Walpole and R. H. Myers, *Ilmu Peluang dan Statistika Untuk Insinyur dan Ilmuhan Terjemahan RK Sembiring*, Edisi Keempat. Bandung: Penerbit ITB, 1995.

