

PENGEMBANGAN ALAT UKUR SUHU UDARA DIGITAL BERBASIS MIKROKONTROLER ATMEGA32 MENGGUNAKAN SENSOR SHT75

Nofri Hardisal*) Yulkifli**) dan Zuhendri Kamus***)

*)Mahasiswa Jurusan Fisika FMIPA Universitas Negeri Padang
E-mail: nofrihardisal@gmail.com

**)Staf Pengajar Jurusan Fisika FMIPA Universitas Negeri Padang
E-mail: yulkifliamir@yahoo.com

***)Staf Pengajar Jurusan Fisika FMIPA Universitas Negeri Padang
E-mail: zul_unp@yahoo.com

Abstract

Temperature is important weather parameter measured for many necessity, such as agriculture, pharmacy, and etc. In Indonesian Agency of Meteorology, Climatology and Geophysical, this parameter measured by using analog termograph with mechanic sensor is bimetal sensor. The purpose of research is development of Dygital air temperature measurement based on microcontroller Atmega32 by using SHT75 sensor with storage data in memory possessed of highest accuration and already calibrated of dygital with storage data in memory. There are three result of research such as. First, instrument built from sensor SHT75 module as sensor of temperature and box of system have 22x21x16 cm volume as place of electronic circuit. Second, data logger of instrument used internal EEPROM in Microcontroller ATMEGA32. Third, this instrument have highest precision and accuration, average of precision relative sensor SHT75 is 98,93% with average of accuration 0,999.

Keyword --- Alat Ukur, Suhu, Sensor SHT75

PENDAHULUAN

Suhu merupakan besaran fisis yang perlu diukur dan dikontrol untuk berbagai keperluan. Pengamatan suhu di Badan Meteorologi dan Klimatologi Geofisika (BMKG) suhu juga penting. Suhu ini merupakan parameter cuaca. Cuaca adalah keadaan atmosfer pada setiap saat, dinyatakan oleh tinggi atau rendahnya nilai parameter suhu, tekanan, angin, kelembaban, dan berbagai fenomena lainnya. Apabila intensitas cahaya meningkat, maka suhu udara juga meningkat, kelembaban menjadi rendah, penguapan tinggi, awan hujan menjadi banyak, dan apabila terjadi kondensasi maka akan timbul presipitasi (hujan)^[5].

Cuaca dapat ditentukan dari gabungan parameter cuaca dan jangka waktu tertentu. Pagi hari, siang hari dan sore hari keadaan cuaca berbeda-beda di setiap tempat dan jam. Informasi parameter cuaca dapat dijadikan sebagai pertimbangan dalam bidang pertanian. Parameter cuaca akan berkaitan dengan kejadian alam dan bisa memperkirakan waktu musim tanam dan memilih tanaman yang cocok pada musim tersebut.

Pengamatan suhu di BMKG menggunakan Termograf. Instrumen Termograf yang ada di BMKG pada umumnya masih manual yaitu dengan memanfaatkan karakteristik bimetal sebagai sensornya. Pengamatan suhu dengan termograf ini dilakukan berulang kali, dengan cara mengganti kertas grafik. Cara ini akan membuat suatu pengamatan memerlukan waktu yang cukup lama. Data yang di peroleh dari termograf berupa data mentah, dan memerlukan tenaga profesional untuk mengolah datanya. Kertas grafik pada termograf ini harus diganti satu kali dalam seminggu, sehingga memerlukan biaya tambahan dalam pengamatanya.

Berdasarkan latar belakang ini penulis tertarik membuat Alat Ukur Suhu digital dengan data tersimpan dalam memori. Sehingga pengamatan suhu dapat diperoleh datanya dengan praktis, tanpa harus di amati setiap waktu dan tidak membutuhkan tenaga profesional untuk mendapatkan datanya. Karena data yang diperoleh dapat di simpan dalam memori sehingga pada suatu waktu dapat digunakan, dan data yang diperoleh

sudah berupa nilai sebenarnya tanpa harus menganalisis terlebih dahulu. Sementara itu sensor yang digunakan dalam penelitian ini yaitu modul sensor SHT75 yang memiliki tingkat akurasi yang tinggi. Modul sensor SHT75 ini merupakan sensor suhu dan kelembaban yang telah terintegrasi dalam satu paket. Keluaran dari sensor ini sudah digital dan terkalibrasi. Sehingga data yang diperoleh dari sensor sudah merupakan nilai sebenarnya tanpa harus mengkalibrasi terlebih dahulu.

Penelitian ini sejalan dengan Acta (2009), membuat rancang bangun perekam data kelembaban relatif dan suhu udara berbasis mikrokontroler. Penelitian ini memiliki beberapa kelemahan yaitu : rendahnya daya tahan baterai, data yang masih terputus, tidak menggunakan *display* dan adanya pengaruh radiasi sistem terhadap keluaran sensor^[10]. Salah satu upaya untuk mengatasi permasalahan ini yaitu: perlunya menggunakan Adaptor dan baterai yang dilengkapi dengan sistem relay, pada saat arus PLN terputus sistem otomatis akan dicatu dayai oleh baterai, sehingga pengukuran tetap bisa di lanjutkan dan bisa memperoleh data yang utuh. Data yang terputus diatasi dengan memperbaiki komunikasi antara *realtime clock DS1307* dengan mikrokontroler, menggunakan sensor SHT75 yang memiliki tingkat akurasinya lebih tinggi.

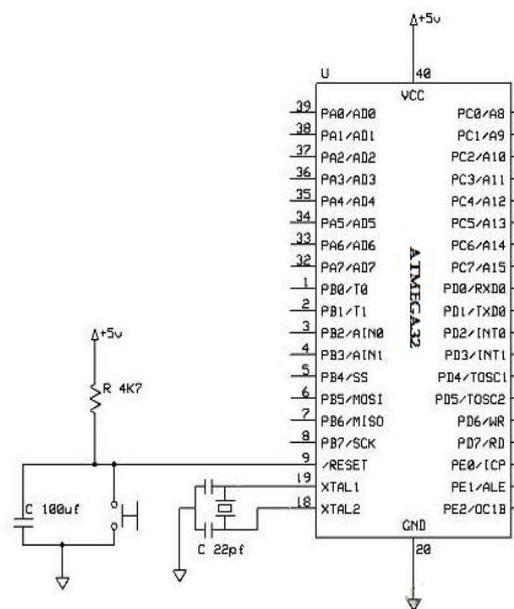
Termograf adalah alat ukur suhu otomatis. Termograf menggunakan sensor bimetal. Sensor ini dihubungkan secara mekanik ke jarum penunjuk yang merupakan pena penulis di atas kertas pias yang berputar menurut waktu.

Suhu merupakan derajat panas atau dinginnya suatu benda. Jika panas mengalir pada suatu benda, maka suhu pada benda tersebut akan meningkat, sebaliknya suhu pada benda tersebut akan turun jika benda tersebut kehilangan panas^[5].

SHT75 adalah sensor digital yang dapat mengukur suhu dan kelembaban dengan kualitas yang baik dan presisi. SHT75 sepenuhnya telah terkalibrasi dan menyediakan output digital. Sensor ini memiliki rangkaian pengondisi sinyal serta 14-bit ADC yang terintegrasi. Spesifikasi sensor SHT75 memiliki konsumsi energi 80uW dengan RH jarak operasinya 0-100%RH, T jarak operasinya -40-125°C (-40-257° F) dan output digital terkalibrasi^[9].

Mikrokontroler adalah suatu piranti yang mempunyai kepadatan yang sangat tinggi, dimana semua bagian yang diperlukan untuk suatu pengontrol di kemas dalam satu keping IC.

Mikrokontroler yang digunakan dalam desain dan pembuatan alat ukur ini adalah IC mikrokontroler ATMEGA32. ATMEGA32 berfungsi untuk mengolah data yang diterima dari modul sensor SHT75. Data yang diterima ditampilkan pada LCD, kemudian data yang diperoleh disimpan pada EEPROM internal ATMEGA32. Minimum ATMEGA32 dapat dilihat pada Gambar 1.



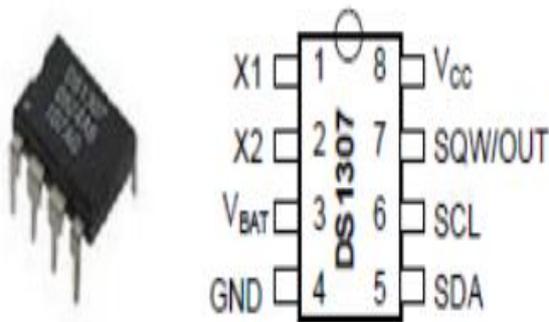
Gambar 1. Rangkaian Minimum Atmega32

Fitur-fitur yang dimiliki ATMEGA32 adalah sebagai berikut^[11]:

- Menggunakan arsitektur AVR RISC dengan 131 perintah dengan satu *clock cycle* dan 32 x 8 register umum
- Data dan program memori memiliki 32 Kb *In-System Programmable Flash*, 2 Kb SRAM dan 1 Kb *In-System EEPROM*
- Memiliki 8 *Channel* dengan 10-bit ADC
- Menggunakan *Two Wire Interface*
- Komunikasi serial dengan USART
- Interface* serialnya *Master* atau *Slave SPI*
- Oscillator* sudah terintegrasi dalam chip
- Memiliki *Watch-dog Timer*
- Memiliki 32 *Bi-directional I/O*
- Volt operation* berkisar 2,7 – 5,5 V

RTC DS1307 merupakan *Real-Time Clock* buatan Dallas-Maxim Semiconductor. DS1307 merupakan IC kalender dan jam

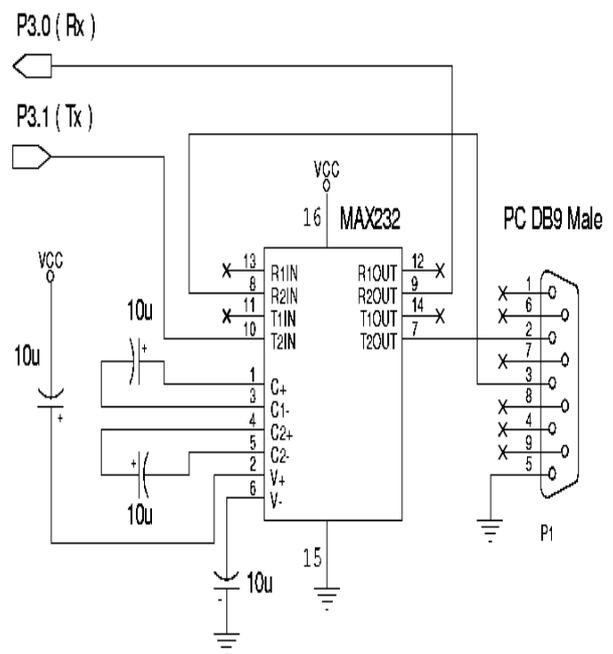
digital. Fitur utama DS1307 adalah mampu menghitung detik, menit, jam, tanggal, tahun dengan koreksi tahun kabisat hingga tahun 2100, data *setting* bisa disimpan dengan bantuan baterai cadangan, dan antarmuka I²C. Gambar 2 menunjukkan bentuk fisik dari DS1307^[7].



Gambar 2. Bentuk fisik DS1307

EEPROM merupakan singkatan dari *Electrical Erasable Programmable Read Only Memory*. EEPROM termasuk keluarga ROM (*Read Only Memory*) yaitu memori yang hanya dapat dibaca, namun pada EEPROM programnya dapat dihapus dan ditulis ulang. Jika EEPROM ini sudah diprogram isinya akan tetap terjaga walaupun daya pada EEPROM ini diputuskan. EEPROM termasuk memori yang *nonvolatile* atau tidak mudah menguap.

Komunikasi serial adalah komunikasi dimana pengiriman data ke PC dilakukan per-bit. Data yang dikirimkan dalam kode ASCII dengan 7 bit untuk tiap karakter atau dalam bentuk data heksa dengan jumlah data dalam 8 bit untuk setiap karakter. Serial port dikenal juga dengan istilah UART, serial port mikrokontroler terdiri dari dua pin yaitu RXD (Receiver) dan TXD (Transmitter), RXD berfungsi menerima data dari PC atau perangkat lainnya, TXD berfungsi mengirim data ke PC atau perangkat lainnya. Standar komunikasi serial untuk Personal Komputer adalah RS232, RS232 memiliki standar tegangan operasi yang berbeda dengan serial port pada mikrokontroler, sehingga agar sesuai dengan RS232 di butuhkan suatu rangkaian *level converter*, IC yang digunakan bermacam-macam, yang paling mudah dan sering digunakan adalah IC MAX232. Rangkaian RS232 dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Rangkaian RS232

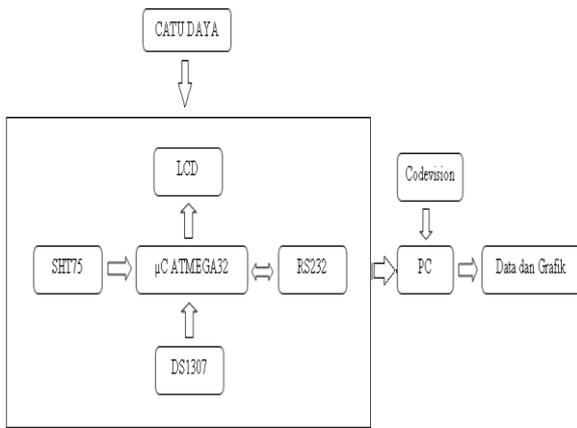
Berdasarkan uraian diatas peneliti tertarik untuk mendesain dan membuat alat ukur suhu udara digital. Sebagai judul dalam penelitian ini adalah: Pembuatan Alat Ukur Suhu Udara Menggunakan Sensor SHT75.

METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan di Lab. Elektronika dan Instrumentasi Jurusan Fisika Fakultas MIPA Universitas Negeri Padang. Pelaksanaan kegiatan dimulai pada bulan Februari 2013 sampai dengan bulan Juli 2013 dengan beberapa tahap kegiatan. Tahap-tahap kegiatan itu meliputi pengusulan dan penulisan proposal, perancangan sistem, perakitan komponen elektronika, pengujian sistem, pengambilan data dan pengolahan data serta menganalisis data.

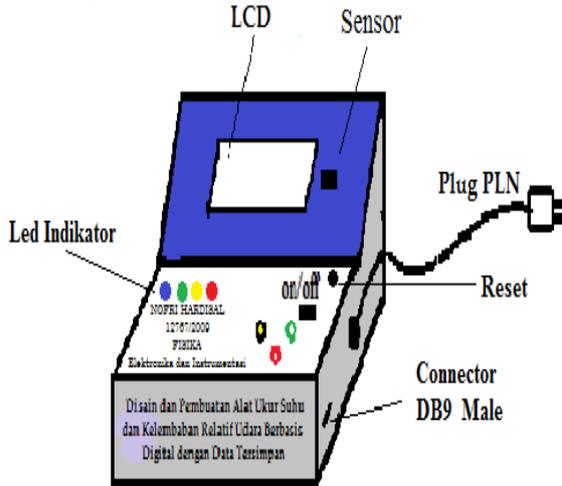
1. Desain Perangkat Keras

Desain sistem Alat ukur ini terdiri dari dua tahap kegiatan: *pertama*, desain rangkaian elektronika sistem alat ukur, yaitu terdiri dari beberapa blok rangkaian, meliputi rangkaian power supply sebagai catu daya sistem, sensor SHT75, rangkaian mikrokontroler ATMEGA32, *rangkaian realtime clock* DS1307, *display* LCD dan rangkaian RS232. Blok diagram dari sistem Alat ukur diperlihatkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Blok diagram Sistem Alat ukur

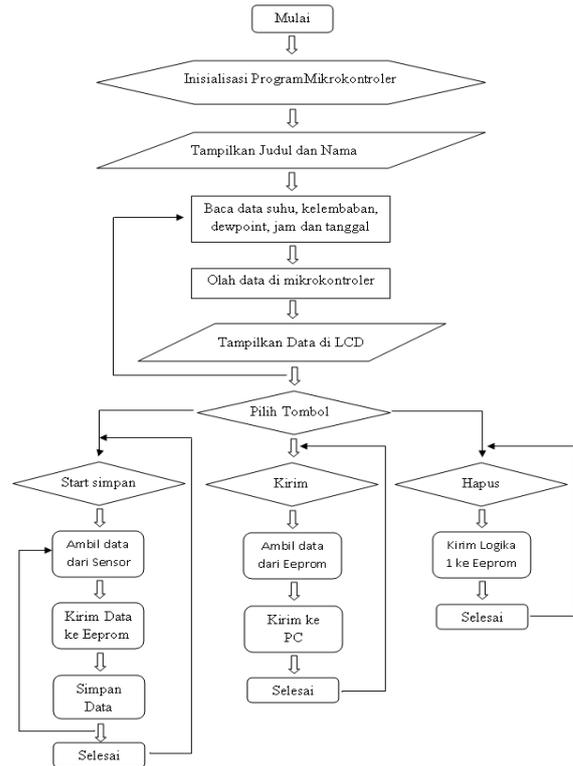
Kedua, desain casing. Casing dirancang sebagai ruang dimana diletakkannya rangkaian elektronika. Adapun rancangannya dapat dilihat pada Gambar 5:



Gambar 5. Desain casing Alat Ukur

2. Desain Perangkat Lunak

Perangkat lunak berkaitan dengan kinerja perangkat keras. Perangkat lunak pada sistem mikrokontroler biasa juga disebut *firmware*. Perangkat lunak ini berfungsi untuk memberikan instruksi dan menjalankan mikrokontroler. Instruksi yang dilakukan adalah untuk mengambil informasi tanggal, waktu, suhu, lalu merekamnya ke dalam *EEPROM* secara otomatis pada interval yang ditentukan sebelumnya. Flowchart perangkat lunak sistem alat ukur dapat dilihat pada Gambar 6.

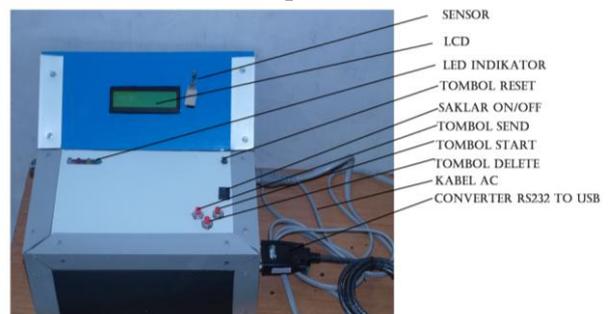


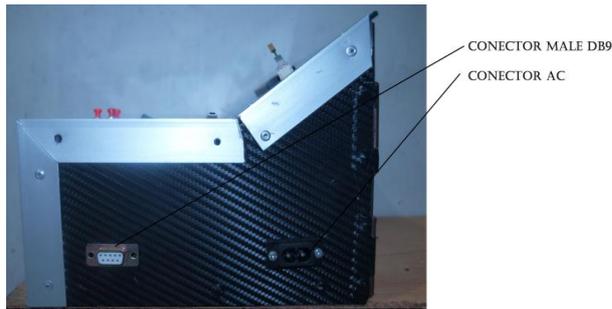
Gambar 6. Desain flowchart Perangkat Lunak Alat Ukur

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Spesifikasi Performansi Sistem

Spesifikasi performansi dari sistem alat ukur ini merupakan identifikasi atau penguraian fungsi setiap bagian pembentuk dari sistem ini. Sistem alat ukur ini dirancang mampu mengukur suhu Data yang diperoleh dari pengukuran dapat disimpan, sehingga suatu waktu apabila data diperlukan dapat dilihat kembali dengan cara mendownload data dari sistem. Sistem ini dirancang dengan ukuran *box* 22x21x16 cm. Hasil rancangan sistem alat ukur ini dapat dilihat Gambar 7.



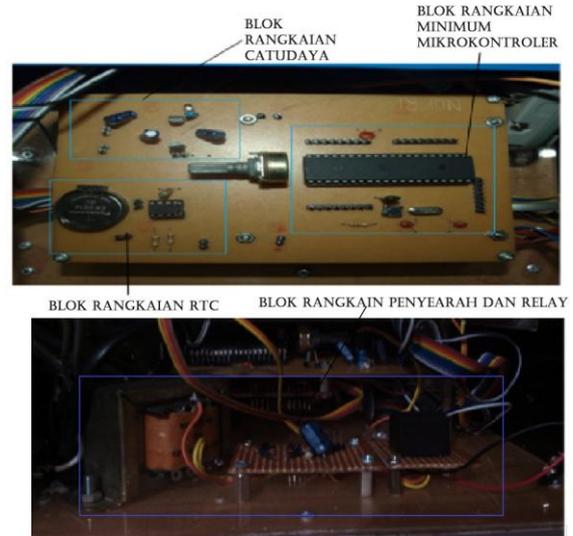


Gambar 7. Foto Hasil Desain Alat Ukur

Gambar 7 merupakan hasil disain alat ukur suhu, secara umum alat ukur ini terdiri dari *box* yang berfungsi untuk meletakkan rangkaian elektronika pembangun sistem. Sensor SHT75 dalam sistem ini di letakkan terpisah dari rangkaian, tujuannya agar radiasi yang dihasilkan rangkaian tidak mempengaruhi sensor, sehingga hasil pengukuran yang diperoleh lebih akurat.

Alat ukur suhu ini dilengkapi dengan sistem *input* dan *output*. Sistem *input* terdiri dari satu saklar dan empat tombol yang mempunyai fungsi masing-masing. Sedangkan sistem *output* terdiri dari LCD, LED indikator dan *Record* data. Sistem *input* terdiri atas saklar On/Off yang berfungsi untuk menghidup dan mematikan sistem, tombol RESET berfungsi untuk mengembalikan mikrokontroler ke *setting* awal, tombol START berfungsi untuk memulai menyimpan data, sehingga mikrokontroler akan menyimpan data pada EEPROM, tombol SEND berfungsi untuk mengirim data yang tersimpan di EEPROM secara serial oleh mikrokontroler ke PC dengan menggunakan RS232, tombol DELETE berfungsi untuk menghapus data yang tersimpan dalam EEPROM setelah di *download*.

Rangkaian elektronika pembangun sistem yang dirancang sedemikian rupa, ditempatkan pada ruang yang disebut *casing*. Rangkaian elektronika tersebut terdiri atas beberapa bagian yaitu rangkaian catu daya, sistem minimum mikrokontroler Atmega32, dan *realtime clock*. Skematik rangkaian elektronika pembangun sistem alat ukur suhu dan kelembaban relatif digital berbasis digital dengan data tersimpan ini dapat dilihat pada Lampiran 1. Hasil desaian rangkaian sistem alat ukur suhu dan kelembaban dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Hasil Desain Rangkain Elektronika Sistem Alat Ukur Suhu

Rangkaian catu daya berfungsi untuk mensuplai tegangan dan arus keseluruhan rangkaian yang ada. Rangkaian catu daya ini dibuat dengan tegangan keluaran 5 volt. Tegangan 5 volt ini digunakan untuk menghidupkan sistem minimum mikrokontroler, modul sensor SHT75 dan LCD. Rangkaian catu daya ini terdiri dari dua sumber yaitu PLN dan *Battery*, *transformator stepdown*, *dioda*, *capasitor*, regulator tegangan 5 Volt (LP2950) serta sebuah *relay*. Transformator stepdown berfungsi menurunkan tegangan PLN dari 220 volt AC menjadi 6 volt AC, kemudian tegangan 6 volt AC akan disearahkan oleh 4 buah dioda, selanjutnya 6 volt DC akan difilter oleh kapasitor 2200 μ F. Regulator tegangan 5 volt (LP2950) digunakan agar keluaran yang dihasilkan tetap 5 volt. *Relay* berfungsi untuk mengaktifkan salah satu sumber yang dibutuhkan. Rangkaian catu daya ini dirancang agar bisa aktif setiap saat walaupun dalam kondisi PLN mati. Catu daya akan menggunakan battery sebagai sumber pada saat PLN mati, dengan relay dalam kondisi NO, dan menggunakan sumber PLN dengan relay dalam kondisi NC.

Rangkaian sistem minimum mikrokontroler berfungsi untuk mengaktifkan kerja mikrokontroler Atmega32. Mikrokontroler Atmega32 bertugas melakukan proses deteksi data masukan, mengolah data dan mengatur keluaran sesuai dengan fungsi sistem yang dikehendaki.

Rangkaian pembangun sistem alat ukur suhu ini dilengkapi dengan Real Time Clock (RTC) yaitu rangkaian jam digital yang berfungsi untuk mencatat waktu dan tanggal penyimpanan data secara *real time*. Rangkaian ini dibangun oleh sebuah IC DS1307, crystal 32,768 MHz dan resistor.

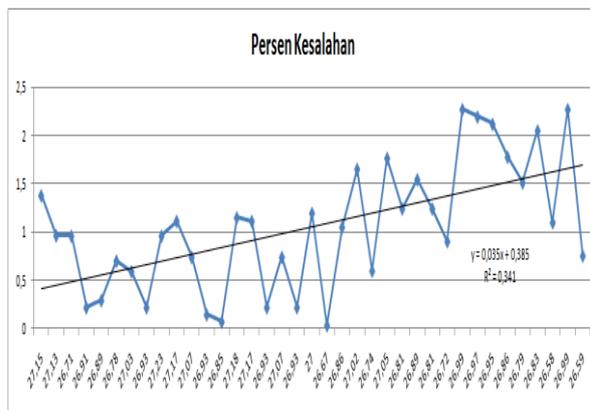
2. Spesifikasi Desain Alat Ukur

a. Ketepatan Pengukuran Suhu

Ketepatan pengukuran pada sistem alat ukur ini yaitu dengan membandingkan hasil pengukuran dari sistem alat ukur dengan alat ukur standar. Pengambilan data suhu oleh alat ukur dilakukan bersamaan dengan waktu pengukuran alat ukur standar. Melalui perhitungan dapat ditentukan nilai rata-rata, persentase kesalahan, ketepatan relatif dan persentase ketepatan.

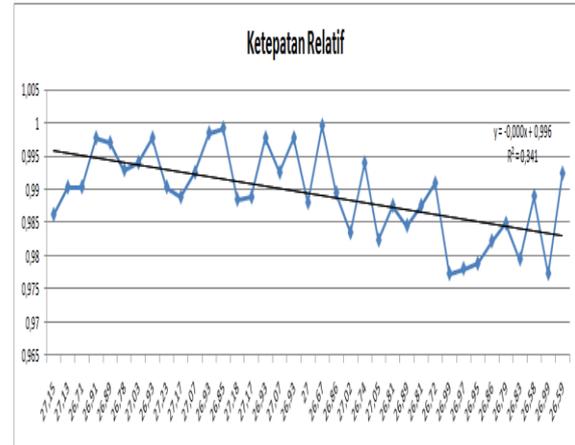
Perhitungan nilai rata-rata, persentase kesalahan, ketepatan relatif dan persentase ketepatan untuk pengukuran suhu dibandingkan dengan alat ukur yang ada di Stasiun GAW Koto Tabang Bukittinggi yaitu Instrumen Hobo.

Berdasarkan analisis data alat ukur dibandingkan dengan Instrumen Hobo didapatkan grafik seperti pada Gambar 9.



Gambar 9. Grafik Hubungan Hasil Pengukuran Suhu dengan Persen Kesalahan Dibandingkan dengan Instrumen Hobo

Grafik Gambar 9 diperoleh persamaan $Y=0,036x+0,377$, Y adalah persen kesalahan dan X adalah hasil pengukuran oleh alat ukur. Dari grafik dapat dilihat persentase kesalahan sistem alat ukur berkisar antara 0,01% sampai dengan 2,31% dengan persentase kesalahan rata-rata 1,07%.



Gambar 10. Grafik Hubungan Hasil Pengukuran Suhu dengan Ketepatan Relatif dibandingkan alat ukur standar

Gambar 10 merupakan grafik hubungan alat ukur dengan persentase ketepatan. Pada grafik diperoleh persamaan $Y=-0,000x+0,996$, dimana Y adalah ketepatan relatif dan x adalah hasil pengukuran alat ukur. Pada grafik dapat kita lihat ketepatan relatif alat ukur berkisar antara 0,976 sampai dengan 0,999 dengan ketepatan relatif rata-rata 0,989. Sedangkan persentase ketepatan alat ukur berkisar antara 97,68% sampai 99,98% dengan persentase ketepatan rata-rata sistem 98,93%.

b. Ketelitian Pengukuran Suhu

Untuk menentukan ketelitian pengukuran ini, dilakukan pengukuran berulang. Setiap variasi suhu dilakukan pengukuran sebanyak 10 kali pengukuran. Berdasarkan pengukuran dapat ditentukan nilai rata-rata, standar deviasi, persentase simpangan dan ketelitian.

Ketelitian pengukuran suhu dari alat ukur ini diperoleh dengan mengukur suhu pada waktu yang sama, disini waktu pengukuran ditetapkan setiap 10 menit dengan ketentuan melakukan pengukuran berulang sebanyak 10 kali pengukuran pada setiap menitnya. Pengambilan data dilakukan dari jam 07:00 sampai jam 07:40. Ketelitian pengukuran suhu dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Ketelitian pengukuran suhu

Jam	Tau	P	ΔT	KR (%)
7:00	26,51	0,999	0,008	0,033
7:10	26,48	0,999	0,014	0,056
7:20	26,29	0,999	0,028	0,107
7:30	26,78	0,999	0,024	0,092
7:40	28,41	0,999	0,014	0,049

Dari Tabel 1 terlihat bahwa alat ukur memiliki ketelitian yang tinggi untuk pengukuran suhu udara. Ketelitian rata-rata untuk 5 variasi waktu pengukuran suhu adalah 0,999 dengan standar deviasi rata-rata 0,018 dan kesalahan relatif rata-rata 0,067%.

Berdasarkan analisis yang telah dilakukan baik secara grafik maupun statistik dapat memberikan hasil penelitian yang sesuai dengan tujuan penelitian. Adapun hasil penelitian yang diperoleh yaitu spesifikasi performansi sistem alat ukur dan spesifikasi desain sistem alat ukur.

Adapun prinsip kerja dari alat ukur suhu dan kelembaban berbasis digital dengan data tersimpan ini adalah, berawal dari modul sensor SHT75 ini mengindera suhu. Modul sensor SHT75 ini keluarannya sudah digital dan terkalibrasi, sehingga tidak memerlukan ADC (Analog to Digital Converter) untuk berkomunikasi dengan Mikrokontroler. Sistem alat ukur ini menggunakan mikrokontroler ATMEGA32 untuk mengolah masukan dari sensor. Hasil pengukuran akan ditampilkan di LCD, sehingga bisa dilihat secara manual kondisi suhu pada saat alat ukur sedang beroperasi. Alat ukur ini mempunyai catu daya ganda dengan sistem relay, prinsipnya pada saat PLN nyala sistem menggunakan PLN, tetapi jika terjadi pemutusan arus listrik relay akan mengaktifkan *battery*, sehingga pengukuran masih tetap bisa dilanjutkan.

Real time clock DS1307 digunakan sebagai pencatat waktu selama pengukuran dan penyimpanan data. Sebagai media penyimpanan data menggunakan EEPROM internal mikrokontroler ATMEGA32 yang berkapasitas 2 KB. Kapasitas EEPROM 2 KB ini mampu menyimpan data selama 24 jam dengan selang waktu pengukuran setiap 30 menit. Hasil penyimpanan data pada EEPROM ini akan di download melalui RS232 kekomputer. Data tersimpan pada alat ukur ini ditampilkan dalam file dengan format txt.

Pengujian alat ukur ini dilakukan dengan membandingkannya dengan alat ukur standar. Alat ukur ini di uji di Stasiun GAW Koto Tabang Bukittinggi. Alat ukur diuji dan di bandingkan dengan alat ukur standar yang ada di Stasiun GAW, yaitu Instrumen Hobo.

Dilihat dari spesifikasi desain alat ukur ini, diperoleh ketepatan yang cukup tinggi dengan persentase penyimpangan yang kecil baik untuk pengukuran suhu, sesuai dengan

hasil analisis pengukuran. Sedangkan dari segi ketelitian alat ukur ini juga memiliki ketelitian yang tinggi, hal ini di tandai dengan standar deviasi yang kecil. Berdasarkan analisis yang diperoleh alat ukur ini layak digunakan dan telah memenuhi standar, karena kesalahan pengukuran kurang dari 5%. Alat ukur ini dapat digunakan pada laboratorium Fisika, dan Stasiun BMKG sebagai tambahan referensi dalam pengamatan parameter cuaca.

Ada beberapa kendala dalam penelitian ini antara lain penyimpanan data pada EEPROM yang berkapasitas kecil yaitu 2 KB, dimensi desain yang besar, catu daya baterai yang masih rendah. Permasalahan ini dapat diatasi dengan melakukan penelitian tindak lanjut untuk mengembangkan dengan menggunakan SDCard yang mempunyai kapasitas yang lebih besar, dan untuk dimensi yang besar agar menggunakan tipe komponen elektronika SMD yang ukurannya lebih kecil sehingga bisa efisiensi terhadap ruang. Catu daya baterai agar dilengkapi dengan sistem *charger* agar pada saat arus PLN digunakan baterai otomatis di cas.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis terhadap besaran fisika yang ada pada alat ukur suhu dan kelembaban berbasis digital dengan data tersimpan ini dapat dikemukakan beberapa kesimpulan dari penelitian ini yaitu:

1. Hasil spesifikasi performansi alat ukur suhu udara ini terdiri dari *casing* alat ukur yang merupakan ruang diletakkanya rangkaian elektronika pembangun sistem alat ukur. Rangkaian elektronika pembangun sistem alat ukur ini terdiri dari modul sensor SHT75, rangkaian minimum mikrokontroler Atmega32, rangkaian *realtime clock* DS1307, rangkaian RS232, modul LCD dan catu daya teregulasi yang dilengkapi dengan sistem relay. Modul sensor SHT75 diletakkan diluar casing untuk menghindari radiasi rangkaian sistem agar pengukuran lebih akurat.
2. Hasil spesifikasi desain alat ukur ini adalah sebagai berikut :
 - a. Ketepatan dari sistem alat ukur ini cukup tinggi yaitu persentase kesalahan rata-rata 1,07%, dengan persentase ketepatan rata-rata sistem 98,93%.

- b. Ketelitian rata-rata dari sistem pengukuran juga cukup tinggi. Ketelitian rata-ratanya adalah 0,999 dengan standar deviasi rata-rata 0,018 dan kesalahan relatif rata-rata 0,067%,

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Atmel. 2011. *8-bit AVR® Microcontroller with 32 KB In-System Programmable Flash*. Orchard Parkway : USA
- [2]. Balch, Mark. 2003. *Complete Digital Design*. The McGraw-hill Companies, Inc.
- [3]. Eko Putra, Agfianto. 2002. *Belajar Mikrokontroler AT89C51/52/55 (Teori dan Aplikasi)*. Gava Media : Yogyakarta
- [4]. Lakitan, Benyamin. 2002. *Dasar-dasar Klimatologi*. Rajawali Pers, Jakarta
- [5]. Mardiana, Jeanny. 2005. *Data Storage Technology*. Universitas Indonesia.
- [6]. Maxim Semiconductor. 2008. *DS1307 64 x 8, Serial, I2C Real-Time Clock*. (Di Akses tanggal 5 februari 2013)
- [7]. Nuryadi, 2011. *Dasar-dasar Klimatologi*. Pusdiklat BMKG
- [8]. Sensirion, 2011. *Datasheet SHT7x (SHT71, SHT75) Humidity and Temperature Sensor IC*. www.sensirion.com (Di Akses tanggal 11 oktober 2012)
- [9]. Withamana, Acta. 2009. *Rancang Bangun Perekam Data Kelembaban Relatif dan Suhu Udara Berbasis Mikrokontroler*. FPIK IPB : Bogor.