

# Sistem Kendali Temperature Otomatis dan Fitur Baby Monitoring dengan IOT pada Inkubator Grashoft Tipe G - 62

**Sabariman\*, Nofriyadi**

Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Universitas International Batam Jl. Gajah Mada Sei Ladi, Batam 29442, Indonesia

e-mail: \*sabariman@uib.ac.id

## Abstrak

Riset ini ditujukan untuk mendesain sistem kontrol otomatis pada inkubator bayi Grashof type G-62. Dengan menggunakan Logika Fuzzy, berat bayi dan kelembaban kabin diset sebagai *input*. Dalam fungsi waktu, parameter-parameter yang dikontrol selama pengoperasian inkubator bayi tersebut adalah berat, detak jantung, suhu badan, kelembaban dan suhu kabin. Semua nilai parameter ini kemudian ditransmisikan secara *real time* melalui fitur *Internet of Thing* (IoT) yang disematkan pada sistem. Metode Filter Kalman diaplikasikan untuk mengurangi error pada pembacaan sensor berat *load cell*. Sistem kontrol berhasil menginterpretasikan secara akurat kombinasi *input* berupa data berat bayi dan kelembaban kabin untuk kemudian menyesuaikan suhu kabin yang ideal bagi bayi.

**Katakunci:** Inkubator bayi, Kendali Logika Fuzzy, IoT, GSM.

## Abstract

*This work is aimed to design an automatic control system on the Grashof baby incubator Type G – 62. With use of fuzzy logic, the weight of the baby and cabin humidity are set to be the inputs. Over time, parameters controlled during the operation of this baby incubator are the weight, heart beat, body temperature, humidity and cabin temperature. These all parameters then are transmitted real time through Internet of Thing (IoT) feature embedded on the system. Kalman Filter Method is applied to reduce error generated from the load cell reading. The control system successfully interpreted accurately the input combination of baby weight and cabin humidity before adjusting suitable cabin temperature to comfort the baby.*

**Keywords:** Baby incubator, Fuzzy Logic Controller, IoT, GSM.

Copyright © TELCOMATICS Journal. All rights reserved

## I. PENDAHULUAN

Diperkirakan 15 juta bayi lahir prematur, kesenjangan dan kelangsungan hidup antara mereka yang lahir di negara berpenghasilan tinggi sampai dengan rendah. Hampir satu juta kematian per tahun karena komplikasi langsung kelahiran prematur. Sebagian besar bayi prematur (> 80%) berusia antara 32 dan 37 minggu kehamilan, dan banyak yang mati sia – sia. Kematian ini disebabkan oleh tidak tersedianya perawatan yang baik atau tidak dapat diandalkan inkubator tradisional dikarenakan perawatan sangatlah penting untuk setiap bayi baru lahir yang terdiri dari berbagai macam dukungan antara lain menyusui, perawatan termal, dan perawatan kulit serta kabel higienis [1].

Pada ruangan bayi untuk prematur harus dijaga menyerupai *temperature* di rahim seorang ibu yaitu antara 36°C sampai dengan 37°C. Seorang bayi prematur umumnya memerlukan perawatan khusus dengan menempatkan didalam inkubator agar *temperature* tubuhnya tetap terjaga. Untuk merancang sistem kontrol yang berbasis mikrokontroler dapat menggunakan sensor suhu atau DS18B20 dengan target harga murah. Sensor DS18B20 ini berhasil dipasang dan digunakan pada inkubator yang kondisikan dengan suhu  $36,5 \pm 0,1^\circ\text{C}$ . Suhu awalnya dapat mencapai dari 26°C dengan 10 menit pertama [2].

Kemudian indikator kesehatan yang juga penting dari bayi prematur yaitu berat badan. Berat badan bayi yang baru lahir harus sering

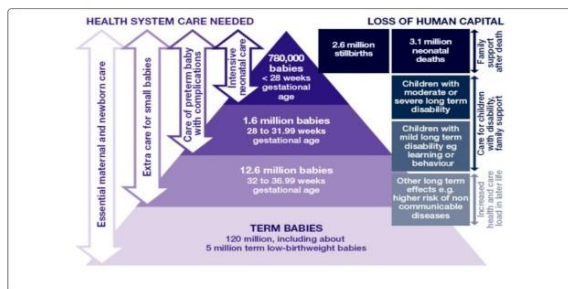
dipantau karena cepat dan lambat pertumbuhan dapat diukur dengan alat ataupun sensor. Sampai saat ini berbagai sistem pemantauan berat dikembangkan seperti sensor tekanan, sensor optik, sensor gaya, sensor cahaya yang terstruktur [3].

Masalah utama pada inkubator adalah sistem kontrol yang tertanam dalam mikrokontroler. Dikarenakan jika sistem kontrol yang tertanam tidak baik maka dapat menyebabkan kematian. Oleh sebab itu memerlukan metode agar tidak terjadinya hal – hal tersebut. Teknik logika fuzzy yang mampu mempertahankan suhu bayi yang baru lahir melalui dua cara operasi: bayi dan udara. Demikian, mengontrol kelembapan ruangan sesuai dengan usia kehamilan pasien [4].

Meskipun *Telemedicine* sangat membantu di daerah pedesaan, kekurangan penyedia layanan kesehatan telah membuatnya tidak dapat diakses di kedua perawatan kesehatan dasar dan kepada orang tua. Dengan demikian, memerlukan memberi tahu kepada layanan kesehatan dan orang tua dengan sistem alarm dan teknologi GSM. Dengan adanya teknologi GSM ini dapat mengirimkan parameter seperti: suhu, intensitas cahaya kelembapan relatif dengan menggunakan LED untuk menghindari kondisi kuning ke dalam inkubator neonatal [4]. Teknologi GSM juga digunakan untuk aplikasi IoT seperti pada sistem notifikasi bus [5] atau monitoring kualitas air [6]

## II. TINJAUAN PUSTAKA

Salah satu masalah yang paling *sensitive* dari bidang biomedis adalah perawatan bayi prematur. Di negara Bangladesh, sebagian besar orang disana tinggal di sekitar garis kemiskinan. Perawatan bayi yang baru lahir sangat mahal dan banyak yang tidak terjangkau bagi mereka.

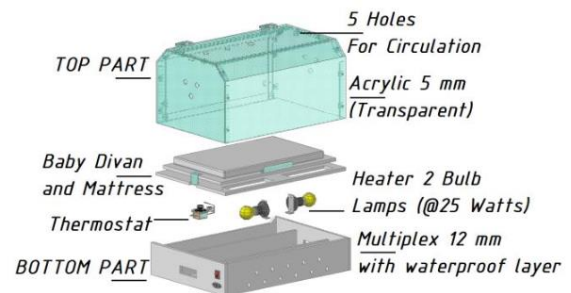


Gambar 1. Segitiga Piramida Keguguran Bayi di Dunia [1]

Pada Gambar 1 menjelaskan tingkat keguguran baru di dunia. Kematian ini disebabkan oleh tidak tersedianya perawatan yang baik atau tidak dapat diandalkan inkubator tradisional dikarenakan perawatan sangatlah penting untuk setiap bayi baru lahir yang terdiri dari berbagai macam dukungan antara lain menyusui, perawatan termal, dan perawatan kulit serta kabel higienis.

### A. Inkubator Grashof

Inkubator Grashof merupakan alat yang digunakan untuk menghangatkan bayi prematur yang menerapkan konsep *Green Technology*. Inkubator ini dirancang menggunakan heater berupa lampu pijar 25 watt sebanyak 2 buah. Inkubator portabel ini menggunakan prinsip konveksi alami sehingga tidak ada suara bising di dalam kabin [7]. Bagian-bagian dari inkubator dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Bagian dari Inkubator Grashof [7]

### B. Fuzzy Logic Mamdani

Metode *fuzzy logic mamdani* atau dikenal sebagai Metode Max-Min, merupakan metode yang dikenalkan oleh Ebrahim Mamdani pada tahun 1975. Untuk mendapatkan *output pada fuzzy logic*, diperlukan 4 tahapan yaitu:

1. Fuzzifikasi
2. Rule Evaluation
3. Defuzzifikasi

Metode mamdani dari variabel *input* maupun variabel *output* dibagi menjadi satu atau lebih himpunan *fuzzy*.

Pada proses *Rule Evaluation*, tidak seperti pemahaman yang monoton, jika sistem terdapat dari beberapa aturan, inferensi yang didapat dari sekumpulan dan korelasi antar aturan. Terdapat 3 metode yang digunakan akan dilakukan inferensi pada sistem ini memiliki beberapa macam yaitu: *additive*, *maximum* dan probabilitas atau OR.

**C. Metode Maximum (MAX)**

Metode maksimum digunakan untuk menyelesaikan solusi himpunan fuzzy didapat dengan memasukkan nilai maksimum pada aturan, kemudian dilanjutkan untuk mengubah daerah pada fuzzy, dan pengaplikasikannya ke output untuk melakuakn operasi logika OR. Pada proposisi yang sudah dievaluasi, maka output didapatkan suatu himpunan fuzzy dengan mencerminkan konstribusi setiap proposisi yang berbeda. Pada umum dituliskan dengan:

$$\mu_{sf} [x_i] \leftarrow \max(\mu_{sf} [x_i], \mu_{kf} [x_i]) \quad (1)$$

Di mana  $\mu_{sf}[xi]$  adalah nilai keanggotaan untuk solusi fuzzy sampai aturan ke-I, sedangkan  $\mu_{kf}[xi]$  adalah nilai keanggotaan untuk konsekuen fuzzy aturan ke-i.

**D. Metode Penjumlahan (Sum)**

Metode penjumlahan menggunakan himpunan fuzzy yang didapat dengan melakukan penjumlahan terhadap semua output fuzzy. Biasanya dirumuskan berikut ini:

$$\mu_{sf} [x_i] \leftarrow \min(1, \mu_{sf} [x_i] + \mu_{kf} [x_i]) \quad (2)$$

Di mana  $\mu_{sf}[xi]$  adalah nilai keanggotaan untuk solusi fuzzy sampai aturan ke-I, dan  $\mu_{kf}[xi]$  adalah nilai keanggotaan untuk konsekuen fuzzy aturan ke-i.

**E. Metode logika OR**

Metode Probabilitas atau OR menggunakan himpunan fuzzy yang didapat dengan melakukan penjumlahan terhadap semua output untuk fuzzy. Umumnya ditulis seperti Persamaan 3.

$$\begin{aligned} \mu_{sf} [x_i] &\leftarrow (\mu_{sf} [x_i] + \mu_{kf} [x_i]) \\ &-(\mu_{sf} [x_i] * \mu_{kf} [x_i]) \end{aligned} \quad (3)$$

di mana  $\mu_{sf}[xi]$  adalah nilai keanggotaan untuk solusi fuzzy sampai aturan ke-i,  $\mu_{kf}[xi]$  adalah nilai keanggotaan untuk konsekuen fuzzy aturan ke-i.

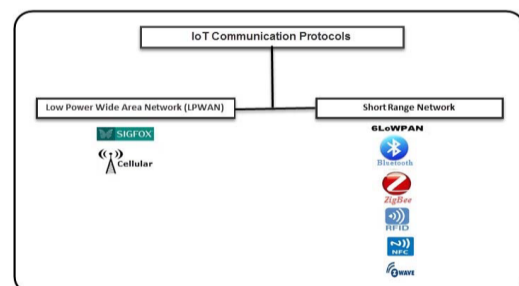
Proses defuzzifikasi merupakan himpunan fuzzy yang didapatkan melalui pengkomposisi pada setiap aturan fuzzy, sedangkan output yang

dihasilkan merupakan bilangan pada domain himpunan fuzzy tersebut. Jika diberi suatu himpunan fuzzy dalam jarak tertentu, maka harus melakukan pengambilan suatu nilai crisp tertentu yang digunakan untuk output. Metode rata – rata digunakan untuk menyelesaikan crisp yang didapat dengan mengambil nilai rata-rata yang dimiliki oleh nilai keanggotaan tertinggi.

**F. Internet of Things**

Internet of things telah menjadi bidang penelitian tersendiri sejak berkembangnya teknologi internet dan media komunikasi lain. Dengan hadirnya teknologi ini, manusia dapat untuk mengontrol dan menganalisa data dari sensor ataupun mesin dari jarak jauh tanpa menyentuh alat tersebut. IoT dapat berfungsi penting di integrasi dari komunikasi, kontrol and processing informasi yang menyebrangi berbagai macam transportasi. Aplikasi dari IoT akan berlanjut terhadap semua aspek seperti sistem transportasi contoh mobil dan pengendara atau pengguna [2].

Untuk mencapai tujuan utama dalam IoT harus menjembatani kesenjangan antara dunia fisik dan dunia informasi. Sebuah sensor yang mengumpulkan data ke dalam format mesin dan kemudian dipertukarkan ke berbagai bentuk format data (Things) [8]. Pada lingkungan IoT terdiri dari sejumlah besar perangkat dan kendala yang cukup banyak terutama volume penyimpanan dan kemampuan pemrosesan, jangkauan radio serta masa pakai. Oleh karena itu membutuhkan protokol komunikasi yang dapat secara efisien dalam mengelola kondisi ini [9].

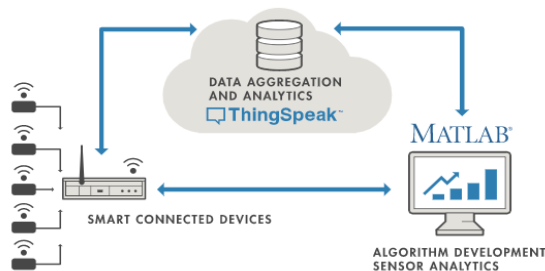


Gambar 3. IoT communication protocols [9]

Umumnya, protokol komunikasi untuk IoT dapat dikategorikan menjadi: (1) LPWAN dan (2) jaringan jarak pendek, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.

### G. Thingspeak

*ThingSpeak* adalah layanan internet bersedia untuk mengaplikasi sistem IoT. *ThingSpeak* berisi suatu aplikasi yang disertakan API untuk pengguna memudahkan menyimpan atau mengambil data dengan berbagai perangkat yang pengaksesan menggunakan HTTP melalui berbagai jaringan. Jika seorang sedang membuat aplikasi yang memerlukan pengaksesan data, dia hanya perlu *login* atau mengakses menggunakan key API yang terhubung di ke perangkat [10].



Gambar 4. Thingspeak for IoT [11]

### H. Kalman Filter

Pada tahun 1960, Kalman mempublikasikan makalah yang menjelaskan persoalan filter linier data diskrit [12]. Kalman filter dapat memperkirakan keadaan suatu proses dengan meminimalkan kesalahan kuadrat rata-rata (mean square error) baik keadaan sebelumnya, saat ini dan yang akan datang. Kalman filter digunakan untuk memprediksikan nilai dari umpan balik kontrol dengan mekanis yang berbeda. Filter ini mengambil data dengan waktu yang berbeda dan nilai yang masih ber-*noise* atau nilai yang ada error. Berdasarkan perumusan kalman filter ini terbagi menjadi 2 yaitu persamaan dengan perubahan waktu dan persamaan *delta error* [20].

Dengan kedua persamaan mendapat nilai pra-perkiraan yang akan digunakan langkah selanjutnya. Persamaan perubahan waktu memprediksi nilai keadaan dan memperkirakan kovarian dari waktu langkah  $k-1$  menuju  $k$ . Persamaannya adalah:

$$\hat{x}_k = A\hat{x}_{k-1} + B\mu_{k-1} \quad (4)$$

$$P_k = AP_{k-1}A^T + Q \quad (5)$$

Sedangkan untuk persamaan perubahan pengukuran, langkah awal yang harus ditentukan adalah Kalman Gain (4), nilai proses sebenarnya

(4) untuk menghitung pasca perkiraan keadaan dengan melibatkan nilai hasil pengukuran, dan terakhir adalah menghitung error kovarian pasca perkiraan (5), sesuai dengan persamaan (6):

$$K_k = P_k H^T (H P_k H^T + R)^{-1} \quad (6)$$

### I. Averaging Filter

Salah satu cara termudah untuk menyaring data yang berisik adalah rata-rata. *Averaging* bekerja dengan menambahkan sejumlah pengukuran, membagi total dengan jumlah pengukuran yang ditambahkan bersama. Semakin banyak ukuran yang ditambahkan kedalam rata-rata, semakin banyak *noise* yang dihilangkan. Namun, ada hasil yang berkurang contoh: rata-rata dari 101 pengukuran tidak akan jauh lebih berisik daripada rata-rata 100.

### J. Running Filter

Satu kelemahan dari filter rata-rata adalah jumlah waktu yang diperlukan untuk melakukan pengukuran. Waktu pengukuran dapat menjadi penting dalam aplikasi daya rendah.

Sebuah alternatif untuk membuat semua pengukuran sekaligus kemudian rata-rata adalah membuat satu pengukuran pada suatu waktu dan menambahkannya ke rata-rata berjalan. Perhitungan rata-rata adalah sama: jumlah semua pengukuran dan bagi dengan berapa banyak yang di buat.

Ini memberikan respons yang jauh lebih lambat terhadap perubahan karena penundaan 100 ms antara membuat setiap pengukuran. Dengan kata lain, hanya dibutuhkan 16 ms untuk filter rata-rata untuk mendapatkan 16 pengukuran baru tetapi dibutuhkan 1,6 detik (16 x 100 ms) untuk rata-rata berjalan untuk mendapatkan 16 pengukuran baru. Jadi itu merespon perubahan lebih lambat. Dan dapat melihat itu di gambar di bawah ini. Garis abu-abu adalah pengukuran suhu baku yang sama seperti sebelumnya. Rata-rata berjalan ditunjukkan dengan warna biru.

### K. Exponential Filter

Filter terakhir digunakan adalah filter rekursif. Filter rekursif hanyalah salah satu yang menghitung nilai baru yang diperhalus ( $y_n$ ) dengan menggunakan nilai dihaluskan terakhir ( $y_{n-1}$ ) dan pengukuran baru ( $x_n$ ):

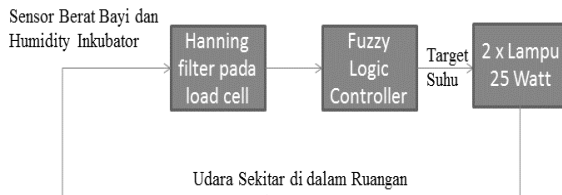
$$y_n = w \times x_n + (1-w) \times y_{n-1} \quad (7)$$

Jumlah *smoothing* dikendalikan oleh parameter pembobotan (*w*). Bobotnya adalah nilai antara 0% dan 100%. Ketika beratnya tinggi (katakanlah 90%), filter tidak memuluskan pengukuran sangat banyak tetapi merespon dengan cepat terhadap perubahan. Jika bobotnya rendah (katakanlah 10%), filternya sangat memperlancar pengukuran tetapi tidak merespon dengan cepat terhadap perubahan

### III. METODE PENELITIAN

#### A. Perancangan Perangkat Lunak

Diagram blok sistem dimulai dari *load cell* untuk menimbang berat bayi dan sensor *humidity* dapat dilihat pada Gambar 5. Sebelum memasuki *fuzzy logic controller* data sensor *load cell* dilakukan *filter* terlebih dahulu untuk menghindari *error* yang terjadi pada *load cell* yang disebabkan oleh gangguan sinyal luar atau dalam sensor tersebut.

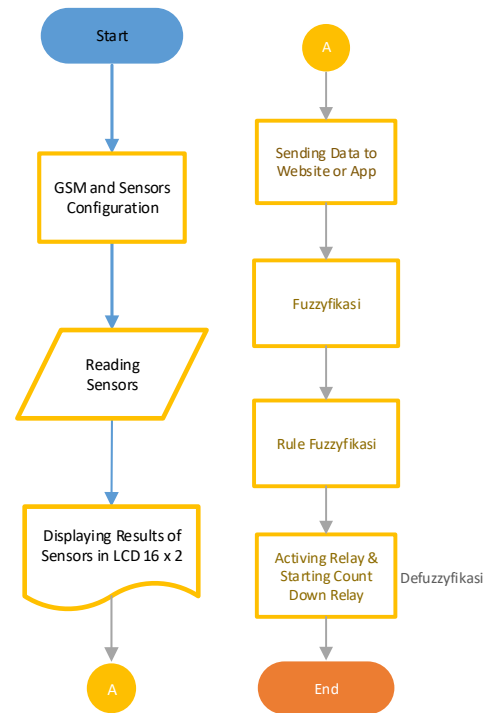


Gambar 5. Diagram Blok Sistem

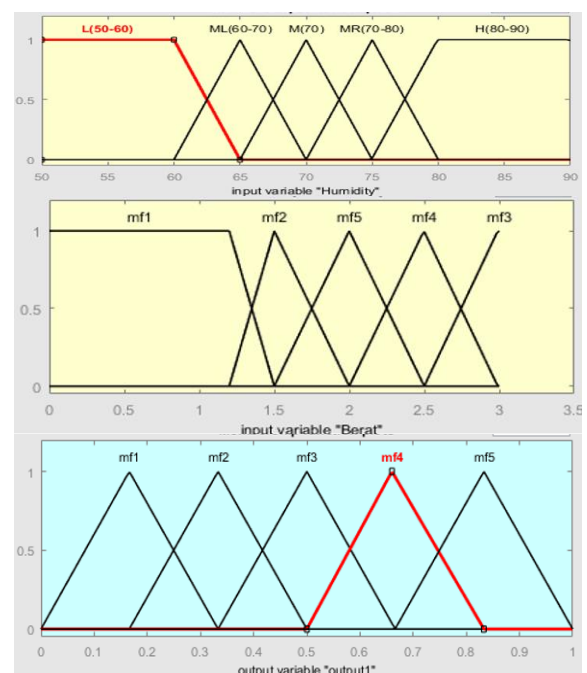
Metode *fuzzy* digunakan untuk memberi hasil keputusan pada *input humidity* dan berat. Pada hasil outputnya berupa suhu yang dimana pembacaan suhu dengan target hasilnya sama akan memutuskan arus yang terhubung pada lampu. Pada perancangan alat ini dapat memberi fungsi mengatur suhu ruangan inkubator bayi sesuai dengan yang diinginkan.

Gambar 6 merupakan *flowchart* sistem dimulai dari konfigurasi sensor dan modul *gsm*. *Input* sensor yang diambil dari sensor suhu, *load cell* dan *pulse* menggunakan coding *Visual C++*. Lalu setelah nilai setiap sensor didapati *Visual C++* memasuki hasil sensor ke *website* dan pada waktu melakukan *fuzzyfikasi* sesuai dengan nama variabel dan nilai bobot variabel. Selanjutnya akan dilakukan proses pengenalan *fuzzyfikasi* dengan metode *Fuzzy Logic Controller* dimana hasil pengeluarannya akan

mengaktifkan *relay* tersebut merupakan pengaturan pengaktifkan bola lampu yang menghasilkan panas telah ditentukan untuk sistem *Fuzzy Logic Controller*.



Gambar 6. Flowchart dari Sistem Kendali Inkubator Bayi



Gambar 7. Perancangan Fungsi Keanggotaan *Input* dan *Output* dari Sistem Kendali Fuzzy Inkubator

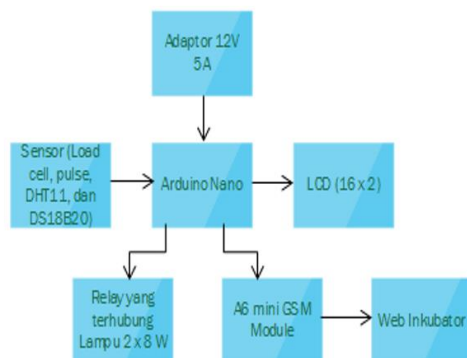
Gambar 7 adalah rancangan fungsi keanggotaan untuk pengendali inkubator. Pada penelitian ini menggunakan dua *input* yaitu Humidity dengan lima himpunan yaitu L, ML, M, MR, dan H. *Input* yang kedua yaitu Berat (Weight) yang terdiri dari 5 anggota himpunan yaitu mf1, mf2, mf3, mf4 dan mf5. Kami menggunakan satu output dengan nama Output1 yang memiliki lima anggota mf1, mf2, mf3, mf4 dan mf5 yang dibagi rentang nilainya seperti tampak pada Gambar 7. Sedangkan pada Tabel 1 adalah rancangan Rulebase dari sistem kendali fuzzy yang dirancang.

Tabel 1. Rancangan fuzzifikasi

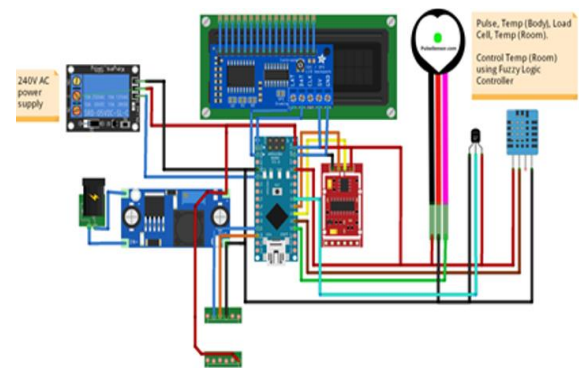
Weight / Humid	Humidity				
	50 - 60 %	60 - 70 %	70 - 80 %	80 - 90 %	90 %
1 - 1,2 Kg	36 °C	36,4 °C	36,6 °C	36,8 °C	37 °C
1,2 - 1,5 Kg	34,8 °C	35,2 °C	35,6 °C	35,8 °C	36 °C
1,5 - 2 Kg	33,6 °C	34 °C	34,2 °C	34,8 °C	35 °C
2 - 2,5 Kg	32,4 °C	32,8 °C	33 °C	33,8 °C	34 °C
>= 2,5 Kg	31,2 °C	31,6 °C	31,8 °C	32,8 °C	33 °C

### B. Perancangan Perangkat Keras

Setelah dirancang perangkat lunak seperti penjelasan diatas maka dirancanglah *hardware* berupa *prototype inkubator* dengan diagram *hardware* seperti berikut:



Gambar 8. Diagram Blok Sistem Pengendali Inkubator Bayi

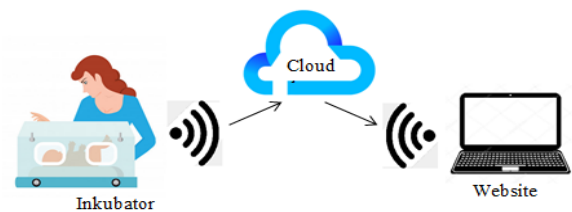


Gambar 9. Skematik Sistem Pengendali Inkubator Bayi

Rangkaian diatas adalah rangkaian skematik hampir keseluruhan dimana rangkaian ini terdapat power jack digunakan untuk koneksi tegangan dari luar 6 – 12 Volt kemudian melewati LM2596 yang berfungsi untuk menurunkan tegangan tadi menjadi 5 Volt atau *input* Arduino Nano. Pada dasarnya rangkaian ini menggunakan Arduino Nano yang dapat mensuplay *input* yang cukup banyak. Pada *output* Hx711 driver disambungkan ke *load cell*, dimana terdiri atas 4 kabel yaitu vcc, gnd, sda, dan SCL.

### C. Perancangan GSM dan Web Server

Perancangan komunikasi IoT Inkubator Bayi dengan Webservice dapat dilihat pada Gambar 10. Prinsip kerja sistem ini dimulai dari sensor – sensor yang ada di kotak inkubator, pembacaan hasil sensor di kirim data ke cloud dengan Arduino Nano dan GSM. Sensor – sensor tadi ditampilkan data secara *real-time* kepada website melewati *cloud* sehingga client dapat memonitoring berat bayi, detak jantung, suhu badan tanpa mendatangi rumah sakit atau klinik. Pada sisi server terus – menerus mengirim data ke *cloud* agar *client* dapat mengambil data secara *real-time*.



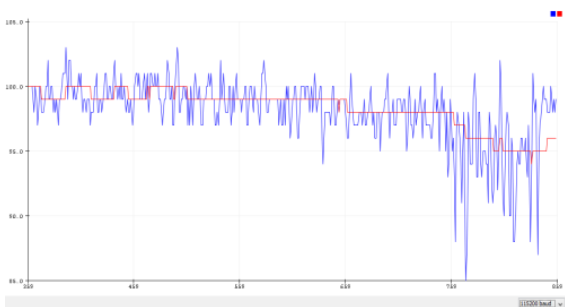
Gambar 10. Perancangan komunikasi IoT Inkubator Bayi dengan Webservice

Suatu web yang berkomunikasi dengan perangkat lunak *client* melalui HTTP pada umumnya menggunakan *request* dan *response* agar pengguna dapat mengaksesnya. Metode *request* adalah membaca data di HTTP kemudian metode *response* adalah mengembalikan hasil *response* HTTP ke pengguna.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

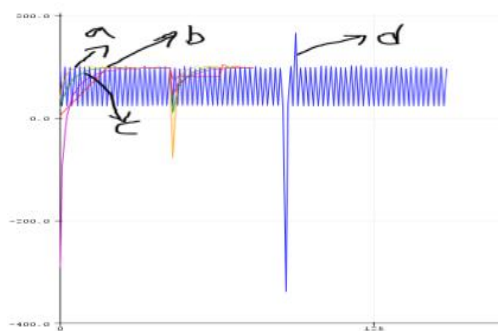
D. Pengujian Sensor Load Cell

Sebelum memulai *input* ke *Fuzzy Logic Controller* perlu menyetel *input* terlebih dahulu dengan *load cell*. Berikut ini adalah hasil pengujian hasil *load cell* pada serial monitor Arduino.



Gambar 11. Hasil Pengujian Sensor *Load Cell* dengan Metode Kalman Filter

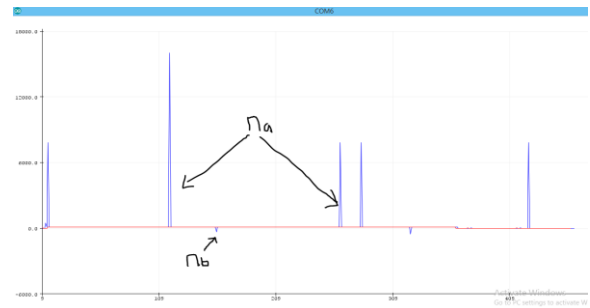
Pada Gambar 12 dapat dilihat bahwa *output* sudah difilter dengan baik dan tidak lagi berisolasi seperti awalnya tetapi respon pada *output* ini tidak terlalu cepat respon jadi jika berat yang ditimbang adalah 10 kg maka memerlukan waktu sekitar 1 Menit. Metode kalman ini menggunakan error yang sebelumnya kemudian dijumlahkan kemudian update pengukuran yang baru.



Gambar 12. Hasil Pengujian Sensor *Load Cell* dengan metode (a) Lowpass Filter,

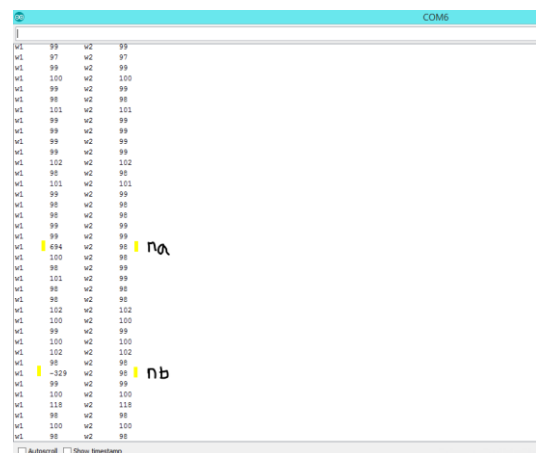
(b) Averaging Filter, (c) Moving Average, (d) Data Respon

Pada Gambar 13 menunjukkan hasil pengujian sensor *load cell* dengan metode kalman, moving average dan low pass filter. Hasil pengujian pada gambar diatas adalah dimana penggunaan filter *bandpass* dan *lowpass* hampir menyerupai dapat mengurangi *noise* yang terlalu tinggi dan terlalu rendah hanya tetapi masih dapat digunakan karena terdapat nilai yang tidak akurat. Pada averaging filter, hasil pembacaan sensor *load cell* ini sudah mengalami penurunan data dengan menjumlahkan 25 data kemudian di bagi banyak data.



Gambar 13. Hasil Pengujian Sensor *Load Cell* pada *Serial Plotter*

Pada Gambar 14 adalah hasil pengujian sensor *load cell* dengan metode *Hanning Filter*. Metode ini digunakan untuk menyimpan data yang lama kemudian mengupdate menjadi data yang *error* tanpa mengubah komposisi data atau saat terjadi *error* pada sensor maka data tersebut digantikan dengan data sebelumnya.

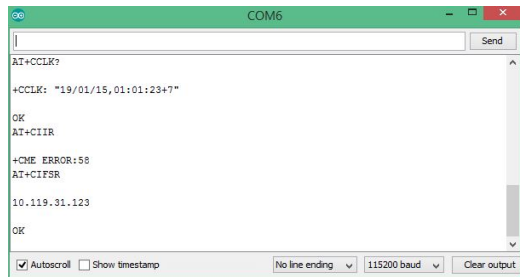


Gambar 14. Hasil Pengujian Sensor *Load Cell* pada *Serial Monitor*

Pada Gambar 14 hasil *output* sensor *load cell* yang terjadi error tadi, telah ganti sesuai data sebelumnya. Di mana data yang terjadi *noise* setelah data yang diambil 98 gram kemudian terjadi *noise* yang tinggi -128 gram dan kembali normal (na). Sehingga data ini dapat digantikan dengan data sebelumnya yaitu 98 gram menjadi data yang baru.

### E. Pengujian Module A6 mini GSM

Pada Gambar 15 menunjukkan hasil pengujian module GSM, dimana hasil pengujian signal sekitar 22,99. Kemudian dilanjutkan pengujian pada “*check sim card*” yang telah terdaftar yaitu CCID. Pada pengujian ini menggunakan AT command pada Arduino.

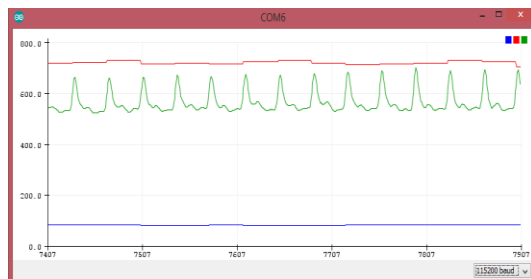


Gambar 15. Hasil Pengujian Setup GPRS pada Module A6 Mini GSM

Pada hasil pengujian set –up GPRS terjadi error dimana error yang ditunjukkan adalah CME: 58. Error ini terjadi dikarenakan at command yang digunakan tidak terdaftar pada module ini sehingga AT command untuk menginalisasi GPRS adalah AT+CIIR.

### F. Pengujian Sensor Detak Jantung

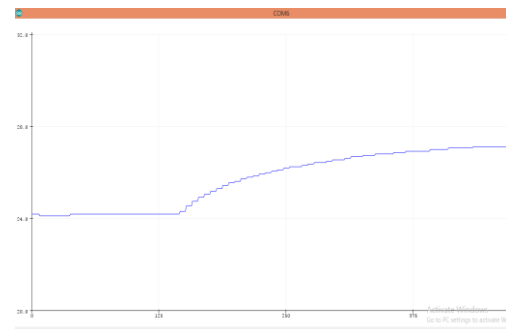
Pada Gambar 16 menunjukkan bahwa *output* sensor tersebut beresilasi dan waktu yang digunakan untuk menganalisis sangat sensitif dikarenakan dalam ukuran milidetik.



Gambar 16. Hasil pengujian sensor detak jantung dengan referensi dari datasheet

Pada Gambar 17 hasil output dengan kode program dimana dengan menggunakan arduino terjadi interrupt. Interrupt adalah suatu keadaan dimana saat pemicu program interrupt dipicu baik secara eksternal ataupun internal, program interrupt akan menghentikan sejenak program yang sedang dijalankan oleh Arduino dan melaksanakan program interrupt tersebut. Dikarenakan waktu pada proses pembacaan sensor biasanya terjadi pada sensor pulse.

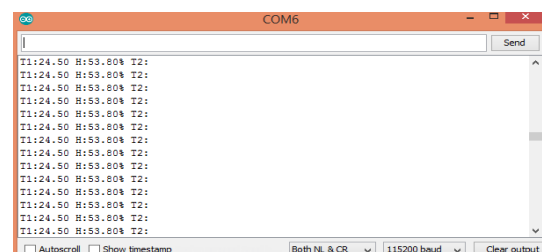
Dari Gambar 17 merupakan hasil pengujian sensor DS18B20 atau sensor suhu yang terpasang pada tangan bayi dengan ukuran suhu sekitar 30 derajat celsius. Hasil yang didapat menunjukkan kenaikan suhu cukup besar jika suhu ruangan meningkat dengan suhu sekitar 38 celsius.



Gambar 17. Hasil pengujian sensor DS18B20

### G. Pengujian Sensor Temperature dan Humidity

Pada Gambar 18 didapatkan bahwa akurasi pada sensor ini lebih baik dengan tegangan dan response sinyal 2 detik. Jadi jika sensor ini dipasang pada ruangan maka sensor ini dapat mengukur suhu lebih akurat.



Gambar 18. Hasil pengujian sensor DHT22

### H. Pengujian Inkubator

Tabel 1 merupakan hasil monitoring parameter yang diukur pada inkubator bayi. Pada pengujian ini diamati seberapa lama peningkatan

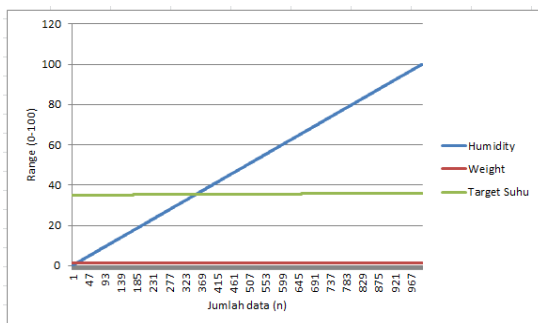


suhu pada sekitar dan ruangan inkubator. Dengan pengujian ini mendapat bahwa untuk mencapai suhu tertentu dari 24 celcius sekitar 20 menit dan kemudian relay pada inkubator menonaktifkan *heater* dengan waktu 5 menit.

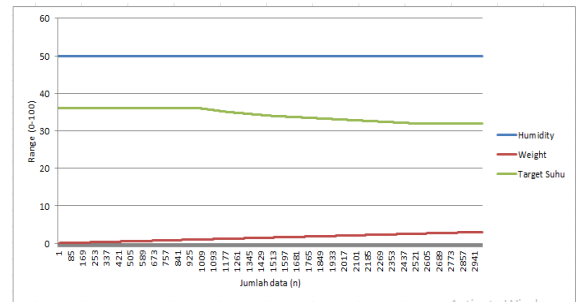
Tabel 2. Hasil Monitoring Parameter Inkubator Bayi

Waktu (menit)	Temp °C	Humid %	Temp2 °C	Temp saat kondisi	Jam	Heater
0	28	87	29.6	29.6	14:45	on
5	29	86	29.9			on
10	29	86	30.2			on
15	30	83	30.9			on
20	30	80	31.5	31.2	15:03	off
25	30	80	31.6			off
30	30	80	31.6			off
35	30	80	31.5			off
40	30	80	31.4	31.4	15:23	on
45	30	79	31.7	31.5	15:27	off
50	30	79	31.7			off
55	30	79	31.6	31.6	15:43	on
60	30	79	31.6	31.7	15:46	off
65	30	78	31.9			off
70	30	78	31.8			off
75	30	79	31.8			off
80	30	79	31.7	31.7	16:02	on
85	30	77	31.9	31.8	16:07	off
90	30	78	31.9			off
95	30	78	31.8			off
100	30	78	31.7	31.8	16:24	on
105	30	78	31.9	31.9	16:27	off

Hasil pengujian pada Gambar 19 dilakukan untuk menguji *input* fuzzy yang telah di atur sesuai tabel perancangan fuzzy. Dimana pada saat *input humidity* meningkat target atau output suhu yang di set – up meningkat sedikit dengan berat yang tetap.



Gambar 19. Hasil pengujian metode fuzzy dengan potensio



Gambar 20. Hasil Pengujian Metode Fuzzy Dengan Peningkatan Berat

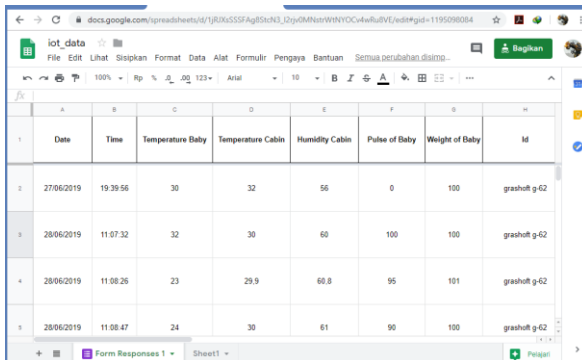
Pengujian kedua seperti dilakukan dengan mengubah *input* sensor berat dimana hasil pengujian tersebut pada saat peningkatkan *input* berat target atau *output* suhu yang di set-up tidak mengalami peningkatan jika disesuaikan dengan tabel perancangan fuzzy adalah benar seperti tampak pada Gambar 20.

Pada Gambar 21 ditunjukkan hasil percobaan untuk menguji IoT dan mengirim data dari Arduino ke Thingspeak. Pengujian ini dilakukan untuk menampilkan data yang diambil sebanyak 5 kali dan *realtime* data. Dapat dilihat pada gambar bahwa peningkatan suhu, berat dan pulsa jantung.



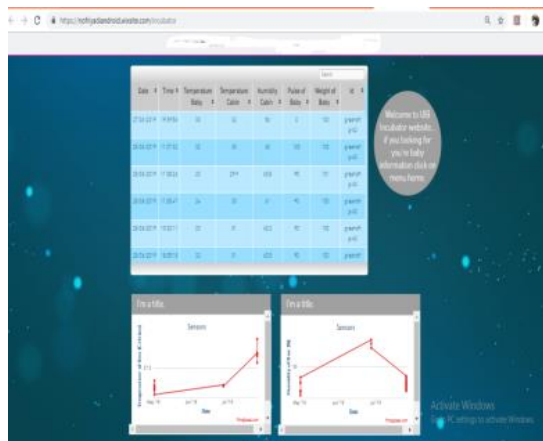
Gambar 21. Hasil Test menggunakan thingspeak

Pada Gambar 22 merupakan hasil data dari tampilan *channel* di Thingspeak yang ditampilkan menggunakan excel online di Google Sheet. Fungsi Google Sheet untuk menyimpan semua data dan kemudian sebagai tampilan ke website dengan riwayat data itu masuk sehingga dapat diakses setiap saat.



	A	B	C	D	E	F	G	H
1	Date	Time	Temperature Baby	Temperature Cabin	Humidity Cabin	Pulse of Baby	Weight of Baby	Id
2	27/06/2019	19:39:56	30	32	56	0	100	grashoft g-62
3	28/06/2019	11:07:32	32	30	60	100	100	grashoft g-62
4	28/06/2019	11:08:26	23	29.9	60.8	95	101	grashoft g-62
5	28/06/2019	11:08:47	24	30	61	90	100	grashoft g-62

Gambar 22. Hasil Test Menggunakan Google Sheet



Gambar 23. Hasil Web Untuk Data dari Google Sheet

Pada Gambar 23 merupakan hasil tampilan pembacaan pengujian data yang sudah terhubung ke Google Sheet. Pada menu awal adalah tampilan utama sebelum masuk ke halaman. Website ini dibuat dengan bantuan *engine wixsite* yang memudahkan pembuatan tampilan web.

## V. KESIMPULAN

Pada penelitian ini sebuah pengendali temperatur inkubator telah dirancang dan diuji pada Inkubator Grashoft Tipe G – 62. Hasil monitoring parameter utama pada bayi secara

*real time* berhasil di demonstrasikan dengan menunjukkan rekaman data dari waktu ke waktu melalui website yang dirancang. Dengan menerapkan *fuzzy logic controller*, hasil output dari metode ini ke lampu untuk mengontrol suhu udara pada ruangan inkubator dapat dinyatakan berhasil dengan error yang cukup kecil dan respon pada output cukup cepat.

## VI. DAFTAR PUSTAKA

- [1] J. E. Lawn et al., "Born Too Soon: Care for the preterm baby," *Reprod Health*, vol. 10, no. SUPPL. 1, pp. 1–19, Nov. 2013, doi: 10.1186/1742-4755-10-S1-S5/FIGURES/8.
- [2] A. Junaidi, "INTERNET OF THINGS, SEJARAH, TEKNOLOGI DAN PENERAPANNYA : REVIEW," *Jurnal Ilmiah Teknologi Infomasi Terapan*, vol. 1, no. 3, Aug. 2015, doi: 10.33197/JITTER.VOL1.ISS3.2015.66.
- [3] A. Otálora, C. Molano, and O. M. L. Tovar, "DESIGN AND IMPLEMENTATION OF A PROTOTYPE FOR NEONATAL INTENSIVE CARE INCUBATOR WITH FUZZY CONTROLLER," 2014.
- [4] A. W. Kale, A. H. Raghuvanshi, P. S. Narule, P. S. Gawatre, and S. B. Surwade, "Arduino Based Baby Incubator Using GSM Technology," *International Research Journal of Engineering and Technology*, 2018, Accessed: Jan. 14, 2023. [Online]. Available: [www.irjet.net](http://www.irjet.net)
- [5] A. Yulianto and N. G. Goewin, "Sistem Notifikasi Kedatangan Bus Berbasis IoT," *Telcomatics*, vol. 7, no. 1, pp. 1–8, Jul. 2022, doi: 10.37253/TELCOMATICS.V7I1.6781.
- [6] H. A. Kusuma, R. Anjasmara, T. Suhendra, H. Yunianto, and S. Nugraha, "An IoT Based Coastal Weather and Air Quality Monitoring Using GSM Technology," in *Journal of Physics: Conference Series*, May 2020, vol. 1501, no. 1. doi: 10.1088/1742-6596/1501/1/012004.
- [7] I. Roihan et al., "Pemberdayaan Masyarakat untuk Mencegah Kematian Bayi: Peminjaman Gratis Inkubator untuk Seluruh Nusantara," 2020.
- [8] M. T. Reddy, R. K. Mohan, E. Student, and A. Professor, "Applications of IoT: A Study," 2017, doi: 10.13140/RG.2.2.27960.60169.
- [9] S. Al-Sarawi, M. Anbar, K. Alieyan, and M. Alzubaidi, "Internet of Things (IoT) communication protocols: Review," *ICIT 2017 - 8th International Conference on Information Technology*, Proceedings, pp. 685–690, Oct. 2017, doi: 10.1109/ICITECH.2017.8079928.
- [10] E. Sorongan, Q. Hidayati, K. Priyono, E. Sorongan, Q. Hidayati, and K. Priyono,

- “ThingSpeak sebagai Sistem Monitoring Tangki SPBU Berbasis Internet of Things,” JTERA (Jurnal Teknologi Rekayasa), vol. 3, no. 2, pp. 219–224, Dec. 2018, doi: 10.31544/JTERA.V3.I2.2018.219-224.
- [11] “Learn More - ThingSpeak IoT.” [https://thingspeak.com/pages/commercial\\_learn\\_more](https://thingspeak.com/pages/commercial_learn_more) (accessed Jan. 14, 2023).
- [12] C. Montella, “The Kalman Filter and Related Algorithms: A Literature Review.” [Online]. Available: <https://www.researchgate.net/publication/236897001>