

**INKUBATOR BAYI BERBASIS MIKROKONTROLER
DILENGKAPI SISTEM TELEMETRI MELALUI
JARINGAN RS 485**

Roni Wijaya¹, F. Dalu Setiaji², Daniel Santoso³

Prodi Teknik Elektro, Fakultas Teknik Elektronika dan Komputer

Universitas Kristen Satya Wacana, Salatiga

¹roniwijaya1989@yahoo.com, ²fdsetiaji@yahoo.com, ³danvicz@yahoo.com

INTISARI

Saat ini angka kematian bayi di Indonesia tergolong tinggi. Salah satu penyebabnya adalah tidak meratanya penyebaran inkubator bayi yang fasilitasnya lengkap, karena harganya mahal. Penelitian ini bertujuan merancang dan merealisasikan sebuah inkubator bayi yang memiliki fasilitas lebih baik dibandingkan dengan inkubator sederhana yang dijual di pasaran, dengan harga yang tetap terjangkau. Pada penelitian ini digunakan elemen pemanas listrik sebagai sumber panas, AVR ATmega 8535 sebagai pengendali serta sensor suhu dan kelembaban SHT 11. Metode pengendalian elemen pemanas yang digunakan adalah metode *on – off* dengan histeresis. Suhu ruang inkubator dapat diatur oleh pengguna antara 28°C – 37°C. Inkubator dilengkapi penanda saat terjadi kesalahan pada salah satu fungsi inkubator. Sistem telemetri berbasis RS 485 juga diimplementasikan pada inkubator ini, sehingga suhu dan kelembaban ruang inkubator dapat dipantau melalui sebuah komputer dari jarak jauh. Hasil pengujian menunjukkan suhu ruang inkubator dapat dijaga stabil pada kisaran 28°C – 37°C ralat maksimal 1°C. Program aplikasi antarmuka sistem telemetri dapat mengirimkan perintah permintaan data pada inkubator setiap 30 detik kemudian *data logger* akan mencatat data hasil pengukuran yang diterima dari inkubator setiap lima menit sekali.

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Menurut data hasil Survei Demografi dan Kesehatan Indonesia (SDKI) tahun 2007, Angka Kematian Bayi (AKB) di Indonesia masih tergolong tinggi, yaitu 34 kematian per 1000 kelahiran hidup. Angka ini lebih tinggi jika dibandingkan dengan negara tetangga seperti Singapura (3 kematian per 1000 kelahiran hidup), Brunei Darussalam (8 kematian per 1000 kelahiran hidup) dan Malaysia (10 kematian per 1000 kelahiran hidup) [1],[2]. Salah satu penyebabnya adalah bayi lahir prematur yang menyumbang 70-80% angka kematian bayi. Sesuai prosedur perawatan, bayi yang baru lahir harus dimasukkan ke dalam inkubator. Hal ini berarti inkubator sangat dibutuhkan dalam perawatan bayi baru lahir [3]. Akan tetapi, dihadapkan dengan harga inkubator digital yang mahal [4], tidak semua instansi kesehatan mampu menyediakan inkubator atau hanya mampu menyediakan inkubator sederhana yang memiliki fasilitas kurang memadai.

Oleh karena itu, pada penelitian ini dibuat sebuah inkubator yang memiliki fasilitas lebih baik dari inkubator sederhana, tetapi dengan harga terjangkau. Inkubator yang dirancang dan direalisasikan ini mempunyai pengatur dan penampil suhu dan kelembaban ruang inkubator serta dilengkapi sistem telemetri dengan program antarmuka yang dilengkapi *data logger*. Tabel 1 menunjukkan perbandingan fitur beberapa inkubator yang sudah ada dan inkubator yang dirancang.

Tabel 1. Perbandingan Inkubator yang dirancang dengan dua inkubator buatan pihak lain.

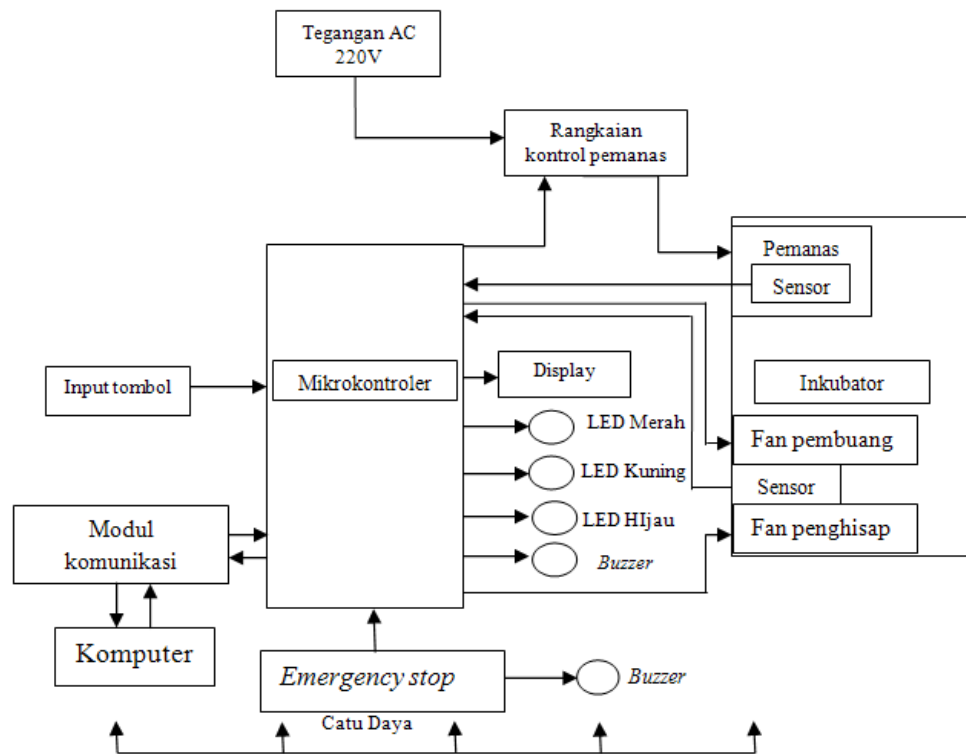
Spesifikasi	Inkubator Bayi Sanes BIC – 301 produksi Sanes Medical [4]	Inkubator bayi buatan Universitas Pendidikan Ganesha[5]	Inkubator Bayi yang akan dirancang
Konsumsi Daya	350 W	300 W	300 W
Kontrol manual	<i>Down temp, up temp, lock temp</i>	Tidak ada, suhu inkubator diatur pada suhu 36°C-38°C	<i>Down temp, up temp, lock temp</i>
Sistem alarm	<i>Ada, air failure, fan failure, dan over temperature</i>	Tidak ada	<i>Ada, heater failure, dan over temperature</i>
Telemetri	Tidak ada	Tidak ada	Ada, menggunakan jaringan RS 485
Indikator suhu	Ada	Ada	Ada
Indikator kelembaban	Ada	Tidak ada	Ada
Sumber panas	Filamen pemanas	Lampu pijar	Filamen pemanas

2. PERANCANGAN

2.1 Perancangan Perangkat Keras

Pada inkubator yang dibuat, pengaturan temperatur dilakukan dengan mengendalikan pemanas sesuai dengan nilai umpan balik yang diterima pengendali mikro dari sensor suhu dan kelembaban SHT 11. Nilai umpan balik tersebut akan dibandingkan dengan nilai *set point* (nilai temperatur yang dikehendaki), dan hasil perbandingan tersebut akan dijadikan acuan bagi pengendali mikro untuk mengendalikan pemanas dan kipas sirkulasi udara.

Secara umum, sistem inkubator yang dibuat terdiri dari beberapa modul dan dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Blok diagram alat keseluruhan

Penyusunan bentuk dan kelengkapan sistem tersebut, mengacu pada bentuk dan kelengkapan sistem inkubator yang sudah dibuat sebelumnya dan yang ada di pasaran.

2.1.1 Modul Pengendali Mikro

Pengendali mikro yang digunakan merupakan pengendali mikro keluarga AVR tipe ATmega8535. Pengendali mikro ini akan digunakan untuk mengendalikan beberapa modul yang lain, yaitu:

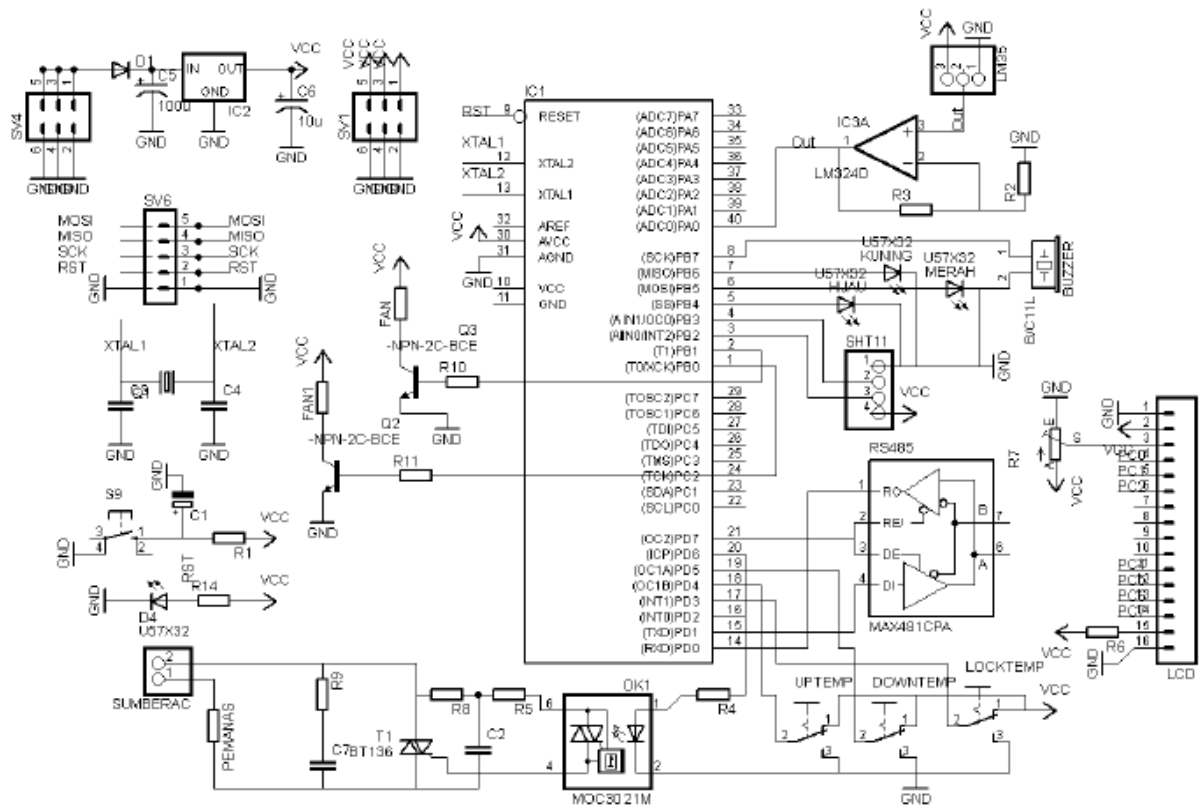
1. Modul sensor SHT 11 dan LM35; mengendalikan dan menerima serta mengolah data yang dihasilkan.
2. Modul pengendali pemanas; mengendalikan waktu pemicuan TRIAC.
3. Modul komunikasi data berbasis RS485; menerima perintah dari personal komputer dan mengirim data sesuai perintah.
4. Modul LCD dan LED indikator; menampilkan nilai suhu dan kelembaban ruang utama inkubator pada LCD dan menampilkan status kerja inkubator melalui LED indikator.

INKUBATOR BAYI BERBASIS MIKROKONTROLER DILENGKAPI SISTEM TELEMETRI MELALUI JARINGAN RS 485

Roni Wijaya, F. Dalu Setiaji, Daniel Santoso

5. Modul tombol pengaturan; menerima masukan nilai suhu acuan.
6. Modul *buzzer*; memberikan peringatan saat terdapat kesalahan pada sistem.
7. Modul kipas penghisap dan penghembus; mengendalikan kipas untuk sirkulasi udara.

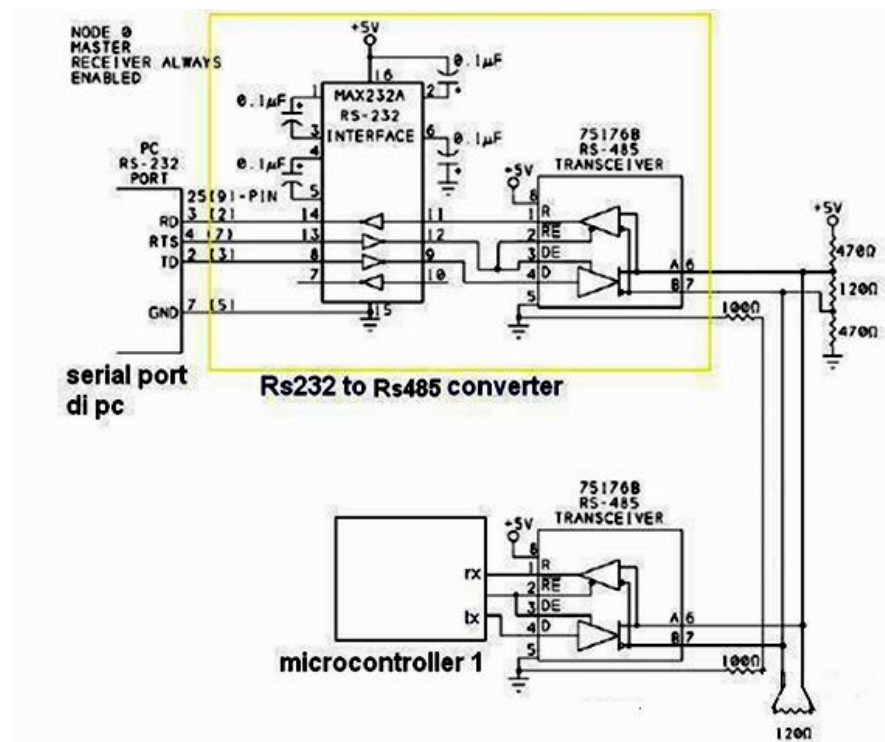
Gambar 2 menunjukkan skema rangkaian secara keseluruhan dengan AVR ATmega8535 sebagai pusat pengendali.



Gambar 2. Skema rangkaian inkubator secara keseluruhan

2.1.2 Modul Komunikasi Data

Pada inkubator ini, modul komunikasi data berupa jaringan *half duplex* RS 485. Modul ini tetap membutuhkan RS 232, karena RS 485 tidak dapat secara langsung dihubungkan pada komputer karena adanya perbedaan aras tegangan. RS 232 digunakan untuk mengkonversi aras tegangan TTL dari RS 485 menjadi aras tegangan yang dapat diterima oleh komputer.



Gambar 3. Jaringan *half duplex* RS 485

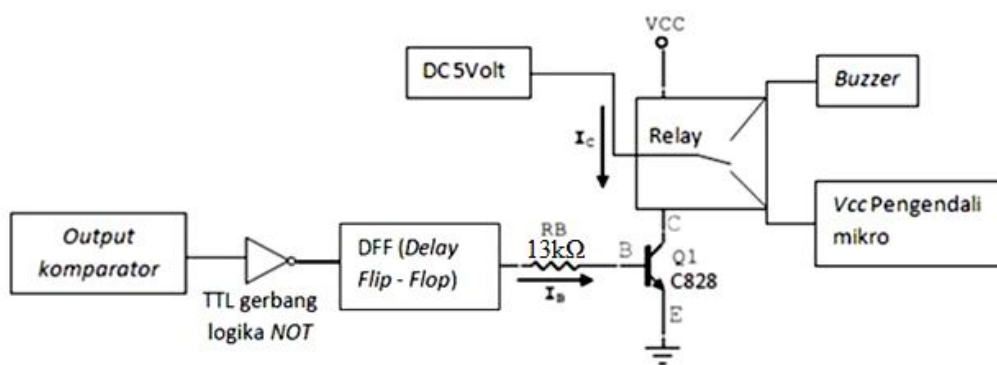
2.1.3 Modul *Emergency Stop*

Inkubator bayi ini dilengkapi dengan modul *emergency stop*. Modul *emergency stop* ini memiliki sistem sendiri, sehingga apabila terjadi suatu kesalahan pada pengendali mikro, modul ini akan tetap aktif dan akan memutuskan catu tegangan pada pengendali mikro serta memberikan peringatan menggunakan *buzzer*.

Modul ini menggunakan sebuah sensor suhu LM 35 untuk memantau suhu elemen pemanas. Jika pengendali mikro melakukan kesalahan dalam mengendalikan pemanas yang menyebabkan pemanas tetap aktif meskipun suhu inkubator telah

melampaui batas aman yang maka modul ini akan memutus catu tegangan pengendali mikro, sehingga elemen pemanas menjadi tidak aktif.

Modul ini dirancang agar tetap mencatu pengendali mikro dengan tegangan 5V melalui sebuah *relay*, selama suhu pemanas tidak lebih dari 94°C (berdasarkan hasil pengukuran LM 35 yang diberikan ke komparator). *Relay* dikendalikan menggunakan rangkaian antarmuka transistor sebagai saklar dengan transistor yang digunakan adalah transistor tipe NPN seri C828. Tegangan masukan dari rangkaian antarmuka transistor berasal dari keluaran DFF (*Delay Flip Flop*).



Gambar 4. Rangkaian antarmuka pengendali *relay* untuk *emergency stop*

2.2 Perancangan dan Realisasi Perangkat Lunak

Kerja perangkat lunak dimulai dengan inisialisasi pengendali mikro dan sinkronisasi antara sensor yang digunakan dengan pengendali mikro. Lalu pengendali mikro akan terus menerus mengirim perintah pengukuran suhu dan kelembaban ruang incubator ke sensor SHT 11 serta mengumpulkan data hasil pengukuran tersebut dari sensor tersebut. Selain itu pengendali mikro juga akan terus menerima keluaran dari sensor LM 35 yang berfungsi memantau suhu dari elemen pemanas yang telah dikuatkan menggunakan rangkaian penguat *non – inverting*, untuk dikonversi menjadi data digital.

Hasil pengukuran dari kedua sensor tersebut kemudian dikonversi dan ditampilkan pada LCD. Selain itu pengendali mikro juga menyalakan LED indikator yang menandakan status kerja incubator. Selama nilai suhu aktual pada incubator masih lebih besar dibandingkan dengan suhu acuan awal yang telah diprogramkan pada pengendali mikro yaitu 28 °C, maka pengendali mikro tidak akan mengaktifkan pemanas.

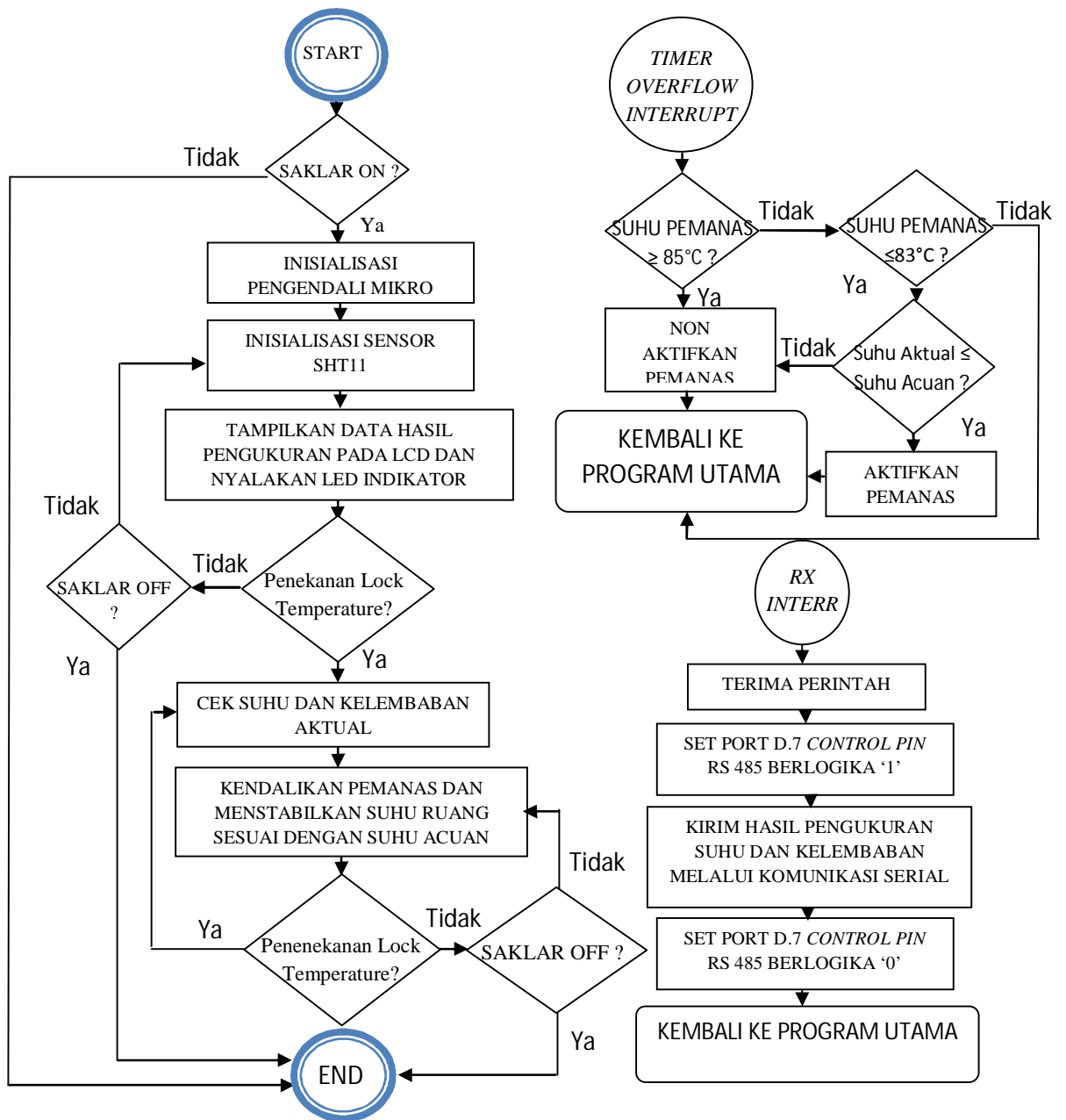
Jika pengguna menekan tombol *lock temperature*, maka pengendali mikro akan menerima nilai suhu acuan baru yang harus dicapai. Kemudian hasil pengukuran sensor SHT 11 dibandingkan dengan nilai acuan dari pengguna untuk digunakan oleh pengendali mikro sebagai acuan dalam mengendalikan pemanas sehingga suhu sesuai dengan nilai acuan tersebut. Hasil pengukuran sensor LM 35 juga dijadikan acuan dalam mengendalikan pemanas. Dengan menggunakan bantuan *timer overflow interrupt*, dilakukan pengecekan hasil pengukuran sensor suhu LM 35 secara berkala, agar pengendali mikro dapat meng *non* aktifkan pemanas, saat suhu dari pemanas $\geq 85^{\circ}\text{C}$ dan baru akan diaktifkan kembali saat suhu dari pemanas $\leq 83^{\circ}\text{C}$.

Pada perangkat lunak yang dibuat, *timer overflow interrupt* menjadi prioritas utama. Selain *timer overflow interrupt*, perangkat lunak yang dibuat juga menggunakan *USART Receiver Interrupt*.

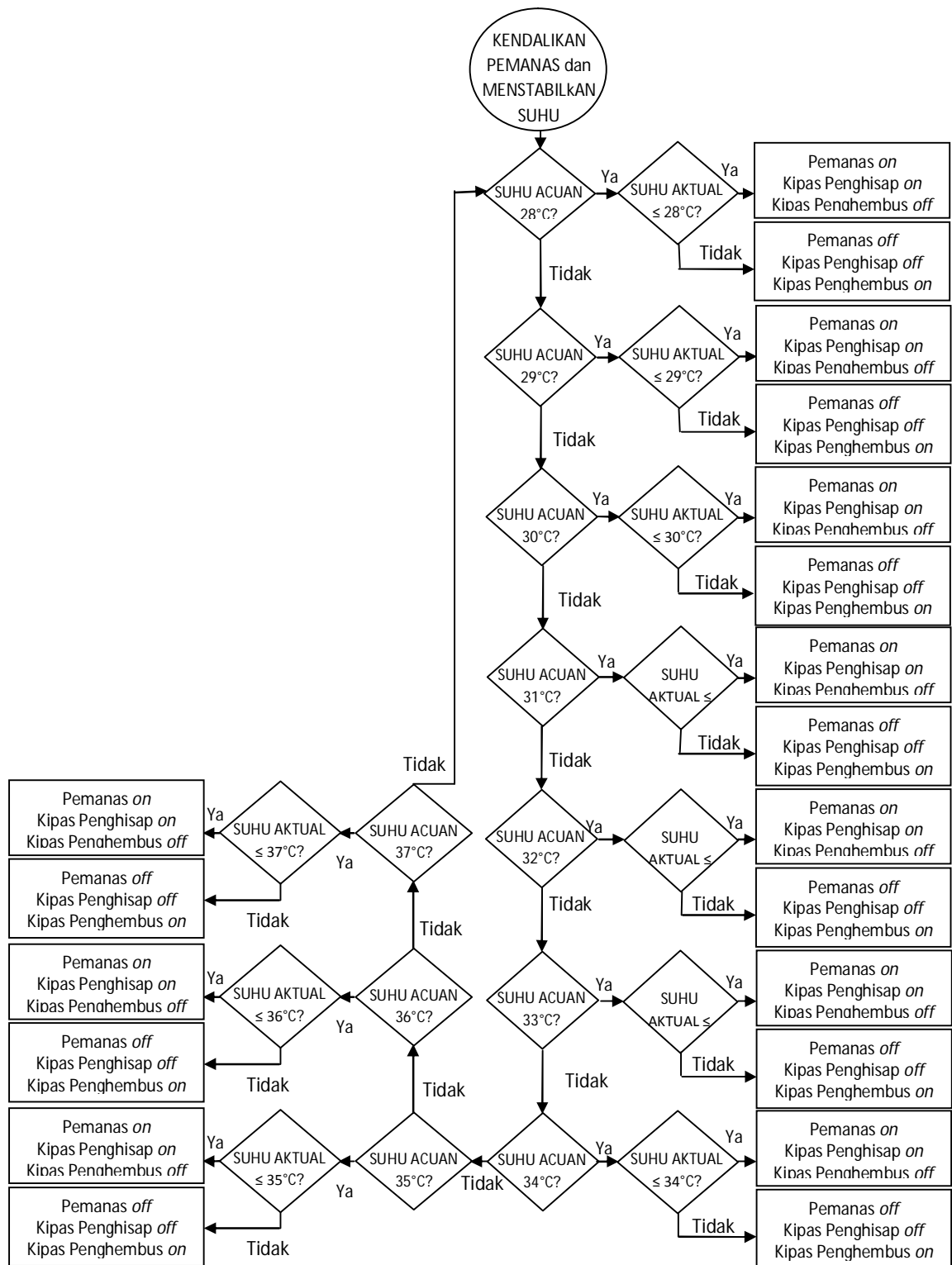
USART Receiver Interrupt berfungsi untuk melayani permintaan data dari personal komputer yang terhubung pada inkubator melalui komunikasi serial. Saat terdapat *USART Receiver Interrupt*, maka pengendali mikro akan menjalankan *RX Interrupt Service Routine*. Pengendali mikro akan mengubah PORT D.7 yang merupakan *control pin* RS 485 menjadi berlogika '1', sehingga RS 485 bertindak sebagai pengirim. Kemudian pengendali mikro akan mengambil data hasil pengukuran yang telah disimpan pada sebuah variabel dan data tersebut dikirimkan melalui RS 485. Selanjutnya, pengendali mikro kembali mengubah PORT D.7 menjadi logika '0', sehingga RS 485 bertindak sebagai penerima dan siap menerima permintaan data selanjutnya. Gambar 5 menunjukkan diagram alir program utama beserta rutin layanan interupsi *timer* dan komunikasi serial sedangkan Gambar 6 menunjukkan diagram alir subrutin pengendalian suhu yang ada dalam program utama.

**INKUBATOR BAYI BERBASIS MIKROKONTROLER DILENGKAPI SISTEM
TELEMETRI MELALUI JARINGAN RS 485**

Roni Wijaya, F. Dalu Setiaji, Daniel Santoso



Gambar 5. Diagram alir program utama dan rutin layanan interupsi



Gambar 6. Diagram alir subrutin pengendalian suhu

Perangkat keras dan perangkat lunak tersebut digabungkan menjadi suatu bentuk purwarupa inkubator seperti terlihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Realisasi purwarupa inkubator digital

3. HASIL PENGUJIAN DAN ANALISIS

3.1 Pengujian Modul Sensor SHT11

Pengujian dilakukan dengan menempatkan sebuah sensor SHT11 di dalam ruang utama inkubator, untuk mengukur suhu dan kelembaban inkubator. Untuk memastikan nilai suhu dan kelembaban yang keluar dari sensor akurat, maka sensor perlu dikalibrasi dengan membandingkan nilai keluaran suhu dan kelembaban dengan *Thermometer* ruangan dan *Thermo-hygrometer*.

Hasil pengujian yang dilakukan pada sensor suhu dan kelembaban SHT11 dapat dilihat pada Tabel 2,

Tabel 2. Hasil Pengukuran Suhu dan Kelembaban Sensor SHT11

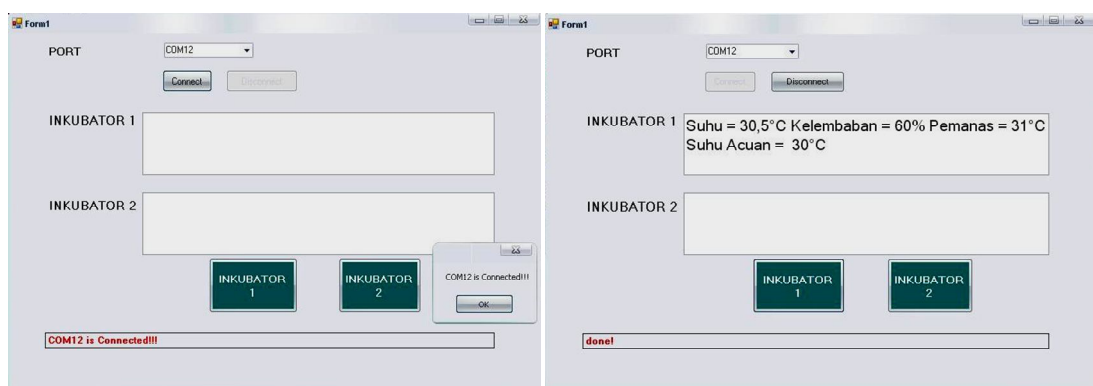
Nomor Sampling	SHT11 (°C)	<i>Thermometer</i> Ruang (°C)	SHT11 (%)	<i>Thermo – hygrometer</i> (%)
1	27.6	27.6	65	64
2	28	28	63	64
3	28.5	28.2	62	63
4	29	28.5	61	62
5	29.5	29	60	61
6	30	29.8	59	60
7	30.5	30	58	59
8	31	30.7	57	58
9	31.5	30.9	56	56
10	32	31.8	55	54
11	32.5	32	54	53
12	33	32.5	53	52
13	33.5	32.9	52	50

14	34	33.5	51	49
15	34.5	33.8	50	48

Dari hasil pengujian pengukuran suhu dan kelembaban SHT 11 diperoleh bahwa sensor memiliki respon waktu berbeda dengan *thermometer* ruangan dan *thermo - hygrometer* yang digunakan. Meskipun sensor SHT11 memiliki respon lebih cepat dalam mengukur suhu dibandingkan *thermometer* ruangan, tetapi tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara hasil pengukuran dari sensor SHT 11 dan *thermometer* ruangan. Sedangkan pada pengujian pengukuran kelembaban diperoleh bahwa waktu respon antara sensor SHT 11 dan *thermo-hygrometer* juga berbeda. Dari tabel hasil pengujian di atas, dapat dilihat saat kelembaban ruang > 56% sensor SHT 11 cenderung memiliki waktu respon yang lebih cepat. Saat kelembaban ruang < 56% *thermo-hygrometer* memiliki waktu respon yang lebih cepat dibandingkan dengan sensor SHT 11. Hasil pengukuran kelembaban dengan SHT 11 dan *thermo-hygrometer* hanya berbeda maksimal sebesar 2%. Dari hasil pengujian, disimpulkan bahwa proses pengukuran suhu dan kelembaban SHT 11 dapat berfungsi dengan baik.

3.2 Pengujian Sistem Telemetri dengan Jaringan RS 485

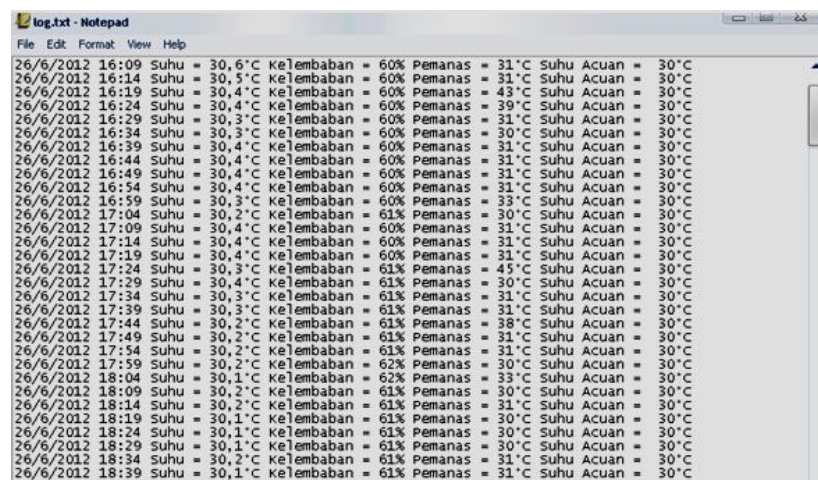
Pengujian dilakukan dengan menghubungkan inkubator dan komputer menggunakan kabel sepanjang 10 meter, yang berfungsi menghubungkan modul RS 485 yang terhubung pada pengendali mikro di inkubator dan modul RS 485 yang terhubung dengan komputer. Panjang kabel 10 meter dipilih, karena telah cukup untuk mewakili jarak antara inkubator dengan ruang pengawasan pada keadaan sebenarnya. Kemudian, pada komputer dijalankan sebuah program antarmuka yang dibuat menggunakan bahasa pemrograman C#.



Gambar 8. Tampilan program aplikasi di komputer

Pada program aplikasi ini juga terdapat fasilitas *data logger* yang berfungsi untuk mencatat hasil pengukuran dalam sebuah *log file*.

Program aplikasi mengirimkan perintah permintaan data pada inkubator setiap 30 detik, dan *data logger* akan mencatat data hasil pengukuran yang diterima dari inkubator setiap lima menit. Data yang dicatat *data logger* pada *log file* merupakan data hasil pengukuran terakhir yang sah dari setiap lima menit pengukuran.



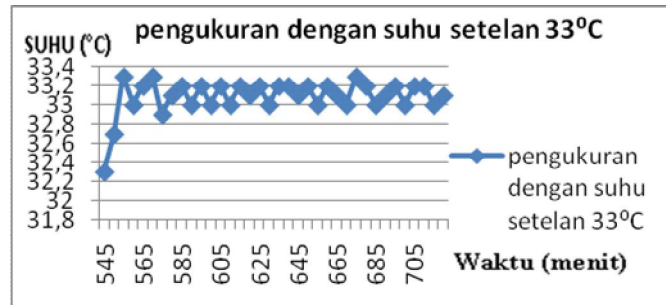
Gambar 9. Log file hasil *data logger* pada program aplikasi

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan, data yang diterima dan ditampilkan melalui program aplikasi, adalah sama dengan data yang ditampilkan pada inkubator saat terjadinya permintaan data, sehingga program aplikasi dan sistem telemetri dengan jaringan RS 485 yang menghubungkan inkubator dengan komputer telah berfungsi dengan baik.

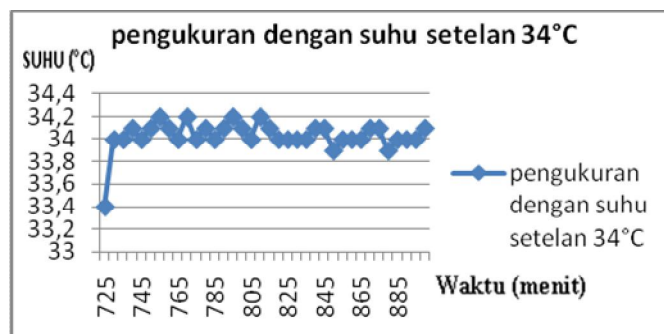
3.3 Pengujian Kestabilan Pemanasan Inkubator

Pada pengujian kestabilan pemanasan inkubator, dilakukan percobaan selama 24 jam. Pengujian dilakukan dengan memilih delapan nilai suhu yang berbeda, dengan masing – masing nilai suhu diuji selama tiga jam. Pengujian dimulai dengan nilai suhu sebesar 30°C hingga 37°C. Selama pengujian, untuk pilihan suhu yang tidak lebih dari 34°C, inkubator diisi seekor kelinci (karena suhu lingkungan hidup kelinci berkisar 20°C – 34°C). Sedangkan pengujian untuk pilihan suhu 35 °C – 37°C dilakukan dengan inkubator dalam keadaan kosong. Hasil pengujian kestabilan

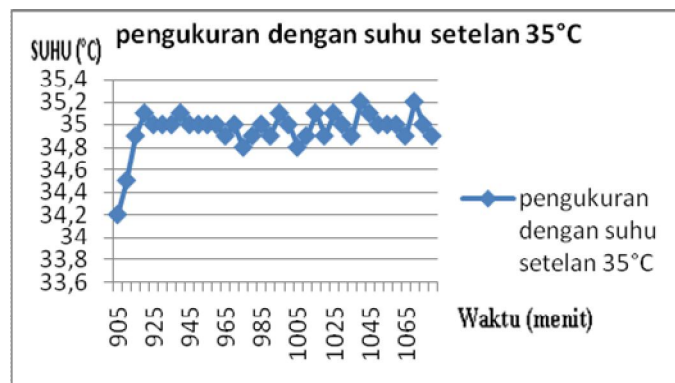
suhu inkubator diperoleh dari *data logger* yang mencatat data hasil pengukuran setiap lima menit pada sebuah *log file*. Grafik hasil percobaan ditampilkan pada Gambar 10 – Gambar 14.



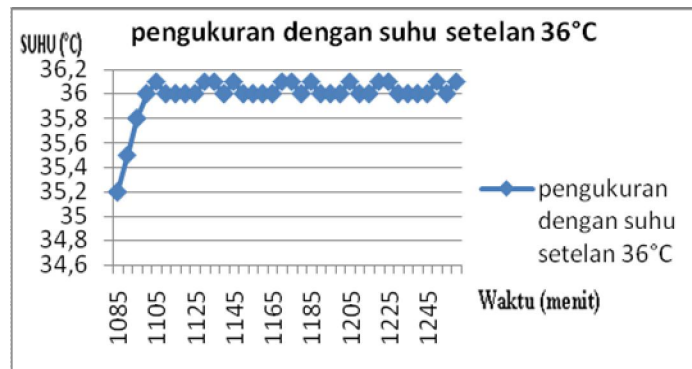
Gambar 10. Hasil pengujian kestabilan pemanas dengan suhu setelan 33 °C



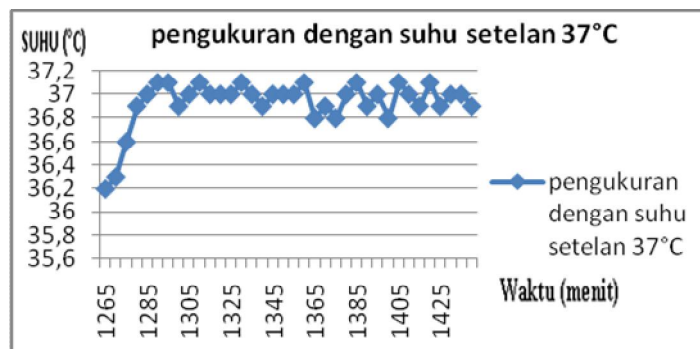
Gambar 11. Hasil pengujian kestabilan pemanas dengan suhu setelan 34 °C



Gambar 12. Hasil pengujian kestabilan pemanas dengan suhu setelan 35 °C



Gambar 13. Hasil pengujian kestabilan pemanas dengan suhu setelan 36 °C



Gambar 14. Hasil pengujian kestabilan pemanas dengan suhu setelan 37 °C

Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan, dapat dilihat bahwa kestabilan suhu inkubator dapat dipertahankan dengan baik selama 24 jam tanpa melebihi batas ralat yang diinginkan yaitu ± 1 °C dari suhu setelan yang dikehendaki.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil yang telah didapat, dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut ini:

1. Alat mampu mencapai nilai suhu yang dikehendaki pada kisaran 28 °C – 37 °C dan menjaga suhu tetap stabil pada nilai suhu acuan yang dikehendaki.
2. Program aplikasi sistem telemetri dapat bekerja dengan baik, dengan fasilitas *data logger* untuk mencatat hasil pengukuran terakhir dari setiap lima menit selang pengukuran pada *log file*.
3. Alat yang dibuat memiliki nilai ralat maksimum pengaturan suhu sebesar 1°C.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Kementrian Kesehatan RI, *Bidan Ujung Tombak Terdepan Pelayanan Kesehatan Ibu Anak.html*. [Online],
<http://www.depkes.go.id/index.php/berita/press-release/1692-bidan-ujung-tombak-terdepan-pelayanan-kesehatan-ibu-anak.html>. (tanggal akses 26 Mei 2012)
- [2] MetroTVNews.com, *Angka Kematian Bayi Indonesia Masih Tinggi di ASEAN*, [Online],
<http://metrotvnews.com/read/news/2011/10/30/69969/Angka-Kematian-Bayi-Indonesia-Masih-Tinggi-di-ASEAN> (tanggal akses 28 Mei 2012)
- [3] Farida Nurlandi, *Desain Inkubator Bayi dengan Kontrol Otomatis yang Ekonomis Untuk Klinik Persalinan*, [Online],
<http://digilib.its.ac.id/public/ITS-Undergraduate-14186-paperpdf.pdf>
- [4] Sanes Medical, *Baby Infant Incubator*, [Online]
<http://sanemedical.blogspot.com/search/label/Baby%20Incubator> (tanggal akses 10 Agustus 2011)
- [5] Gede Panca S, *Perancangan dan Pembuatan Pengaturan Suhu Inkubator Bayi Berbasis Mikrokontroler AT89S51*, [Online],
<http://teundiksha.files.wordpress.com/2010/05/perancangan-dan-pembuatan-suhu-inkubator-bayi-at-mega-89s51.pdf> (tanggal akses 10 Agustus 2011)