

Smart Sensor untuk Pemantauan Temperatur dan Kelembaban Udara Ambien Harian

Sunubroto* dan Zul Fakhri

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Jenderal Achmad Yani

*E-mail: sunubroto@gmail.com

Abstrak - Kondisi udara atmosfer di permukaan bumi pada setiap tempat dan waktu tidaklah selalu sama, terdapat fluktuasi temperatur udara, kelembaban udara, kecepatan angin, dan kecerahan atmosfer. Kondisi udara atmosfer di permukaan bumi tidaklah sama di semua tempat dan selalu berubah karena berbagai faktor yang mempengaruhinya. Penelitian ini akan dilakukan dengan memanfaatkan *smart sensor* dan prosesor elektronik untuk memantau dan menyimpan data kondisi udara atmosfer sehingga dapat memberikan informasi yang berkelanjutan secara *real time*, akurat, dan efektif. Sensor temperatur dan kelembaban berhasil dibuat dengan data pengukuran dapat diambil secara *realtime*, dengan monitoring berbasis *Human Machine Interface*. Data suhu dan kelembaban ditampilkan di antar muka program monitor DHT11, lalu data ini kemudian disimpan di database berbasis *Microsoft access* dan siklus penyimpanan data bisa diatur antara per detik, per menit dan perjam dengan waktu tunda 1 detik.

Kata kunci: Atmosfer, *smart sensor*, *real time*, *human machine interface*, DHT11

I. PENDAHULUAN

Kondisi udara atmosfer di permukaan bumi pada setiap tempat dan waktu tidaklah selalu sama, terdapat fluktuasi temperatur udara, kelembaban udara, kecepatan angin, dan kecerahan atmosfer [12]. Hal tersebut sangat bergantung kepada banyak faktor. Faktor-faktor tersebut meliputi; posisi matahari terhadap bumi yang akan mengakibatkan terjadinya perubahan musim (semi, panas, gugur, dingin, kemarau, atau hujan), radiasi matahari yang sampai ke permukaan bumi yang akan mempengaruhi temperatur udara ambien dan temperatur suatu permukaan, perputaran bumi terhadap porosnya yang menyebabkan pergantian siang dan malam serta terjadinya angin, posisi suatu tempat terhadap garis lintang akan menentukan iklim suatu tempat, letak daerah (pantai, pegunungan) akan mempengaruhi kelembaban udara ambien, serta kondisi atmosfer itu sendiri (kondisi langit cerah, berawan, mendung, hujan atau bersalju) akan mempengaruhi temperatur udara ambien.

Pada suatu tempat dan dalam rentang waktu tahunan terjadi perbedaan iklim sesuai dengan musim yang berlangsung. Akibatnya terjadi perbedaan kondisi udara ambien, dapat berupa kondisi panas dan lembab, panas dan kering, dingin dan lembab atau dingin dan kering.

Banyak sekali berbagai bidang kehidupan manusia yang sangat bergantung pada faktor temperatur dan kelembaban, seperti untuk industri, perancangan bangunan, laboratorium, ekonomi dan usaha, kehutanan, pertanian dalam arti luas, pengairan dan hidrologi, kesehatan masyarakat, dan lain sebagainya. Jika faktor temperatur dan kelembaban tersebut diamati satu atau beberapa kali dalam sehari, sebulan bahkan tahunan, maka akan menjadi data historis jangka panjang tentang perilaku kondisi udara ambien yang dapat menjadi informasi penting pada berbagai bidang seperti tersebut di atas. Adapun manfaat yang di peroleh dari informasi tersebut dapat sebagai peringatan dini dari dampak negatif sehingga dapat di hindari, atau informasi tersebut merupakan dampak positif sehingga dapat memberikan keuntungan.

Sebagai contoh misalnya dalam bidang pertanian, temperatur dan kelembaban udara biasanya digunakan untuk meningkatkan produktifitas dan perkembangan tumbuhan budi daya. Dengan mengetahui temperatur dan kelembaban udara yang ada dilingkungan tempat yang akan di tanam tumbuhan, kita dapat menentukan pemilihan jenis tanaman yang sesuai, misalnya tanaman bakau yang ditanam pada daerah yang berkelembaban tinggi dan temperatur rendah, bakau tersebut akan berkembang dan berproduktifitas dengan maksimal, sebaliknya jika bakau tersebut di tanam pada daerah yang mempunyai kelembaban yang rendah dan temperatur yang tinggi maka bakau tersebut tidak akan berproduktifitas dan berkembang secara maksimal [1].

Kondisi udara yang lembab (musim hujan) banyak tanaman di serang penyakit, sedangkan pada temperatur yang tinggi (musim kemarau) tanaman di serang hama [1]. Tinggi rendahnya populasi hama dan penyakit tergantung pada keadaan lingkungan. Keadaan lembab menyebabkan jumlah penyakit akan optimum dan keadaan temperatur yang tinggi serta kering jumlah hama optimum. Proteksi terhadap hama dan penyakit dengan menggunakan pestisida dapat dicari pada saat yang tepat karena aplikasinya tergantung pada temperatur, kelembaban, angin, dan faktor-faktor udara yang lain.

Informasi temperatur dan kelembaban merupakan faktor yang sangat penting dalam berbagai kegiatan hidup manusia. Kondisi udara atmosfer di permukaan bumi tidaklah sama di semua tempat, dan selalu berubah karena berbagai faktor yang mempengaruhi-nya. Udara ambien yang terdapat di

permukaan bumi merupakan fluida kerja yang akan mengalami suatu proses termal sekaligus berfungsi sebagai media pembawa kalor. Selain udara kering, atmosfer juga terdiri dari uap air, asap, partikel debu, serbuk sari, dan polutan lainnya. Jumlah uap air yang terkandung di dalam udara atmosfer bervariasi mulai dari nol (udara kering) hingga mencapai maksimum (jenuh) tergantung kepada temperatur dan kelembabannya. Saat ini hampir sulit untuk ditemui sistem pemantau dan perekam yang dapat memberikan informasi temperatur udara kering, temperatur udara basah dan kelembaban relatif udara harian yang *real time* dan di tempatkan di sekitar kita atau tempat-tempat yang sangat memerlukan informasi tersebut.

Kemajuan di bidang elektronika dan komputer demikian pesatnya saat ini, namun untuk mendapatkan informasi kondisi atmosfer masih dilakukan secara manual dengan menggunakan instrument analog. Pengukuran temperatur udara kering dan basah dilakukan dengan menggunakan *sling psikometri* yang di putar pada tuas-nya, sedangkan kelembaban udara relatif di ukur dengan menggunakan *hygrometer*. Manfaat dan tujuan dari penelitian ini adalah Saat ini hampir sulit untuk di temui sistem pemantau dan perekam yang dapat memberikan informasi temperatur udara kering, temperatur udara basah dan kelembaban relatif udara harian yang *real time* dan di tempatkan di sekitar kita atau tempat – tempat yang sangat memerlukan informasi tersebut. Pemantauan kondisi atmosfer yang ada di permukaan bumi yang dilakukan secara manual kurang efisien dari sisi waktu dan keakuratannya. Dalam penelitian ini dilakukan kajian untuk memanfaatkan *smart sensor* dan prosesor elektronik untuk dapat memantau dan merekam kondisi udara atmosfer sehingga dapat memberikan informasi yang kontinyu, *realtime*, akurat, dan efektif. Saat ini hampir sulit untuk di temui sistem pemantau dan perekam yang dapat memberikan informasi temperatur udara kering, temperatur udara basah dan kelembaban relatif udara harian yang *real time* dan di tempatkan di sekitar kita atau tempat – tempat yang sangat memerlukan informasi tersebut.

Beberapa penelitian dilakukan untuk merekam informasi perilaku temperatur dan kelembaban udara yang dimonitor secara kontinyu dan *time series*, antara lain adalah sebagai berikut:

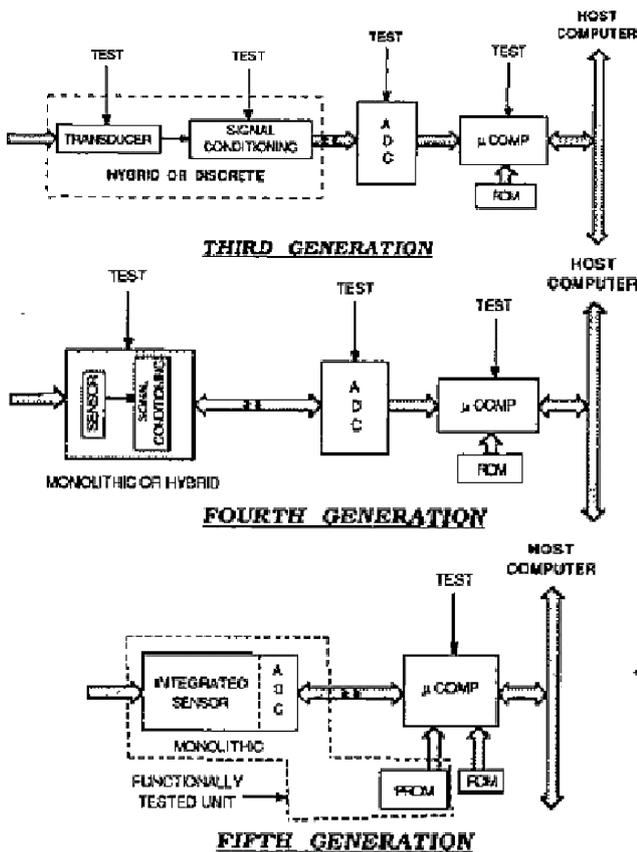
- 1) M.A.A.Mashud, M. Shamim Hossain, M. Nurul Islam, M. Shohidul Islam, dan M. Shahinuzzaman mengembangkan Thermo Hygrometer digital untuk mengukur temperatur dan kelembaban udara di segala tempat. Sistem ini berbasis mikrokontroler dan beroperasi dengan menggunakan supply battery untuk mengukur temperatur dari 0°C sampai 100°C dan kelembaban relatif dari 0 sampai 100 %. Informasi temperatur dan kelembaban di tampilkan menggunakan display 7 segmen [6].
- 2) Kamarul Ariff in Noordin, Chow Chee Onn dan Mohamad Faizal Ismail

mengembangkan sistem untuk memonitor cuaca. Sistem yang dikembangkan menggunakan sensor temperatur, kelembaban, dan tekanan yang masing-masing digunakan untuk mengukur suhu, kelembaban dan tekanan udara. Data temperatur, kelembaban dan tekanan udara yang dibaca dan direkam diolah dengan menggunakan mikrokontroler dan hasilnya di tampilkan menggunakan display LCD. Selain dari pada itu, data-data tersebut dapat ditransfer ke personal komputer melalui komunikasi menggunakan interface USB untuk dianalisa dan di cetak hasil pengukurannya [9].

- 3) G.S. Nhivekar, R.R.Mudholker mengembangkan sistem untuk data logger dan remote monitoring parameter lingkungan. Parameter yang di monitor adalah temperatur dan kelembaban. Data temperatur dan kelembaban yang di baca sensor akan diolah oleh mikrokontroler dan informasi tersebut kemudian dikirim dalam bentuk short message service (SMS) kepada user. Data-data yang terekam dapat di transfer ke personal komputer (melalui interface serial RS-232) yang di lengkapi graphical user interface (GUI) program untuk dapat di analisa dan dicetak [10].
- 4) Nungleppam Monorajan Singh, Kanak Chandra Sarma mengembangkan data akuisisi temperatur dan kelembaban secara *real time*. Sistem menggunakan mikrokontroler untuk monitoring temperatur dan kelembaban yang dibaca melalui sensor presisi suhu dan kelembaban. Informasi temperature dan kelembaban di tampilkan menggunakan personal komputer atau laptop melalui komunikasi menggunakan interface USB [12].

Smart sensor adalah sensor dan perangkat instrumentasi yang dilengkapi mikroprosesor dan perangkat komunikasi serta memiliki kemampuan diagnostik. Semua sensor / transducer harus memiliki fasilitas untuk melakukan pengujian dan kalibrasi, sehingga pengujian/kalibrasi dapat dilakukan tanpa harus mengganggu pengukuran oleh sensor pada saat operasi. Istilah *smart sensor* telah digunakan oleh berbagai peneliti dalam sejumlah konteks yang berbeda, mulai dari sensor menggabungkan beberapa perangkat aktif untuk menyediakan antarmuka yang lebih dapat diandalkan untuk meningkatkan kualitas sinyal yang dirasakan sensor, menggabungkan sensor agar terintegrasi dengan rangkaian elektronik canggih termasuk rangkaian digital dan analog yang membantu mengubah sensor dari komponen pasif menjadi perangkat yang 'pintar' dari suatu sistem kontrol / instrumentasi. Namun, selama beberapa tahun terakhir, tercapai suatu konsesus mengenai defisi smart sensor, yaitu sebuah perangkat pintar yang memiliki kemampuan (i) menyediakan output digital, (ii) berkomunikasi melalui bus digital dua arah,

(iii) dapat diakses melalui alamat tertentu, dan (iv) mengeksekusi perintah dan fungsi logika [2]. Sensor telah berkembang melalui sejumlah generasi, seperti yang ditunjukkan pada gambar 1. Perangkat generasi pertama memiliki sedikit komponen elektronik sebagai penyusun sensor, sedangkan pada generasi kedua, sensor adalah bagian dari sistem analog dengan hampir semua komponen sensor adalah elektronik.



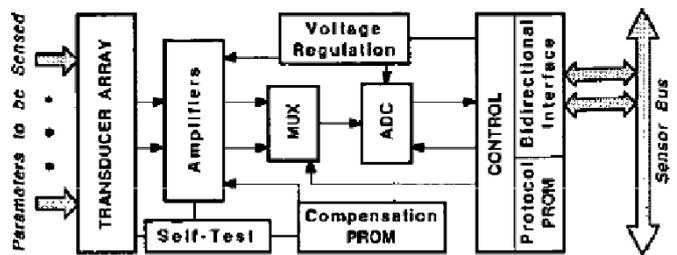
Gambar 1. Evolusi sensor solid-state [8]

Pada generasi ketiga, di mana sebagian besar dari sistem saat ini, sensor di lengkapi dengan penguat setidaknya di bagian awal sensor atau secara keseluruhan di chipnya.

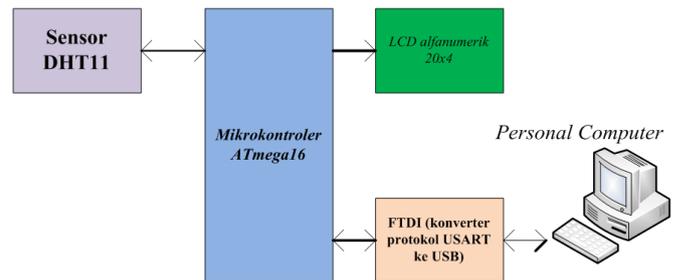
Dengan demikian, output dari sistem ini adalah sinyal analog dengan level tinggi, yang kemudian dikodekan baik sebagai tegangan atau variable pulsa. Sinyal ini kemudian di ditalisasi secara remote dengan sebuah mikroprosesor. Pada generasi ke empat rangkaian analog dan digital pada sensor di kemas dalam bentuk chip sehingga dapat dialamati dan dalam beberapa kasus dapat melakukan pengtesan sendiri. Pada generasi kelima sensor dilengkapi dengan pengkonversi data dan komunikasi dua arah dengan mikroprosesor. Perangkat ini dilengkapi dengan memori dan ADC seperti terlihat pada gambar 2.

II. METODE

Sebelum alat direalisasikan, maka terlebih dahulu dibuatlah rancangan alat. Rancangan ini terdiri dari perancangan *hardware* dan perancangan *software*. Perancangan alat secara keseluruhan dimulai dari pembuatan diagram blok alat lalu *flow chart* untuk menentukan cara kerja dari alat. Setelah itu dibuatlah rancangan *hardware* yang berupa rangkaian alat. Kemudian dibuatlah *software* sesuai dengan flow chart yang telah ditentukan. Perancangan *software* meliputi program mikrokontroler dan program *interface* atau antar muka PC, berbasis visual basic 6.0. Dengan perancangan *hardware* dan *software* yang baik diharapkan pembuatan alat akan berjalan dengan baik.



Gambar 2. Blok diagram VLSI sensor generasi ke lima [8]

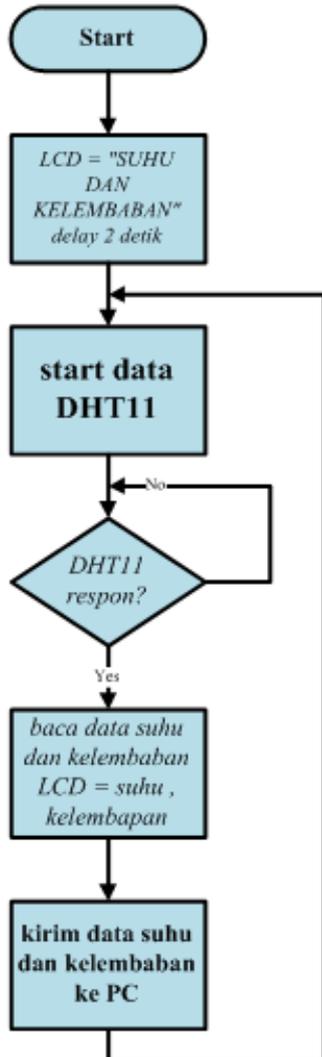


Gambar 3. Diagram Blok Monitor DHT11

Dengan mengacu pada blok diagram monitor DHT11 yang telah dibuat, maka cara kerja dari alat ini yaitu, sensor DHT11 merupakan suatu sensor yang dapat mendeteksi suhu dan kelembaban, hasil pembacaan sensor ini dirubah menjadi data-data bit digital, kemudian dikirim melalui pin output DHT11 dengan cara modulasi lebar pulsa.

DHT11 memiliki protokol komunikasi 1 wire khusus, sesuai dari data sheet DHT11 untuk logik 0 lebar sinyal berlangsung selama 26-28us dan untuk logik 1 lebar sinyal berlangsung selama 70us, data digital yang dikirim sebanyak 40bit, 8 bit awal untuk suhu, 8 bit yang ketiga untuk kelembaban dan 8bit terakhir untuk bit pariti. Setelah VCC dan ground sensor terhubung dengan catu daya. Refresh data rate sensor ini sebesar 1Hz. Untuk mendapatkan data pembacaan DHT11, maka mikrokontroler pertama-tama harus mengirimkan sinyal start yaitu berupa sinyal transisi HIGH ke LOW, dan waktu sinyal LOW selama 18ms, pin mikrokontroler yang digunakan yaitu PINB.0, pin ini terhubung dengan pin out DHT11.

Jika sinyal start dari mikrokontroler sesuai maka DHT11 akan memberikan sinyal respon yang berupasingnal logik HIGH selama 80us dan LOW selama 80us, setelah sinyal ini maka DHT11 akan mengirimkan data 40bit yang setiap bitnya direpresentasikan dengan lebar pulsa HIGH yang waktunya tergantung dari logik bit yang akan dikirimkan, data 40bit ini berisi nilai suhu dan kelembaban, dengan menghitung lebar pulsa HIGH dari DHT11 sebanyak 40 sampel berturut-turut maka didapat data suhu dan kelembaban masing – masing sebesar 8bit, bit MSB dikirim terlebih dahulu.

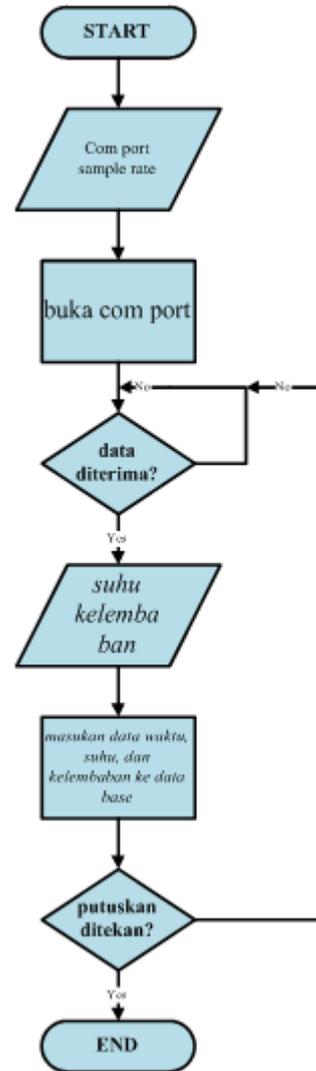


Gambar 4. Diagram alir mikrokontroler

Software pada alat monitor DHT11 ini, terbagi menjadi 2 yaitu software yang berupa program mikrokontroler dan software yang berupa aplikasi antar muka monitor DHT11 untuk PC. Program mikrokontroler berguna untuk melakukan interface terhadap sensor DHT11, LCD dan rangkaian FTDI untuk komunikasi serial dengan PC.

Lalu software aplikasi antar muka monitor DHT11 dibuat dengan visual basic 6.0, aplikasi ini berfungsi untuk menerima dan mengolah data string yang dikirimkan oleh mikrokontroler untuk ditampilkan di

aplikasi, lalu aplikasi ini berfungsi untuk menyimpan data pembacaan suhu dan kelembaban serta waktu saat sampel data diambil ke Microsoft access.



Gambar 5. Diagram alir DHT11

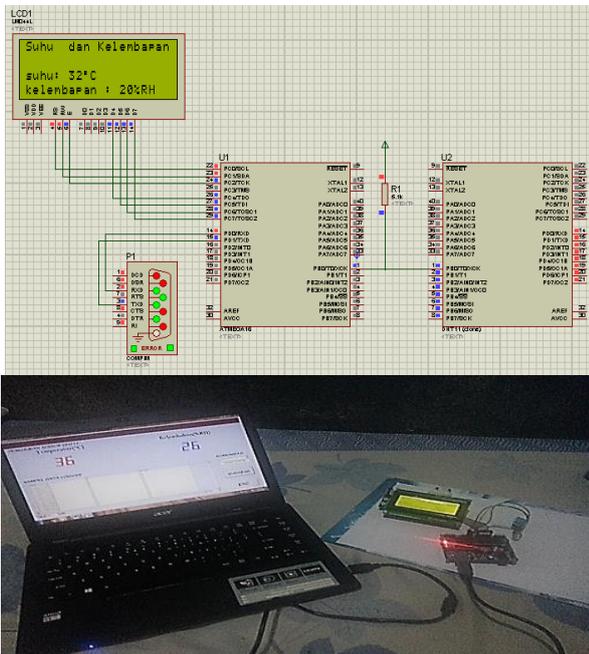
III. HASIL & PEMBAHASAN

A. Simulasi Sistem

Setelah proses perancangan selesai maka alat yang dibuat harus diuji dengan cara melakukan pengukuran. Pengukuran dilakukan secara real time dan menggunakan *prototype* yang dibuat. Rangkaian monitor DHT11 ini terdiri dari sensor DHT11, LCD alfanumerik 20x4, modul FTDI (komunikasi serial), dan mikrokontroler ATmega16. Rangkaian alat ini dibuat dengan software proteus.

Lalu data 8bit ini dirubah menjadi nilai desimal, kemudian nilai desimal dari suhu dan kelembaban ditampilkan di LCD alfanumerik 20 x 4. Setelah data di tampilan kemudian data suhu dan kelembaban dikirimkan ke PC. agar mikrokontroler dapat berkomunikasi dengan PC maka protocol USART dari

mikrokontroler dirubah oleh rangkaian FTDI menjadi protokol USB.



Gambar 5. Monitoring dengan *smart* sensor (atas) simulasi software; (bawah) Rangkaian Keseluruhan Alat

Hasil pengukuran yang dilakukan merupakan hasil pengukuran secara real menggunakan prototype yang dibuat, pembacaan suhu mengalami fluktuasi saat dilakukan pemotretan hasil pengukuran, berikut hasil yang didapatkan:

B. Pembacaan Suhu

Pembacaan suhu termonitor dalam human machine interface dan data pengukuran akan tersimpan di data logger, sehingga trending pembacaan akan mudah terlihat seperti pada gambar 7 dan 8.

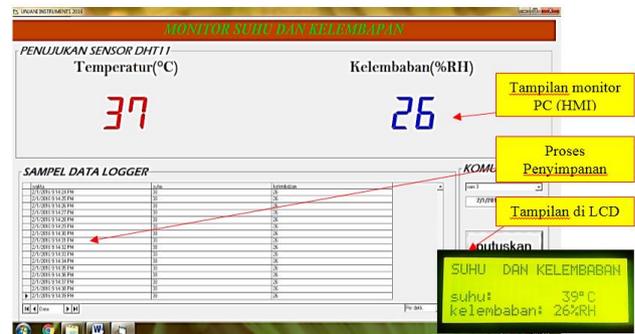
Setelah data dari mikrokontroler diterima oleh PC, data ini kemudian diolah oleh program monitor DHT11 berbasis visual basic 6. Data suhu dan kelembaban ditampilkan di antar muka program monitor DHT11, lalu data ini kemudian disimpan di database berbasis Microsoft access siklus penyimpanan data bisa diatur antara per detik, per menit dan perjam. Mikrokontroler kemudian mengalami delay selama 1 detik, untuk menunggu DHT11 memproses datanya. Lalu Siklus pembacaan data berulang kembali, dimulai dari mengirim sinyal start oleh mikrokontroler, hal ini berlangsung secara kontinyu.



Gambar 7 Penyimpanan besaran suhu dalam HMI

Software pada alat monitor DHT11 ini, terbagi menjadi 2 yaitu software yang berupa program mikrokontroler dan software yang berupa aplikasi antar muka monitor DHT11 untuk PC. Program mikrokontroler berguna untuk melakukan interface terhadap sensor DHT11, LCD dan rangkaian FTDI untuk komunikasi serial dengan PC.

Kemudian *software* aplikasi antar muka monitor DHT11 dibuat dengan visual basic 6.0, aplikasi ini berfungsi untuk menerima dan mengolah data string yang dikirimkan oleh mikrokontroler untuk ditampilkan di aplikasi, lalu aplikasi ini berfungsi untuk menyimpan data pembacaan suhu dan kelembaban serta waktu saat sampel data diambil ke *Microsoft access*.



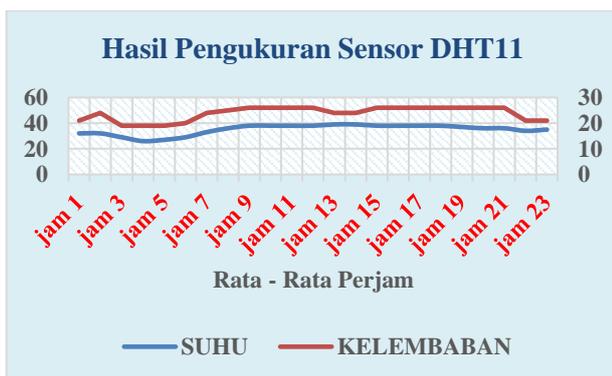
Gambar 8. Penunjukan VB dan LCD saat pengukuran berlangsung

Hasil pengukuran yang dilakukan merupakan hasil pengukuran secara real menggunakan prototype yang dibuat, pembacaan suhu mengalami fluktuasi saat dilakukan pemotretan hasil pengukuran, dalam gambar 5 dan gambar 6. Masing – masing program *coding* dilakukan menggunakan bahasa C, meliputi antarmuka mikrokontroler ke LCD dan mikrokontroler ke *personal computer*. Selanjutnya proses monitoring dan penyimpanan berhasil dilakukan.

Tabel 1. Hasil Pengukuran Rata-rata

Rata – rata pengukuran perjam	Suhu (°C)	Kelembaban (%RH)
1	32	21
2	32	20
3	29	19
4	26	19
5	27	19
6	29	20
7	33	24
8	36	25
9	38	26
10	38	26
11	38	26
12	38	26
13	39	24
14	39	24
15	38	26
16	38	26
17	38	26
18	38	26
19	37	26
20	36	26
21	36	26
22	34	21
23	35	21

Hasil monitoring didapat hasil pengukuran dilakukan secara terus menerus dan dilakukan secara berulang sehingga dapat dilihat data rata – rata pengukuran dalam 24 jam (data secara trending) seperti dalam tabel 1 diatas.



Gambar 9. Grafik Hasil Pengukuran DHT11

Dari grafik di atas menunjukkan rata – rata pengukuran yang dilakukan dalam 24 jam, suhu terendah terdapat pada jam 1 sampai dengan jam 7 pagi, sedangkan untuk suhu relative stabil pada jam 9 pagi sampai dengan jam 10 malam seperti yang ditunjukkan dalam gambar 6 dimana temperatur yang paling tinggi berada diatas jam 9 pagi sampai jam 5 sore.

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Dari hasil perancangan, pembuatan dan pengukuran yang dilakukan maka didapat kesimpulan dari penelitian ini yaitu sebagai berikut.

- 1) Sensor temperatur dan kelembaban berhasil dibuat dengan memanfaatkan informasi data dan pengukuran yang diambil secara *realtime*, dengan antarmuka yang baik memudahkan dalam monitoring berbasis HMI atau *Human Machine Interface*.
- 2) Data suhu dan kelembaban ditampilkan di antar muka program monitor DHT11, lalu data ini kemudian disimpan di database berbasis *Microsoft access* dan siklus penyimpanan data bisa diatur antara per detik, per menit dan perjam. Mikrokontroler kemudian mengalami delay selama 1 detik.
- 3) Antarmuka menggunakan visual basic memerlukan pengaturan antara lain, *property scomm* di seting pada 9600 *baud rate* 8 bit, 1 *stop bit no parity*, *comport* 3, *reshold* 10, kemudian komunikasi serial antara PC dan mikrokontroler dapat berlangsung dengan baik.

B. Saran

Adapun saran sebagai pertimbangan untuk penelitian kedepan adalah pemanfaatan teknologi informasi berbasis android atau *smartphone*, dengan perkembangan perangkat lunak yang ada android atau *smartphone* (IOS) dapat mempermudah proses monitoring secara *realtime* berbasis paket data, selain itu *smartphone* juga dapat memanfaatkan komputer, Laptop atau PC sebagai media penimpan data tentu saja dengan RAM dan memory yang lebih besar.

Monitoring suhu pun dapat dimanfaatkan dalam teknologi komunikasi berbasis SCADA dengan perangkat RTU atau DCS dan PLC sebagai media terminal unit yang dapat menampung input dan output analog dan digital dengan berbagai sensor dengan jumlah yang terbilang besar, sehingga proses monitoring tidak mengandalkan satu sensor sebagai acuan pengukuran.

UCAPAN TERIMAKASIH

Kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat (LPPM) – UNJANI, yang telah membantu pendanaan dalam terlaksananya penelitian kompetitif ini selama tahun 2015 – 2016.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ariff in. "Dasar – Dasar Klimatologi Pertanian". Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya. Malang. p 61-66). 1989.
- [2] Brignell, J. E., "Smart sensors *Sensors, A Comprehensive Survey*", ed W Gopel, J Hesse and J N Zemel vol 1 (New York VCH), 1989.
- [3] Combs, D. "Drinking water requirement for heat stressed dairy cattle". *Univ. Of Wisconsin Dairy Profit Report* Vol 8. No.3 <http://www.wise.edu/dairy-prof-it/dpr/dpr83.pdf>. [21 Oktober 2005].).

- [4] Giachino, J. M., " Smart sensors *Sensor and Actuators*". 10 239-48, 1986.
- [5] Ingram, D.L. & M.J. "Dauncey. *Thermoregulatory Behavior. In: Stress Physiology of Livestock*" .Vol. 1. Yousef (Ed),. Florida: CRC Press, Inc. 1985.
- [6] Mashud, M.A.A., M. Hossain, Shamim. , Islam, M. Nurul., Islam, M. Shohidul., Shahinuzzaman, M., "Design and Development of Microcontroller based Digital Thermo Hygrometer", *International Journal Of Computer Application Issue2, Volume 2 (APRIL 2012)*.
- [7] McDowell, R.E. "Improvement of Livestock Production in Warm Climate". San Francisco: W.H. Freeman and Co. 1972.
- [8] Najafi, N., and Wise, K.D., "An organization and interface for sensor-driven semiconductor process control systems " *IEEE on Semiconductor Manufacturing* VOI 3 (New York IEEE) pp 230-8. 1990
- [9] Noordin, Kamarul Ariff in., Onn, Chow Chee., dan Ismail, Mohamad Faizal. " A Low-Cost Microcontroller-based Weather Monitoring System". *CMU Journal* vol.5, 2006.
- [10] Nhivekar, G.S., Mudholker, R.R. Data Logger And Remote Monitoring System For Multiple Parameter Measurement Applications. *e -Journal of Science & Technology (e-JST)* (3), 6, 2011.
- [11] Quiston,Mc., and Parker, "Heating, Ventilating and Air Conditioning", John Willey & Son, 1994.
- [12] Singh, Nungleppam Monoranjan., Sarma, Kanak Chandra., Design and Development of Low Cost PC Based Real Time Temperature and Humidity Monitoring System. *International Journal of Electronics and Computer Science Engineering, IJECSE, Volume1 ,Number 3. 2011.*
- [13] Wang, S.K.," *Handbook of Air Conditioning and Refrigeration*", Mc Graw Hill, 2001.
- [14] Wise, K. D., and Najafi, K., " *VLSI sensors in medicine VLSI in Medicine*" ed Norman G. Einspruch and Robert D Goid (New York: Academic). 1988.
- [15] Whitman, Johnson, Tomczyk, "Refrigeration & Air Conditioning Technology", Delmar Thomson Learning, 2000.
- [16] Mill Valley, CA: University Science, 1989.