

**AUTOMATIC EVAPORATION STATION
(A E S)**

TESIS

IBNU SOFWAN LUKITO

0806421123



**UNIVERSITAS INDONESIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
PROGRAM MAGISTER FISIKA
DEPOK
JUNI, 2010**

**AUTOMATIC EVAPORATION STATION
(A E S)**

TESIS

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Magister di program Magister Fisika

IBNU SOFWAN LUKITO

0806421123



UNIVERSITAS INDONESIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
PROGRAM MAGISTER FISIKA
KEKHUSUSAN FISIKA INSTRUMENTASI
DEPOK
JUNI, 2010

PERNYATAAN ORISINALITAS

Tesis ini adalah hasil karya saya sendiri,
dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk
telah saya nyatakan dengan benar



Depok, 09 Juni 2010

Ibnu Sofwan Lukito
NPM: 0806421123

SURAT PERSETUJUAN TUGAS AKHIR

Nama : **Ibnu Sofwan Lukito**
NPM : 0806421123
Program Studi : Magister Fisika Instrumentasi
Judul Tesis : **Automatic Evaporation Station (AES)**

Penulisan tesis ini telah selesai dan siap untuk maju sidang tugas akhir.

Depok, 09 Juni 2010

Mengetahui,

Pembimbing I

Pembimbing II

Dr. Prawito

NIP.19600721 198903 1 001

Dr. Andi Eka Sakya, M.Eng

NIP. 19570904 198303 1 001

Menyetujui,

Program Magister Fisika
Program Pascasarjana FMIPA
Ketua

Dr. Eng. Yunus Daud

NIP. 19681104 199512 1 001

HALAMAN PENGESAHAN

Tesis ini diajukan oleh

Nama : **Ibnu Sofwan Lukito**
NPM : 0806421123
Program Studi : Pascasarjana Fisika Instrumentasi
Judul Tesis : **Automatic Evaporation Station (AES)**

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Magister pada program Magister Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Indonesia.

DEWAN PENGUJI

Ketua : **Dr. Yunus Daud** ()
Pembimbing : **Dr. Prawito** ()
Pembimbing : **Dr. Andi Eka Sakya, M.Eng** ()
Penguji : **Prof. Dr. BEF Da Silva** ()
Penguji : **Dr. Tony Mulia** ()
Penguji : **Dr. Martarizal** ()

Ditetapkan di : Depok
Tanggal : 09 Juni 2010

KATA PENGANTAR



Segala puji bagi Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penelitian tugas akhir magister ini dapat terselesaikan dengan baik. Shalawat dan salam juga dihaturkan untuk Rosulullah Muhammad SAW beserta keluarga dan seluruh pengikutnya hingga akhir jaman.

Penelitian ini terinspirasi oleh sebuah pemikiran sederhana untuk memanfaatkan peralatan yang mudah didapat di dalam negeri untuk dijadikan sebagai alat ukur otomatis yang akurat dan dapat dipergunakan secara luas untuk pengamatan klimatologi di Indonesia. Semoga penelitian ini nantinya dapat dijadikan dasar untuk penelitian yang lebih lanjut dan dapat direspon positif oleh instansi terkait, sehingga akan tercipta sebuah terobosan baru dalam sistem pengamatan klimatologi, khususnya pengamatan evaporasi di Indonesia.

Pada kesempatan yang baik ini penulis ingin menyampaikan ucapan terimakasih yang tak terhingga kepada seluruh pihak yang telah membantu sehingga terselesaikannya penelitian ini, terutama ditujukan kepada:

1. Kedua orang tua tercinta beserta kakak dan adik yang selalu memberikan doa dan motivasi.
2. Tuti Amalia.Msi, sebagai istri yang selalu mendampingi dalam seluruh proses penelitian ini dengan penuh cinta dan kasih.
3. Dr. Yunus Daud, sebagai Ketua Program Studi Magister Fisika FMIPA UI.
4. Dr. Prawito, selaku dosen pembimbing yang selalu memberikan arahan dan bantuan.
5. Dr. Andi Eka Sakya, M.Eng, yang selalu memberikan waktu dan bimbingannya disela kesibukan sebagai Sekertaris Utama Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika.

6. A.Suheriyanto,MM dan seluruh petugas kalibrasi yang telah banyak membantu dalam proses pengujian AES di Laboratorium Kalibrasi PUSINREKAL BMKG.
7. Seluruh rekan-rekan kerja di Bidang Instrumentasi, Rekayasa dan Kalibrasi Peralatan Klimatologi dan Kualitas Udara, BMKG.
8. Seluruh rekan-rekan seperjuangan di Program Magister Fisika Instrumentasi FMIPA UI angkatan tahun 2008.
9. Seluruh pihak-pihak lain yang tidak mungkin disebutkan satu per satu, namun memiliki peran yang cukup besar dalam penyelesaian penelitian ini.

Semoga Allah SWT mencatat segala bantuan yang telah diberikan tersebut sebagai suatu kebaikan yang tidak ternilai dan akan dibalas dengan kebaikan yang berlipat ganda, aminn.

Jakarta, 09 Juni 2010

Ibnu Sofwan Lukito

LEMBAR PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH

Sebagai sivitas akademika Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : **Ibnu Sofwan Lukito**
NPM : 0806421123
Program Studi : Magister Fisika
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Jenis Karya : Tesis

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia **Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul : "Automatic Evaporation Station (AES) " beserta perangkat yang ada (bila diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/format-kan, mengelolanya dalam bentuk pangkalan data (database), mendistribusikannya, dan menampilkan/ mempublikasikannya di internet atau media lain untuk kepentingan akademis tanpa perlu meminta ijin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta. Segala bentuk tuntutan hukum yang timbul atas pelanggaran Hak Cipta dalam karya ilmiah ini menjadi tanggung jawab saya pribadi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Jakarta
Pada tanggal : 09 Juni 2010

Yang menyatakan,

Ibnu Sofwan Lukito

ABSTRAK

Nama : **Ibnu Sofwan Lukito**
Program Studi : Magister Fisika Instrumentasi
Judul Tesis : Automatic Evaporation Station (AES)

Telah berhasil dibuat sebuah alat yang dapat berfungsi sebagai stasiun penguapan/evaporasi otomatis yang telah terintegrasi dengan pengamatan parameter iklim lainnya yang berhubungan dengan proses evaporasi. Alat ini diberi nama “*Automatic Evaporation Station (AES)*”, dengan kemampuan mengukur 6 (enam) parameter klimatologi seperti penguapan, suhu permukaan air, suhu udara, kelembaban udara, curah hujan dan kecepatan angin. Selain itu alat AES ini juga dilengkapi dengan 2 (dua) buah sistem kontrol untuk mempertahankan ketinggian air di *Open Pan Evaporimeter* agar tetap 5 cm dari bibir panci (sesuai ketentuan dari *World Meteorological Organization, WMO*). Keberadaan AES ini dapat menggantikan sistem pengamatan penguapan konvensional yang masih dilakukan oleh Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG), atau dapat pula digunakan untuk menggantikan stasiun hujan kerjasama yang dimiliki BMKG. Penggantian stasiun hujan kerjasama dengan stasiun evaporasi otomatis diharapkan akan lebih bermanfaat bila ditinjau dari segi biaya, kemudahan pengoperasian, jumlah parameter klimatologi yang dapat diukur dan tingkat keakurasian data yang tetap terjaga walau diamati oleh petugas/observer yang tidak memiliki latarbelakang pendidikan khusus dibidang meteorologi/klimatologi.

Kata Kunci:

Penguapan, *evaporation, evaporimeter, automatic evaporation station*

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	ii
SURAT PERSETUJUAN TUGAS AKHIR	iii
LEMBAR PENGESAHAN	iv
KATA PENGANTAR	v
LEMBAR PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH	vii
ABSTRAK	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
1. PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	1
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Manfaat Penelitian	2
1.5 Batasan Penelitian	3
2. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Pengamatan Parameter Meteorologi dan Klimatologi	4
2.1.1 Proses Evaporasi di Atmosfer	5
2.1.2 Faktor yang Mempengaruhi Evapotranspirasi di Alam	7
2.1.3 Alat Ukur Evaporasi	11
2.1.4 Persyaratan Umum <i>Automatic Evaporation Station</i>	14
2.2 Sensor dan Tranducer	16
2.3 Pemrograman di Mikrokontroler	18
2.4 Pemrograman di Komputer	19
3. METODE PENELITIAN	
3.1 Konsep Dasar <i>Automatic Evaporation Station</i>	22
3.1.1 Sistem Akusisi Data	24
3.1.2 Alur Program Akusisi	25
3.2 Pengukuran Parameter Klimatologi di Mikrokontroler	26
3.2.1 Pengukuran <i>Water Level</i> sebagai Indikator Penguapan	26
3.2.2 Pengukuran Curah Hujan	28
3.2.3 Pengukuran Suhu Permukaan Air	29
3.2.4 Pengukuran Suhu dan Kelembaban Udara	30
3.2.5 Pengukuran Kecepatan Angin	32
3.2.6 Penyimpanan Data Pengukuran di EEPROM	33
3.2.7 Tampilan Data Pengukuran di LCD 16x2	34
3.3 Komunikasi dan Penyimpanan Data ke Komputer	35
3.4 Program aplikasi stand-alone dan executable file	42

4. PEMBAHASAN	
4.1 Data Pengukuran Evaporasi dengan Sensor Tekanan BP11	44
4.2 Data Pengukuran Curah Hujan dengan <i>Tipping Bucket</i>	47
4.3 Data Pengukuran Suhu Air dengan Sensor DS18B20	48
4.4 Data Pengukuran Suhu Udara dengan Modul Sensor SHT11	50
4.5 Data Pengukuran Kelembaban Udara dengan Modul Sensor SHT11	52
4.6 Data Pengukuran Kecepatan Angin dengan <i>Windspeed</i> Sensor WS31	55
5. KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1 Kesimpulan	59
5.2 Saran	61
DAFTAR REFERENSI	62



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1.	Siklus air di permukaan bumi	5
Gambar 2.2.	Faktor cuaca yang dapat mempengaruhi proses evapotranspirasi	7
Gambar 2.3.	Pengaruh luas permukaan cairan H ₂ O terhadap tekanan uap (<i>vapor pressure</i>).	8
Gambar 2.4.	Pengaruh angin terhadap laju penguapan/evaporasi.	9
Gambar 2.5.	Hubungan rata-rata laju penguapan/evaporasi di Mahanene terhadap kecepatan angin dan curah hujan di Ondangwa.	9
Gambar 2.6.	Pengaruh suhu udara terhadap laju penguapan/evaporasi.	10
Gambar 2.7.	Alat ukur penguapan tipe <i>open pan evaporimeter</i> .	11
Gambar 2.8.	Pengukuran level dengan pengukuran <i>hydrostatic pressure</i> .	13
Gambar 2.9.	Penempatan alat pada stasiun penguapan	14
Gambar 2.10.	Konfigurasi pin mikrokontroler AtMega16/32	18
Gambar 2.11.	Contoh Tampilan di <i>front panel labview</i> versi 8.5	19
Gambar 2.12.	Contoh Tampilan di <i>block diagram labview</i> versi 8.5	20
Gambar 3.1.	Bagan dan sistematika <i>Automatic Evaporation Station (AES)</i>	21
Gambar 3.2.	Rancangan <i>Automatic Evaporation Station (AES)</i>	23
Gambar 3.3.	Circuit diagram dari logger <i>Automatic Evaporation Station (AES)</i>	24
Gambar 3.4.	Diagram alir dari program akuisisi di mikrokontroler	25
Gambar 3.5.	Desain tampilan <i>Automatic Evaporation Station (AES)</i> di PC	36
Gambar 3.6.	Desain program dalam <i>block diagram</i> di LabView secara lengkap	38
Gambar 3.7.	<i>Block diagram</i> untuk komunikasi	38
Gambar 3.8.	<i>Block diagram</i> untuk mencuplik dan menampilkan data.	39
Gambar 3.9.	<i>Block diagram</i> untuk penyimpanan data di PC.	40
Gambar 3.10.	Contoh nama <i>file</i> yang tersimpan dalam <i>harddisk</i> .	40
Gambar 3.11.	Contoh tampilan data di dalam <i>file text (.txt)</i> .	41
Gambar 3.12.	Contoh tampilan data di dalam <i>file excel (.xls)</i>	41
Gambar 3.13.	Contoh proses pembuatan <i>Executable file (.exe)</i> di <i>LabView</i> .	42
Gambar 3.14.	Contoh <i>Executable file</i> dan shortcut program <i>installer AES</i> .	43
Gambar 4.1.	Proses pengukuran ketinggian air dengan <i>pressure sensor BP11</i> .	45
Gambar 4.2.	Grafik pengukuran ketinggian air dengan <i>pressure sensor BP11</i> .	46
Gambar 4.3.	Pengujian akuisisi data penakar hujan di lab.PUSINREKAL	47
Gambar 4.4.	Pengujian akuisisi data sensor suhu ds1820 di lab.PUSINREKAL	49
Gambar 4.5.	Pengujian akuisisi data sensor RH-SHT11 di Lab.PUSINREKAL	52
Gambar 4.6.	Pengujian akuisisi data sensor <i>wind speed</i> di lab.PUSINREKAL	55
Gambar 4.7.	Grafik pengujian akuisisi data sensor <i>wind speed</i> di <i>wind tunnel</i> sebelum dikoreksi.	56
Gambar 4.8.	Grafik pengujian akuisisi data sensor <i>wind speed</i> di <i>wind tunnel</i> setelah dikoreksi.	58

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Rekomendasi tingkat akurasi peralatan klimatologi/hidrologi.	15
Tabel 4.1. Data hasil pengujian ketinggian air.	46
Tabel 4.2. Data hasil pengujian penakar hujan <i>tipping bucket</i> .	48
Tabel 4.3. Data hasil pengujian sensor suhu DS18B20.	49
Tabel 4.4. Data hasil pengujian sensor suhu SHT11.	50
Tabel 4.5. Data terkoreksi dari sensor suhu SHT11.	51
Tabel 4.6. Data hasil pengujian sensor RH SHT11.	53
Tabel 4.7. Data terkoreksi dari sensor RH SHT11.	54
Tabel 4.8. Data hasil pengujian sensor <i>windspeed</i> WS31 sebelum dikoreksi.	56
Tabel 4.9. Data hasil pengujian sensor <i>windspeed</i> WS31 setelah dikoreksi	57



DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1. Photo alat Automatic Evaporation Station (AES)
- Lampiran 2. *Datasheet* sensor tekanan BP10
- Lampiran 3. *Datasheet* sensor suhu air DS18B20
- Lampiran 4. *Datasheet* sensor suhu dan kelembaban udara SHT11
- Lampiran 5. *Datasheet* sensor penakar hujan *tipping bucket*
- Lampiran 6. *Datasheet* sensor kecepatan angin WS31
- Lampiran 7. *Datasheet* mikrokontroler Atmega32
- Lampiran 8. *Datasheet* RTC DS1307
- Lampiran 9. *Datasheet* MAX232



BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Besarnya kebutuhan akan jejaring pengamatan meteorologi dan klimatologi yang lebih rapat di Indonesia, mengharuskan instansi yang berwenang (dalam hal ini adalah BMKG) untuk memenuhi kebutuhan titik-titik jejaring tersebut. Penambahan stasiun pengamatan merupakan solusi yang sulit untuk dipenuhi sehingga penambahan titik-titik pengamatan dilakukan dengan pembangunan stasiun-stasiun otomatis (*Automatic Weather Station - AWS*) dan stasiun-stasiun kerjasama (Konvensional). Kendala yang terjadi dilapangan terhadap AWS adalah biaya yang besar, pemeliharaannya yang sulit dan faktor ketergantungan komponen dari luar negeri. Selain itu, AWS lebih dikhususkan terhadap pengamatan cuaca sehingga parameter klimatologi belum terakomodir dengan baik di AWS. Pengamatan unsur klimatologi dewasa ini masih dilakukan secara konvensional di stasiun-stasiun BMKG dan stasiun-stasiun kerjasama. Hal-hal inilah yang menjadi pemikiran untuk merancang suatu stasiun pengamatan otomatis yang dapat mewakili pengamatan klimatologi namun dibuat dengan komponen-komponen yang sebagian besar telah dijual bebas di dalam negeri.

1.2. Perumusan Masalah

Penelitian ini ditekankan pada pengamatan untuk stasiun penguapan otomatis (*Automatic Evaporation Station – AES*). Parameter yang diukur adalah parameter yang berhubungan dengan pengamatan evaporasi menggunakan komponen-komponen dan sensor yang mudah didapat di dalam negeri. Akuisisi data dilakukan dalam program di mikrokontroler dan data hasil pengukuran dapat dilihat secara langsung pada LCD display. Data pengukuran ini kemudian dapat disimpan di komputer melalui komunikasi serial RS232.

1.3. Maksud dan Tujuan Penelitian

Penelitian ini ditujukan untuk memperkuat pengamatan klimatologi di Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG), terutama untuk stasiun-stasiun BMKG yang masih melakukan pengamatan evaporasi secara manual dan atau untuk menambahkan data pengamatan pada stasiun hujan kerjasama yang dimiliki oleh BMKG. Selain itu, penelitian ini juga ditujukan untuk menghilangkan ketergantungan terhadap peralatan klimatologi dari luar negeri dengan biaya yang cukup tinggi sehingga dapat digantikan dengan peralatan buatan sendiri dengan komponen-komponen yang mudah didapat didalam negeri. Hal ini mungkin terlalu sulit untuk diterapkan pada stasiun-stasiun BMKG yang memiliki posisi strategis, namun sangat mungkin untuk diterapkan pada stasiun-stasiun hujan kerjasama yang sejak awal hanya memiliki data hujan dan belum memiliki data klimatologi yang lain.

Hasil penelitian ini diharapkan dapat membuka wacana di BMKG untuk menggantikan stasiun-stasiun hujan kerjasama (konvensional) dengan stasiun-stasiun evaporasi yang telah dioperasikan secara otomatis. Sehingga petugas pengamat yang tidak memiliki latarbelakang pendidikan meteorologi/klimatologi, dapat melaporkan hasil pengamatan klimatologi dengan cukup akurat.

1.4. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian *Automatic Evaporation Station* (AES) ini sangat besar untuk Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) diantaranya:

- Menghilangkan ketergantungan terhadap peralatan pengamatan klimatologi dari luar negeri yang memiliki harga cukup tinggi sehingga meringankan beban APBN.
- Mempermudah pemeliharaan peralatan pengamatan klimatologi, karena sebagian besar komponennya telah dijual bebas di dalam negeri. Hal ini secara tidak langsung juga dapat menumbuhkan pasar dalam negeri.
- Dapat menambah data pengamatan klimatologi, dari stasiun hujan kerjasama yang hanya memiliki 1 (satu) data curah hujan saja, menjadi 6 (enam) data klimatologi dengan menggunakan *Automatic Evaporation Station* (AES).

- Dapat meningkatkan akurasi data yang dilakukan oleh pengamat (*observer*) yang tidak memiliki latarbelakang pendidikan meteorologi/klimatologi di stasiun-stasiun kerjasama.

1.5. Batasan Penelitian

Penelitian ini ditekankan pada pengamatan untuk stasiun penguapan otomatis (*Automatic Evaporation Station – AES*) dengan komponen-komponen yang telah dijual bebas di dalam negeri. Parameter klimatologi yang diukur juga dibatasi pada parameter yang berhubungan langsung dengan pengamatan evaporasi. Sistem pengamatan, metode dan waktu juga disesuaikan dengan pengamatan klimatologi.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) merupakan instansi pemerintah yang diberi wewenang dan tanggung jawab untuk melakukan pengamatan parameter meteorologi, klimatologi, kualitas udara dan geofisika. Berdasarkan tugas dan wewenang tersebut, maka BMKG secara langsung bertanggungjawab pula dalam melaksanakan pengamatan penguapan di Indonesia. Tujuan utama dari penelitian ini terdapat pada sistem pengamatan evaporasi yang berbeda dengan yang telah ada, sehingga aturan-aturan atau ketentuan-ketentuan baku secara khusus memang belum tersedia. Berdasarkan hal tersebut maka sistematika pengukuran disesuaikan dengan sistematika pengamatan klimatologi dan evaporasi secara umum. Sistem pengamatan evaporasi yang telah bersinergi ini, selanjutnya diberi nama “*Automatic Evaporation Station (AES)*”.

2.1. Pengamatan Parameter Meteorologi dan Klimatologi

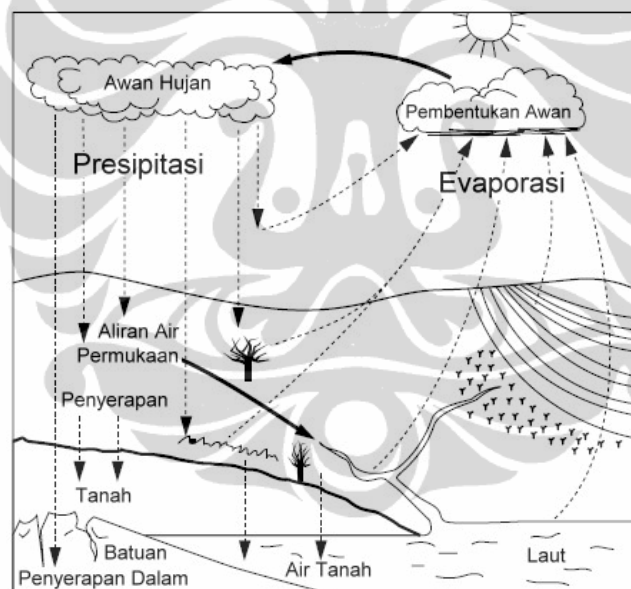
Parameter meteorologi dan klimatologi yang umum diamati oleh Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) diantaranya adalah:

- a. Parameter cuaca/iklim di atmosfer hingga variasi ketinggian tertentu, seperti: tekanan udara, suhu udara, kelembaban udara, curah hujan, intensitas radiasi matahari, polusi udara, arah dan kecepatan angin.
- b. Parameter cuaca/iklim di permukaan air/danau/laut hingga variasi kedalaman tertentu, seperti: suhu air/danau/laut, tinggi gelombang dan arus laut.
- c. Parameter iklim di permukaan tanah hingga variasi kedalaman tertentu, seperti: suhu tanah, kebasahan tanah, suhu di permukaan rumput/tanaman, penguapan/evaporasi dan evapotranspirasi.
- d. Parameter-parameter cuaca/iklim lainnya berdasarkan keperluan khusus.

2.1.1. Proses Evaporasi di Atmosfer

Penguapan (*evaporation*) ialah proses perubahan suatu zat dari cair menjadi uap/gas. Proses ini dapat terjadi pada setiap permukaan benda cair atau benda yang mengandung air pada temperatur diatas 0°K . Faktor-faktor yang mempengaruhi pengukuran penguapan, diantaranya adalah; temperatur air/udara, kecepatan angin, kelembaban udara, intensitas radiasi matahari, tekanan udara dan curah hujan.

Penguapan merupakan salah satu proses yang sangat penting dalam siklus air di permukaan bumi (gambar 2.1)^[3], karena dengan mengetahui jumlah penguapan maka dapat diketahui jumlah uap air yang berada di udara sebagai pembentuk awan dan hujan. Berdasarkan hal tersebut maka pengukuran terhadap jumlah penguapan menjadi hal yang sangat penting untuk diamati.



Gambar 2.1. Siklus air di permukaan bumi

Pada gambar 2.1, dapat dilihat proses dalam siklus air dipermukaan bumi, dimana peran penguapan/evaporasi yang terjadi dari permukaan air dan tumbuhan merupakan penentu dari pembentukan awan dan hujan yang akan terjadi. Sedangkan arah dari distribusi air lebih ditentukan oleh pergerakan udara yang terjadi di alam.

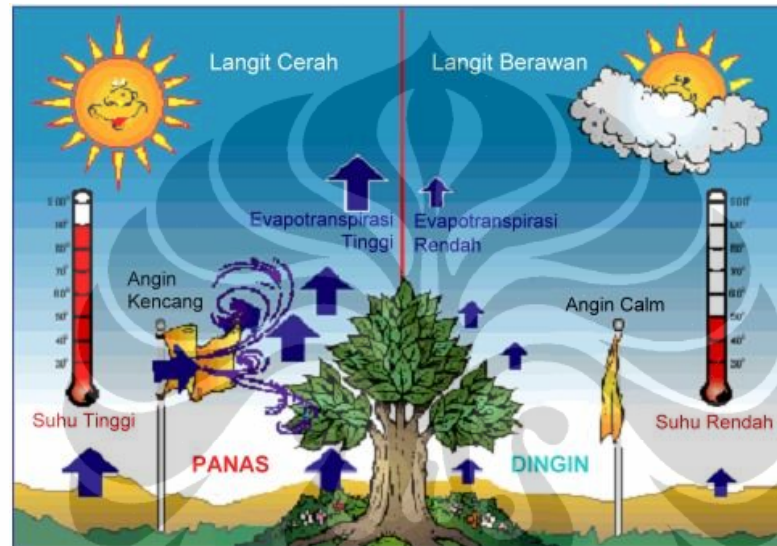
Dalam ilmu meteorologi/klimatologi, penguapan dapat dibedakan menjadi beberapa jenis^[1], yaitu:

- a. *Actual evaporation*, didefinisikan sebagai jumlah air yang menguap dari air permukaan yang terbuka atau dari permukaan tanah yang terbuka.
- b. *Transpiration*, didefinisikan sebagai proses berpindahnya air dari tumbuh-tumbuhan ke atmosfer dalam wujud uap.
- c. *Actual evapotranspiration (effective evapotranspiration)*, didefinisikan sebagai jumlah uap air yang menguapkan dari lahan dan tanaman dengan proses alami.
- d. *Potential evaporation (evaporativity)*, didefinisikan sebagai jumlah uap air yang dapat dihasilkan oleh suatu permukaan air murni, per satuan luas dan satuan waktu, pada kondisi atmosfer ditempat tersebut.
- e. *Potential evapotranspiration*, didefinisikan sebagai jumlah maksimum air yang dapat menguap dan berpengaruh terhadap iklim dari lahan tertutup tumbuh-tumbuhan yang luas dengan tingkat ketersediaan air yang cukup. Termasuk pula penguapan dari tanah dan permukaan tanaman dalam area dan interval waktu tertentu, dinyatakan sebagai ketinggian/*dept* (h) dari air yang menguap.

Berdasarkan jenis penguapan tersebut, maka metode pengukuran dan alat yang digunakan jelas akan berbeda antara satu dan yang lainnya. Pada penelitian ini, pengukuran dibatasi pada *actual evaporation* atau penguapan langsung dari air permukaan air yang terbuka atau dari permukaan tanah yang terbuka. Sehingga untuk selanjutnya pembahasan tentang penguapan pada penelitian ini adalah penguapan secara aktual (*actual evaporation*).

2.1.2. Faktor yang Mempengaruhi Evapotranspirasi di Alam

Penguapan yang terjadi di alam umumnya dapat berupa evaporasi (penguapan dari permukaan cairan) dan transpirasi (penguapan dari permukaan tanaman) atau gabungan dari keduanya (evapotranspirasi). Pengaruh dari parameter cuaca terhadap proses evapotranspirasi di alam dapat dilihat seperti pada gambar 2.2 dibawah ini.^[12]



Gambar 2.2. Faktor cuaca yang dapat mempengaruhi proses evapotranspirasi

Terdapat beberapa faktor di alam yang dapat mempengaruhi proses penguapan/evaporasi tersebut, diantaranya:

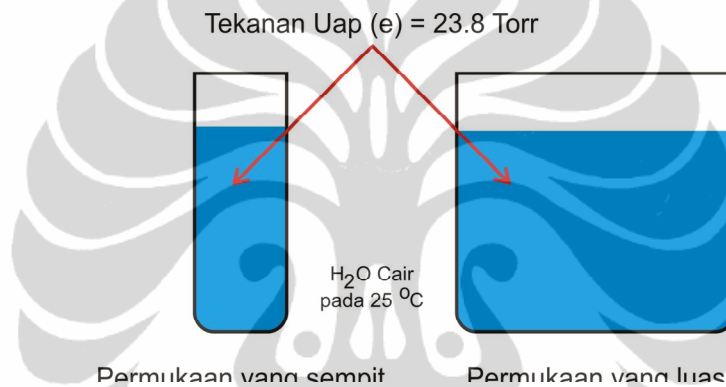
a. Suhu permukaan air.

Saat air berubah dari bentuk cair menjadi gas, terjadi penyerapan energi (panas) dari lingkungan disekitarnya. Pada suhu tinggi, banyak molekul yang memiliki cukup energi kinetik untuk melepaskan diri dari bentuk cair atau padat, begitu pula sebaliknya. Sehingga dapat dikatakan bahwa kenaikan suhu dipermukaan cairan akan mempercepat laju penguapan/evaporasi.^[16]

b. Luas permukaan

Laju penguapan/evaporasi akan meningkat seiring luasan daerah yang dipakai sebagai tempat dimana terjadinya proses penguapan. Semakin

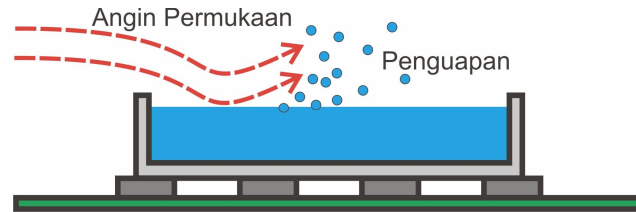
luas daerah yang digunakan maka akan semakin banyak permukaan molekul cairan/padat yang berpeluang untuk melepaskan diri menjadi gas ke udara. Namun luasan daerah yang bersentuhan langsung dengan udara, tidak berpengaruh terhadap tekanan uap (*vapor pressure*) dari bahan cairan/padat yang digunakan^[13] (lihat gambar 2.3). Sehingga pengaruh luas permukaan terhadap laju penguapan/evaporasi hanya dihitung berdasarkan perbandingan molekul yang berpeluang untuk melepaskan diri ke udara dan bukan karena perubahan tekanan uap (*vapor pressure*) dari bahan yang digunakan.



Gambar 2.3. Pengaruh luas permukaan cairan H₂O terhadap tekanan uap (*vapor pressure*).

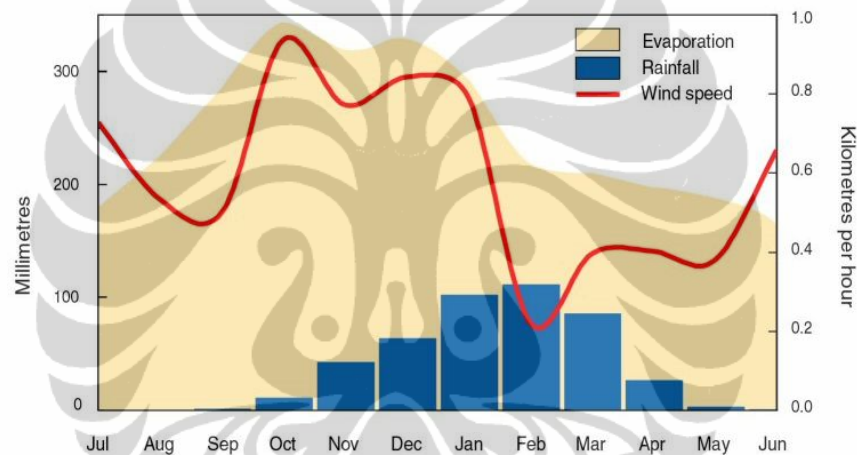
c. Kecepatan angin.

Laju penguapan/evaporasi akan meningkat seiring naiknya kecepatan angin (pergerakan udara) diatas permukaan benda cair/padat. Hal ini dikarenakan molekul yang terdapat dipermukaan benda cairan/padat yang bersentuhan langsung dengan udara akan lebih mudah untuk melepaskan diri dengan bantuan/dorongan dari angin/udara yang bergerak diatasnya (lihat gambar 2.4).



Gambar 2.4. Pengaruh angin terhadap laju penguapan/evaporasi.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan di Mahanene dan Ondangwa (lihat gambar 2.5) dapat diketahui bahwa terdapat hubungan yang erat antara kecepatan angin dan laju penguapan/evaporasi.^[14]



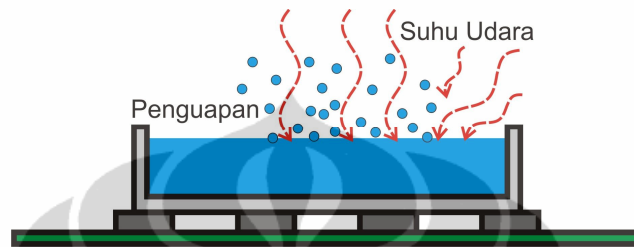
Gambar 2.5. Hubungan rata-rata laju penguapan/evaporasi di Mahanene terhadap kecepatan angin dan curah hujan di Ondangwa.

d. Curah hujan.

Hujan merupakan mata rantai dari proses kondensasi (perubahan bentuk air dari uap/gas menjadi cair) atau dapat dikatakan bahwa hujan merupakan kebalikan dari proses penguapan/evaporasi, sehingga kenaikan intensitas curah hujan akan menurunkan laju penguapan/evaporasi (lihat gambar 2.5). Berdasarkan hal ini, maka pengukuran penguapan/evaporasi yang terjadi selama 24 jam harus selalu dikoreksi (dikurangkan) dengan jumlah curah hujan yang terjadi pada waktu yang sama.

e. Suhu Udara.

Penguapan/evaporasi dapat terjadi pada banyak suhu, dimana kenaikan suhu udara akan menaikkan suhu di permukaan benda cair/padat yang bersentuhan langsung dengan udara, sehingga akan menaikkan laju penguapan/evaporasi (lihat gambar 2.6).



Gambar 2.6. Pengaruh suhu udara terhadap laju penguapan/evaporasi.

Udara yang semakin panas berpengaruh terhadap kecepatan proses penguapan, walaupun suhu dari air/cairan dalam kondisi dingin. Hal ini dapat terjadi karena suhu yang panas diatas cairan dapat memberikan energi pada molekul air/cairan untuk lepas ke udara.

f. Kelembaban udara.

Laju penguapan/evaporasi akan menurun seiring kenaikan kelembaban udara/humidity. Pengaruh kelembaban udara terhadap laju penguapan/evaporasi dapat dilihat seperti persamaan dibawah ini.^[15]

$$g = \Theta A (x_s - x) \quad (2.1)$$

dimana:

g = Jumlah air yang menguap (kg/h)

Θ = $(25 + 19 v)$ = Koefisien penguapan (kg/m²h)

v = Kecepatan angin diatas permukaan air (m/s)

A = Luas permukaan air (m²)

x_s = Rasio kelembaban di udara jenuh pada suhu yang sama dengan permukaan air (kg/kg)

x = Rasio kelembaban di udara (kg/kg)

g. Tekanan udara.

Kenaikkan tekanan udara akan menurunkan laju penguapan/evaporasi, hal ini karena molekul di permukaan air/cairan akan sulit untuk lepas ke udara karena mendapat tekanan dari udara di atasnya.

Berdasarkan hal-hal tersebut di atas, maka pengukuran terhadap laju penguapan/evaporasi tidak cukup hanya dengan mengukur jumlah air yang menguap ke udara/atmosfer, tapi perlu pula dilakukan pengukuran terhadap faktor-faktor yang dapat mempengaruhi proses penguapan/evaporasi tersebut agar laju penguapan/evaporasi di atmosfer dapat diketahui dengan baik.

2.1.3. Alat Ukur Evaporasi

Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) telah melakukan pengukuran penguapan secara konvensional menggunakan *open pan evaporimeter* sejak puluhan tahun yang lalu. Bentuk dan kelengkapan dari *open pan evaporimeter* dapat dilihat pada gambar 2.7, dibawah ini.



Gambar 2.7. Alat ukur penguapan tipe *open pan evaporimeter*.

Pada gambar 2.7, dapat dilihat bentuk fisik dari *open pan evaporimeter* yang memiliki kelengkapan sebagai berikut^[1]:

- a. Panci penguapan, yaitu wadah untuk menempatkan air yang nantinya akan diukur jumlah pengurangannya sebagai indikasi jumlah penguapan yang terjadi dalam satu hari.
- b. Stillwell, yaitu pipa silinder yang digunakan untuk menghilangkan riak-riak kecil pada permukaan air yang akan diukur.
- c. Hook gauge, yaitu mistar ukur yang digunakan untuk menghitung ketinggian air secara manual.
- d. Termometer apung, yaitu termometer yang digunakan untuk mengukur suhu maksimum-minimum di permukaan air dalam panci penguapan.
- e. Cup Counter anemometer, yaitu alat untuk menghitung kecepatan angin permukaan secara kumulatif dan untuk mendapatkan rata-rata kecepatan angin per jam (Km/jam atau m/s) dilakukan dengan membagi jumlah kecepatan angin dengan nilai 24 dalam sehari.
- f. Rain gauge, yaitu alat penakar hujan yang digunakan untuk mengukur intensitas hujan, sebagai koreksi dalam perhitungan penguapan bila terjadi penambahan air di dalam panci akibat terjadinya hujan.

Perhitungan untuk mendapatkan jumlah penguapan harian menggunakan alat *open pan evaporimeter* didapat dengan persamaan dibawah ini^[2].

$$E_o = (P_o - P_1) + CH \quad (2.2)$$

Dimana :

E_o = Jumlah air yang dievaporasikan (mm).

P_o = Pembacaan awal, tinggi permukaan air 24 jam sebelumnya (mm).

P_1 = Pembacaan akhir, tinggi permukaan air setelah terjadi evaporasi (mm).

CH = Curah Hujan (mm).

Berdasarkan jumlah penguapan tersebut dapat digunakan untuk mengukur perubahan tinggi dari air permukaan seperti danau, waduk atau sungai dengan persamaan sebagai berikut^[3],

$$\Delta S = P + I - O - E \quad (2.3)$$

Dimana:

ΔS = Perubahan volume air dari air permukaan (danau, waduk atau sungai).

P = Jumlah curah hujan yang terjadi.

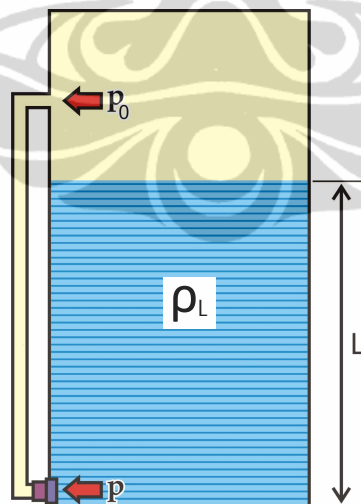
I = Air yang mengalir pada air permukaan.

O = Air yang menyerap pada air permukaan.

E = Jumlah penguapan yang terjadi.

Penggunaan *open pan evaporimeter* sebenarnya memiliki beberapa persyaratan, diantaranya mempertahankan tinggi permukaan air agar tetap 5 cm dari bibir panci untuk setiap kali pengamatan. Hal tersebut terlihat cukup sederhana namun cukup menyulitkan untuk diterapkan dilapangan, karena harus dilakukan setiap hari secara terus-menerus. Sehingga persyaratan tersebut sering diabaikan, walau sebenarnya cukup berpengaruh terhadap data penguapan yang dihasilkan.

Perancangan *Automatic Evaporation Station* (AES) menggunakan sensor tekanan udara untuk mengukur tinggi penguapan yang terjadi di *open pan evaporimeter*. Prinsip tekanan dapat digunakan untuk mengukur ketinggian air dengan beberapa metode^[4] seperti pada gambar 2.8 dibawah ini.



Gambar 2.8. Pengukuran level dengan pengukuran *hydrostatic pressure*.

Berdasarkan gambar 2.8 diatas, pada gambar (a) tekanan atmosfer p_0 dapat digunakan untuk pengukuran *differential*. Bagian bawah sensor

dihubungkan dengan pipa kecil ke atas tanki. Ketinggian air selanjutnya dapat diketahui dengan menggunakan persamaan dibawah ini.

$$\rho_L = \frac{P_2 - P_1}{gl} \quad (2.4)$$

Dimana:

p_0 = Tekanan atmosfer.

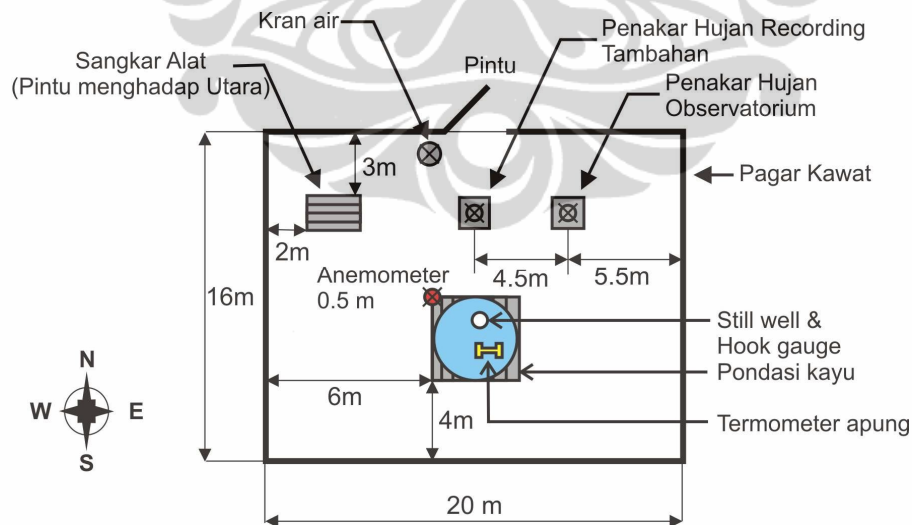
p = Tekanan di sensor.

ρ_L = Kerapatan cairan.

L = Tinggi cairan.

2.1.3. Persyaratan umum *Automatic Evaporation Station* (AES)

Automatic Evaporation Station (AES) merupakan sistem pengamatan klimatologi yang belum pernah ada, sehingga persyaratan secara khusus belum ditetapkan. Namun secara garis besar, persyaratan tentang stasiun penguapan yang telah ditetapkan oleh WMO^[3] tentang penempatan alat di stasiun penguapan seperti terlihat pada gambar 2.9.



Gambar 2.9. Penempatan alat pada stasiun penguapan

Pada gambar 2.9, telah ditentukan penempatan peralatan dalam taman alat di stasiun penguapan konvensional. Penempatan peralatan pada *Automatic Evaporation Station* (AES) tentunya akan jauh lebih sederhana dan tidak memerlukan lahan yang terlalu luas, namun hal ini belum ditetapkan dalam aturan yang baku oleh WMO atau BMKG.

Persyaratan lain yang harus dipenuhi dalam pengamatan penguapan adalah tingkat keakuratan dari alat ukur yang digunakan. Pada table 2.1 dijabarkan tentang batas toleransi yang masih diperkenankan oleh WMO terhadap pengamatan unsur-unsur klimatologi dan hidrologi ^[3].

Tabel 2.1. Rekomendasi tingkat akurasi peralatan klimatologi/hidrologi.

Measurements	Accuracy
Precipitation (amount and form)	3-7%
Rainfall intensity	1 mm/h
Snow depth (point)	1 cm below 20 cm or 10% above 20 cm
Water content of snow	2.5-10%
Evaporation (point)	2-5%, 0.5 mm
Wind speed	0.5 m/s
Water level	10-20 mm
Wave height	10%
Water depth	0.1 m, 2%
Width of water surface	0.5%
Velocity of flow	2-5%
Discharge	5%
Suspended sediment concentration	10%
Suspended sediment transport	10%
Bed-load transport	25%
Water temperature	0.1-0.5°C
Dissolved oxygen (water temperature is more than 10°C)	3%
Turbidity	5-10%
Colour	5%
pH	0.05-0.1 pH unit
Electrical conductivity	5%
Ice thickness	1-2 cm, 5%
Ice coverage	5% for $\geq 20 \text{ kg/m}^3$
Soil moisture	$1 \text{ kg/m}^3 \geq 20 \text{ kg/m}^3$

Pada table 2.1, dapat diketahui bahwa spesifikasi dari sensor yang digunakan harus memenuhi persyaratan yang telah ditetapkan oleh WMO, dimana untuk sensor curah hujan memiliki akurasi 3-7% dan intensitas hujan 1 mm/jam, sensor penguapan memiliki akurasi 2-5% atau 5 mm, sensor kecepatan angin memiliki akurasi 0.5 m/s dan sensor suhu air memiliki akurasi 0.1 – 0.5 °C.

sedangkan akurasi untuk sensor suhu udara dan kelembaban udara ditentukan dalam referensi WMO No.8 ^[1] sebesar 0.2 °C (sensor suhu udara) dan 5% (sensor kelembaban udara). Berdasarkan tersebut, maka rancangan untuk *Automatic Evaporation Station* (AES) harus dapat memenuhi persyaratan yang telah ditetapkan oleh WMO dan BMKG.

2.2. Sensor dan Transducer

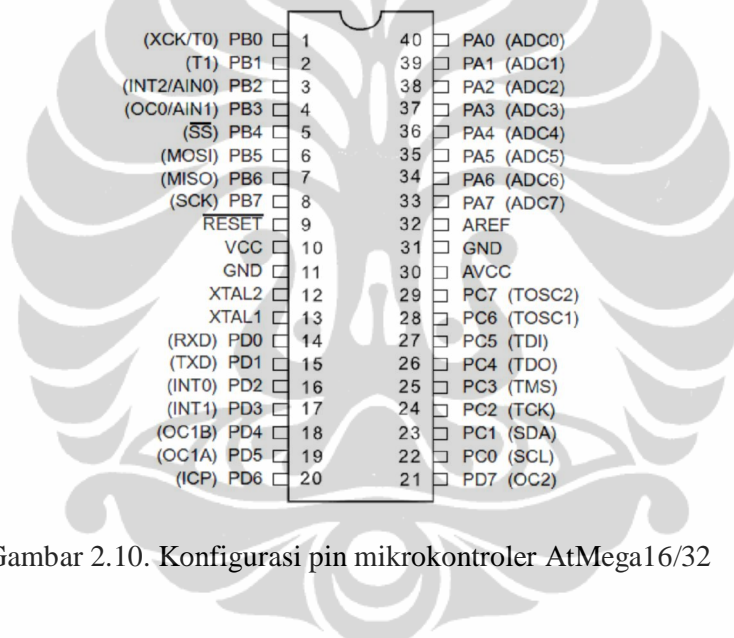
Automatic Evaporation Station (AES) yang dibuat pada penelitian ini menggunakan sensor atau modul sensor untuk mengukur parameter klimatologi dengan spesifikasi sebagai berikut:

- a. Parameter penguapan diukur menggunakan *pressure sensor BP11* produksi dari *Envirodata-Australia* dengan spesifikasi sebagai berikut:
 - Elemen Sensor : *Solid state silicon strain gauge*
 - Jangkauan ukur : 750 – 1050 hPa
 - Resolusi : 1 hPa
 - Akurasi : ± 3 hPa
 - Kompensasi kesalahan maksimum : ± 6 hPa.
 - Output sensor: 5VPulsa (pada 750hPa=15.25Hz & 1050 hPa=19.75Hz)
- b. Parameter curah hujan diukur menggunakan *raingauge sensor* produksi *Envirodata-Australia*, dengan spesifikasi sebagai berikut:
 - Tipe: *Tipping bucket* dengan Transducer: *Reed switch*.
 - Diameter penampang : 200 mm dengan toleransi ± 0.3 mm.
 - Resolusi : 0.2 mm per pulsa (*tipping*).
 - Akurasi : $< 2\%$ @ 100 mm/jam (maksimum intensitas 500 mm/jam).
- c. Parameter suhu permukaan air diukur menggunakan *1wire sensor DS18B20* dari *Dallas semi conductor*, dengan spesifikasi sebagai berikut:
 - Antarmuka hanya menggunakan 1 kawat (*1-Wire*).
 - Masing-masing device memiliki 64-Bit *Serial Code Stored* dalam *On-Board ROM*.
 - Dapat beroperasi tanpa bantuan komponen tambahan.

- Dapat menggunakan *power* dari jalur data atau eksternal *Power Supply* dengan range 3.0 - 5.5 Vdc
 - Range ukur antara -55°C sampai +125°C (-67°F sampai +257°F)
 - Nilai akurasi $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ pada suhu antara -10°C sampai +85°C
 - Resolusi suhu dapat diatur antara 9 sampai 12 Bits
 - Konversi suhu untuk 12-*Bit Digital Word* adalah 750ms (Maksimum)
- d. Parameter suhu dan kelembaban udara, diukur menggunakan Sensirion SHT11 Modul Sensor, dengan spesifikasi sebagai berikut:
- *Output* sinyal: *digital* (telah terkalibrasi)
 - Memiliki antarmuka 2-*wire* (SDA dan SCK)
 - Resolusi: RH= 0.05%, Temperatur= 0.01 °C
 - Akurasi: RH= $\pm 3.0\%$, Temperatur= $\pm 0.4^{\circ}\text{C}$
 - Waktu Respon: RH= 8 detik, Temperatur= 5 s/d 30 detik
 - Jangkauan operasi: RH= 0 s/d 100%, Temperatur= -40 s/d 123.8 °C
 - Drift: RH= <0.5% per tahun, Temperatur= <0.04 °C per tahun
- e. Parameter kecepatan angin diukur menggunakan *windspeed* sensor produksi *envirodata*, dengan spesifikasi sebagai berikut:
- Type: 3-*cup* anemometer
 - Satuan pengukuran: meter per detik (m/s)
 - *Range* operasi: 0 – 60 m/s
 - Akurasi : ± 0.2 m/s atau $\pm 1\%$ setiap pembacaan
 - *Power supply*: 5.5 – 7 Vdc
 - Sensor tanpa kontak fisik dengan *Optical detector*
 - *Bearings* dengan hambatan gesek yang sangat kecil
 - Resolusi (*pulse*): 0.2 m/s
 - *Output Voltage*: 5 Vdc *Pulse*
 - *Output (pulse/km)*: 5000 *pulse/km*

2.3. Pemrograman di Mikrokontroler

Mikrokontroler merupakan inti dari sistem *Automatic Evaporation Station* (AES) yang dibangun ini, sehingga pemrograman di mikrokontroler menjadi faktor yang sangat vital. Pemrograman di mikrokontroler dibuat menggunakan bahasa *basic* dengan *BASCOM-AVR Compiler Version 1.11.7.4* dari *MCS Electronics*, sedangkan untuk program ISP digunakan *AVRProg application* dari *atmel corporation version 1.40*. Program simulasi dari rancangan program yang telah dibuat digunakan program *Proteus Version 7.4 SP3* dari *Labcentre Electronics*. Arsitektur dari mikrokontroler AtMega16/32 dapat dilihat seperti pada gambar 2.10 dibawah ini.



Gambar 2.10. Konfigurasi pin mikrokontroler AtMega16/32

Berdasarkan gambar 2.10 diatas, dapat diketahui bahwa fitur yang dimiliki oleh mikrokontroler AtMega16/32 diantaranya adalah:

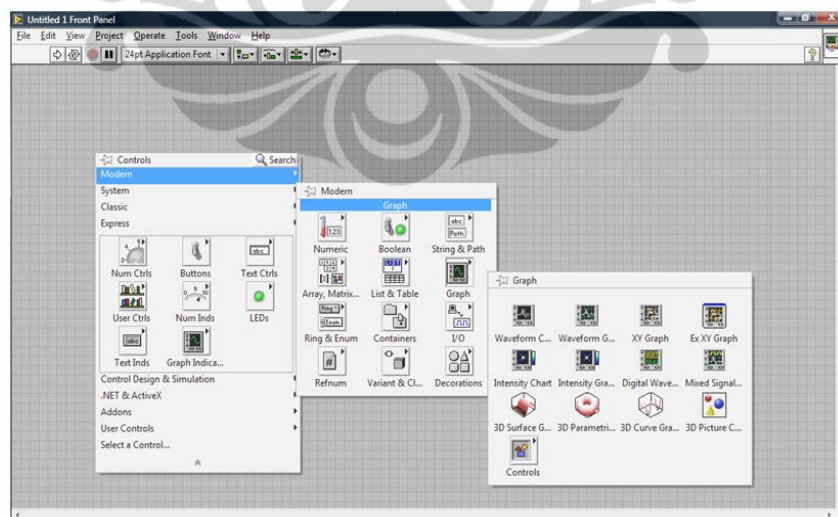
- Memiliki ukuran *flash* sebesar 16/32KB
- Memiliki SRAM sebesar 2KB
- Memiliki 1024 *byte* EEPROM
- Memiliki jumlah pin I/O sebanyak 32
- Memiliki ADC 10 bit sebanyak 8 *channel*
- Memiliki 2 buah *Timer* 8 bit dan 1 buah *Timer* 16 bit
- Dilengkapi jalur komunikasi yaitu UART, SPI dan TWI.

Komponen pendukung untuk menentukan waktu di mikrokontroler digunakan sebuah RTC (*Real Time Counter*) DS1307 yang merupakan bagian dari sistem yang dapat menghitung dan mengatur waktu baik dalam detik, menit, jam, hari, tanggal, bulan, maupun tahun hingga tahun 2100. Berbeda dengan pencatat waktu manual, pada RTC digunakan sinyal yang diolah secara *digital*, sehingga memperkecil tingkat kesalahan (*human error*). Alamat dan data RTC DS1307 ditransmisikan secara serial melalui jalur I²C yang hanya memerlukan dua buah pin komunikasi, yaitu pin untuk data (SDA) dan pin untuk *clock* (SCK).

2.4. Pemrograman di Komputer

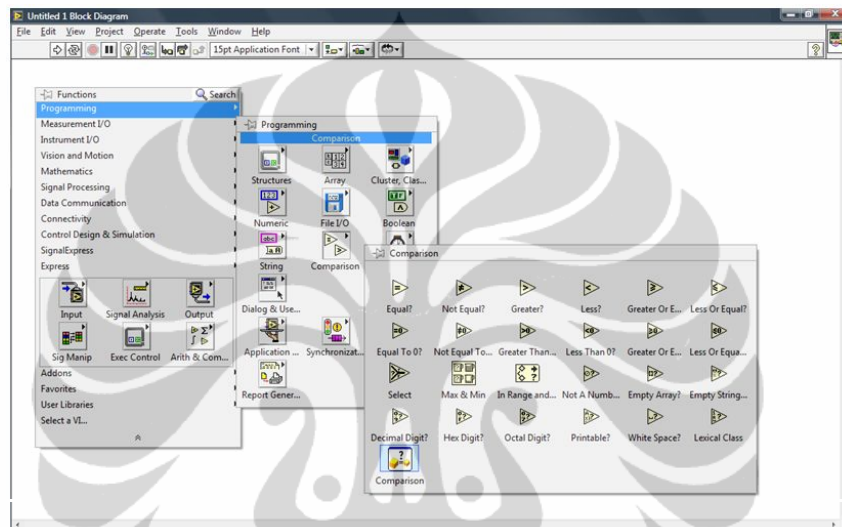
Program aplikasi *Automatic Evaporation Station* (AES) dibuat dengan menggunakan *software LabView Professional Development system version 8.5* dari *National Instruments*. Pada *software LabView* terdapat dua bagian yang harus dikerjakan, yaitu:

- **Bagian *Front Panel***, digunakan untuk mendesain tampilan di layar komputer agar sesuai dengan tampilan yang diinginkan. Pada bagian ini tampilan dari data pengukuran dapat dipilih, baik berupa tampilan angka, animasi atau grafik. Bentuk tampilan *front panel* dapat dilihat seperti gambar 2.11 dibawah ini.



Gambar 2.11. Contoh Tampilan di *front panel labview* versi 8.5

- **Bagian *Block Diagram***, digunakan untuk menuliskan program aplikasi yang telah dirancang. Program aplikasi pada *software LabView* berbeda dengan *software* pemrograman lainnya yang dibuat dengan penulisan program yang berbentuk *script*. Pemrograman di *software LabView* dilakukan dengan menghubungkan ‘*icon-icon program*’ yang telah tersedia di *software LabView*. Bentuk tampilan *block diagram* dapat dilihat seperti gambar 2.12 dibawah ini.

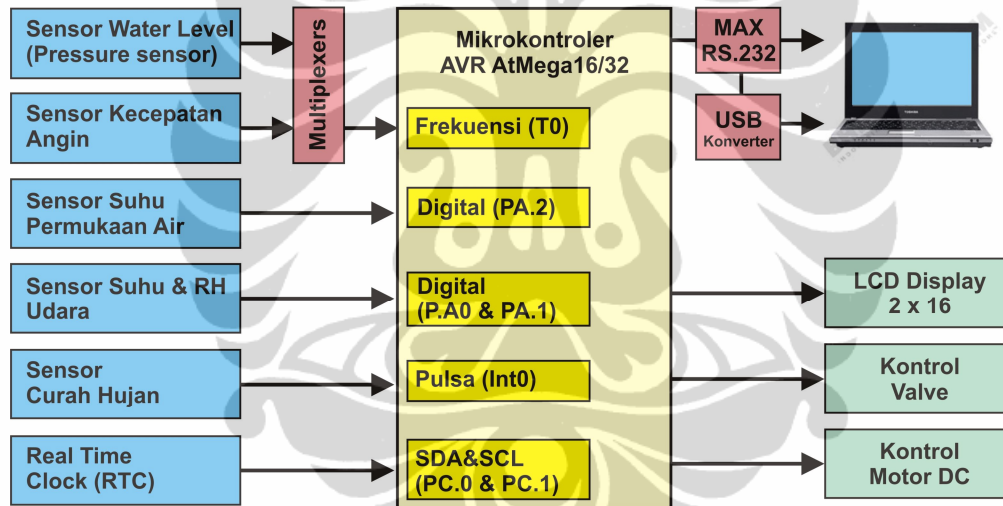


Gambar 2.12. Contoh Tampilan di *block diagram labview* versi 8.5

BAB III METODE PENELITIAN

Penelitian *Automatic Evaporation Station (AES)* menggunakan metode penelitian yang sederhana, yaitu: analisa karakteristik sensor, pembuatan program pembacaan di mikrokontroler, akuisisi/konversi satuan, menampilkan di LCD dan penyimpanan data di komputer. Perancangan program akuisisi untuk masing-masing parameter/sensor dilakukan dengan mempertimbangkan ketentuan-ketentuan pengamatan klimatologi yang telah ditetapkan oleh WMO dan BMKG.

Sistematika dari rancangan *Automatic Evaporation Station (AES)* dan bagan pengukurannya dapat dilihat pada gambar 3.1.



Gambar 3.1. Bagan dan sistematika *Automatic Evaporation Station (AES)*

Pada gambar 3.1, dapat dilihat bahwa semua pengukuran dan kontrol dilakukan oleh mikrokontroler AVR AtMega16/32. Sensor *water level* dan *windspeed* sama-sama memiliki *output* sensor frekuensi sehingga harus menggunakan *multiplexers* untuk mengatur pembacaan oleh mikrokontroler secara bergantian. *Output* sensor suhu permukaan air adalah *digital*, sehingga dapat langsung dicuplik oleh mikrokontroler. Sensor curah hujan memiliki *output* berupa pulsa, sehingga mikrokontroler hanya menghitung jumlah pulsa kemudian

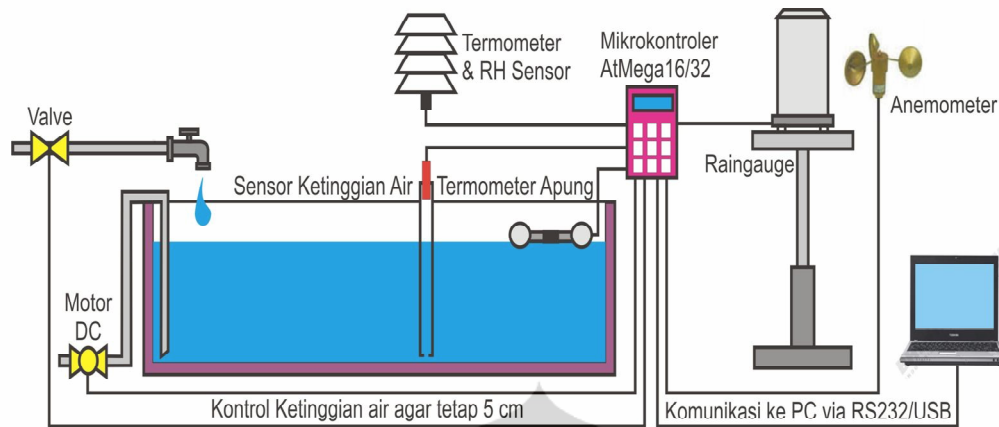
mengkonversinya ke dalam satuan ukur. Khusus untuk curah hujan, digunakan *channel interruptions* agar saat terjadi hujan langsung dihitung dan mengabaikan semua proses yang sedang berjalan. Penentuan waktu yang digunakan pada rancangan ini diambil dari *realtime clock* (RTC), yang dihubungkan pada PortC.0 (SCL) dan PortC.1 (SDA). Dengan menggunakan RTC maka penentuan waktu dalam pengolahan di mikrokontroler memiliki penyimpangan yang sangat kecil.

Akhir dari sistem akuisisi adalah menampilkan data pengukuran pada sebuah indikator atau *display*. Pada penelitian ini, *display* yang digunakan adalah *liquid crystal display* (LCD 16x2) dan dapat pula ditampilkan di layar komputer dengan memanfaatkan komunikasi serial RS232 dan USB.

3.1. Konsep Dasar *Automatic Evaporation Station* (AES)

Pengukuran penguapan secara konvensional ternyata cukup menyulitkan bila harus mengikuti seluruh persyaratan yang berlaku. Namun untuk mengganti system pengukuran ini ternyata juga sangat memberatkan, karena harus mengganti seluruh pengamatan yang telah beroperasi oleh BMKG diseluruh Indonesia. Berdasarkan hal tersebut, maka penelitian ini mencoba untuk mendesain suatu alat ukur penguapan yang dapat mengoptimalkan alat pengamatan yang telah ada tapi dengan sistem pengukuran yang telah otomatis. Alat *Automatic Evaporation Station* (AES) ini bukan hanya dapat mengukur penguapan, namun dapat bersinergi dengan pengukuran parameter meteorologi lainnya yang berhubungan dengan penguapan. Perancangan alat juga dilengkapi dengan sistem kontrol untuk mempertahankan tinggi air agar tetap 5 cm dari bibir panci penguapan.

Automatic Evaporation Station (AES) yang dirancang ini telah memperhitungkan seluruh aspek meteorologi/klimatologi, sehingga diharapkan dapat memperkuat pengamatan cuaca/iklim di BMKG. Rancangan dari *Automatic Evaporation Station* (AES) padat dilihat seperti pada gambar 3.2, berikut ini.



Gambar 3.2. Rancangan *Automatic Evaporation Station (AES)*

Pada gambar 3.2, dirancang sistem pengukuran yang telah terintegrasi antara pengukuran penguapan, pengontrol ketinggian air, suhu permukaan air, curah hujan, kecepatan angin, suhu udara dan kelembaban udara. Pengukuran jumlah penguapan digunakan sebuah *pressure sensor* (untuk *water level*) berdasarkan pengukuran ketinggian air yang dikonversi menjadi jumlah penguapan. Pengukuran suhu permukaan air digunakan sensor suhu dari *Dallas semi conductor* - DS18B20, sedangkan untuk penakar hujan digunakan *rain gauge* tipe *tipping bucket* beresolusi 0.2 mm dan kecepatan angin digunakan *cup counter anemometer* dari *envirodata*. Pengontrol ketinggian air digunakan motor DC dan *valve*, dimana *Valve* harus terhubung dengan tempat penampungan air atau jalur PDAM.

Automatic Evaporation Station (AES) yang dibuat pada penelitian ini memiliki kemampuan untuk mengukur parameter klimatologi sebagai berikut:

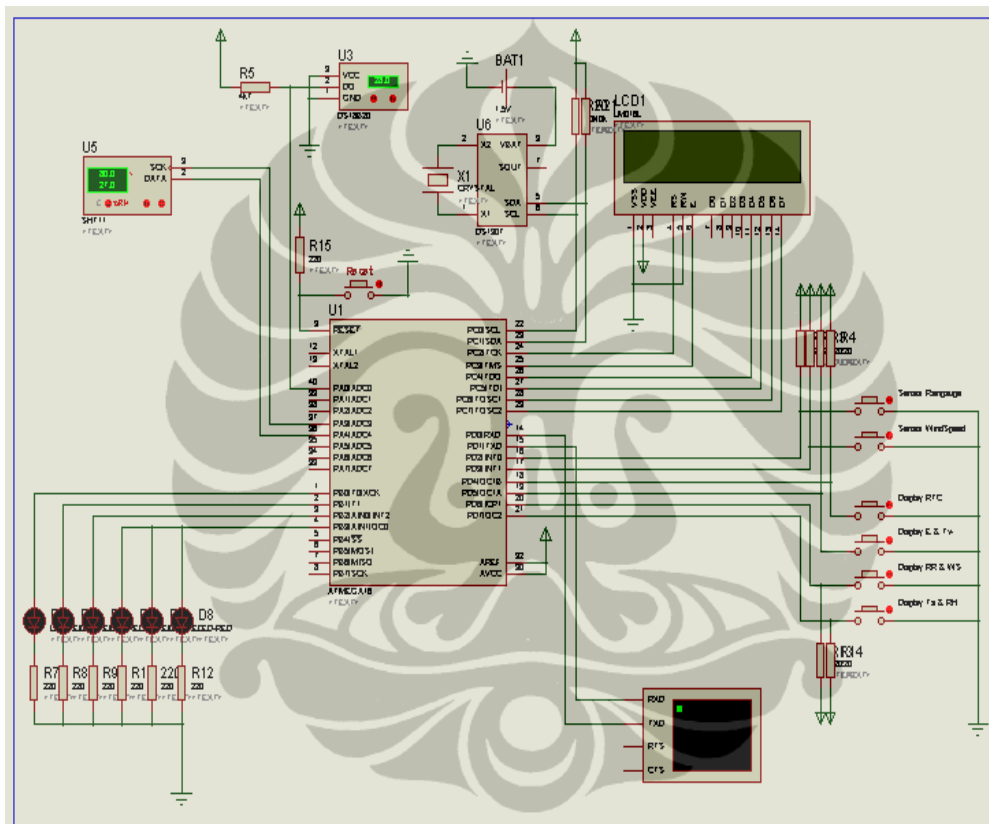
- Parameter penguapan dengan resolusi 7 mm
- Parameter curah hujan dengan resolusi 0.2 mm
- Parameter suhu permukaan air dengan resolusi 0.5 °C
- Parameter suhu udara dengan resolusi 0.01 °C
- Parameter kelembabab udara dengan resolusi 0.05%,
- Parameter kecepatan angin dengan resolusi 0.2 m/s

Enam parameter di atas merupakan parameter-parameter klimatologi utama untuk stasiun penguapan sesuai ketentuan WMO. Sebagai resolusi sensor-sensor

didasar masih diluar dari ketentuan WMO, mengingat sensor yang digunakan bukanlah sensor yang standard.

3.1.1. Sistem Akusisi Data

Bagian utama dari rancangan *Automatic Evaporation Station (AES)* adalah *data processing* yang biasa disebut dengan *data logger*. Rancangan *data logger* ini dapat dilihat dari *circuit diagram* pada gambar 3.3, dibawah ini.



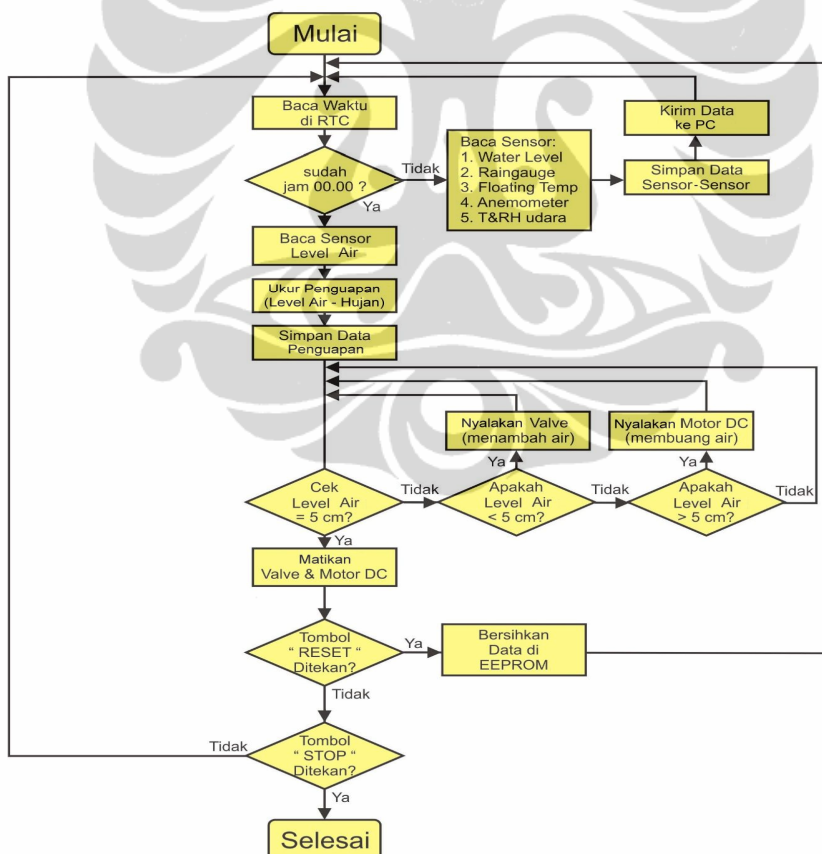
Gambar 3.3. Circuit diagram dari logger *Automatic Evaporation Station (AES)*

Pada gambar 3.3, merupakan rancangan *Automatic Evaporation Station* yang dibuat dengan mempertimbangkan optimalisasi port di mikrokontroler. Port.C digunakan untuk LCD 16x2 dengan RTC pada PortC.0 dan PortC.1, sehingga *enable* LCD digunakan pada PortC.3. Sensor curah hujan menggunakan INT.0 pada PortD.2 dan *reset* menggunakan INT.1 pada PortD.3. *Input/sensor* yang tidak memerlukan kondisi khusus ditempatkan pada PortA yang juga dapat

berlaku sebagai ADC 10 bit. Sedangkan *input* dari sensor-sensor yang memerlukan konsisi khusus seperti sensor kecepatan angin dan sensor tekanan untuk *water level*, ditempatkan pada Timer0 di PortB.0. Kontrol untuk display di LCD atau PC, ditempatkan pada PortD.4 sampai PortD.7. Untuk mengidentifikasi alur program di mikrokontroler, maka dibuat indicator berupa LED yang ditempatkan pada PortB.2 sampai PortB.7.

3.1.2. Alur Program akuisisi

Alur program merupakan hal yang sangat penting dalam pembuatan sebuah program, sehingga pembuatan alur program merupakan hal pertama yang harus dilakukan dalam pemrograman. Alur program akuisisi untuk *Automatic Evaporation Station (AES)* secara keseluruhannya dapat dilihat seperti diagram alir pada gambar 3.4.



Gambar 3.4. Diagram alir dari program akuisisi di mikrokontroler.

Pada gambar 3.4, terlihat bahwa program akuisis dimulai dari pembacaan waktu di RTC. Hal ini diperlukan karena pengukuran penguapan di BMKG dilakukan pada pukul: 00.00 UTC. Bila waktu telah sesuai, maka proses selanjutnya adalah membaca data dari setiap sensor dan disimpan pada memori di EEPROM, setelah itu dilanjutkan dengan mengecek tinggi permukaan air agar tetap 5 cm dari permukaan panci. Bila air kurang dari 5 cm, maka *valve* yang terhubung dengan saluran air dari PDAM/penampungan akan terbuka dan mengisi panci penguapan. Bila ternyata air di dalam panci lebih dari 5 cm, maka motor DC akan hidup untuk membuang air dari panci, kemudian bila air dalam panci telah 5 cm dari permukaan panci, maka mikrokontroler akan mematikan motor DC dan menutup *valve*. Proses selanjutnya, mikrokontroler akan mengaktifkan seluruh sensor untuk memulai kembali pengukuran hingga RTC menunjukkan pukul 00.00 UTC, atau bila tombol “*reset*” dan atau “*stop*” ditekan.

3.2. Pengukuran Parameter Klimatologi di Mikrokontroler

Parameter klimatologi yang dapat diukur pada rancangan *Automatic Evaporation Station* (AES) adalah enam parameter, yaitu: evaporasi, suhu air, suhu udara, kelembaban udara, curah hujan dan kecepatan angin. Parameter-parameter klimatologi tersebut diukur dengan menggunakan sensor-sensor yang memiliki karakteristik berbeda, sehingga diperlukan program akuisisi yang berbeda pula untuk masing-masing sensor. Penulisan program akuisisi untuk masing-masing sensor agar dapat dibaca oleh mikrokontroler akan dijelaskan lebih lanjut pada sub bab ini.

3.2.1. Pengukuran *Water Level* Sebagai Indikator Penguapan

Penguapan/evaporasi diukur dalam satuan milimeter berdasarkan perubahan tinggi air yang berkurang di panci penguapan (*open pan evaporimeter*) selama 24 jam. Pengukuran dilakukan dengan cara mengurangi pengukuran tinggi air pada 24 jam sebelumnya dengan tinggi air pada saat jam pengukuran,

selisih dari kedua pengukuran tersebut mengindikasikan jumlah penguapan yang terjadi pada area 1 m².

Berdasarkan prinsip pengukuran evaporasi tersebut, maka dirancang sistem pengukuran yang dapat dilakukan secara otomatis menggunakan bantuan sebuah sensor tekanan udara dari Envirodata tipe BP11. Sensor ini bekerja dengan menghitung perubahan tekanan yang terjadi didalam pipa akibat perubahan ketinggian air. *Output* dari sensor berupa frekuensi yang kemudian dihubungkan pada PortA.0 di mikrokontroler. Pembacaan data pengukuran dari sensor dilakukan dengan membuat sebuah program akuisisi di mikrokontroler, dengan *list* program sebagai berikut.

```

Do
  On Timer1 Realtimeloop
    Readeeprom Diswl , Dwl
    Cls
    Locate 1 , 1
    Lcd "Freq= " ; Diswl ; " Hz"
    Readeeprom Diswl 2, Dwl2
    Locate 2 , 1
    Lcd "EE = " ; Diswl2 ; " mm"
    Goto Realtimeloop
Loop

Realtimeloop:
  Start Timer0
  Level = Counter0
  Counter0 = 0
  Shift Level , Right , Gainconst
  Level = Level + Calibconst
  Wl = Level / 10
  Diswl = Fusing(wl , "###.##")
  Writeeprom Diswl , Dwl
  Wl2 = Wl * 1
  Diswl2 = Fusing(wl2 , "###.##")
  Writeeprom Diswl2 , Dwl2
  Stop Timer0
Return

```

Berdasarkan *list* program akuisisi diatas, dapat dilihat bahwa *output* dari sensor diambil melalui perintah “level=counter0” yang berarti bahwa nilai *level* diukur dengan menghitung pulsa dari sensor (pada PortA.0) kemudian diambil dan disimpan di mikrokontroler dengan nama “Diswl”. Data dari output tersebut masih dalam satuan frekuensi (Hz), sehingga untuk mengubah menjadi ‘mm’ harus dikonversi dengan mengalikannya terhadap nilai koreksi (untuk sementara

di gunakan nilai “1”). Tampilan data penguapan di LCD digunakan perintah: Lcd "EE = " ; Diswl2 ; " mm".

3.2.2. Pengukuran Curah Hujan

Pengukuran curah hujan dilakukan menggunakan *rain gauge type tipping bucket* dengan resolusi 0.2 mm untuk setiap *tipping*-nya. Prinsip pengukuran hanya menjumlahkan setiap *tipping* yang terjadi selama 24 jam, kemudian dikalikan dengan 0.2 mm untuk mendapatkan akumulasi jumlah curah hujan yang terjadi di hari itu. Tetapi karena hujan tidak terjadi secara terus-menerus, maka program akuisisi harus dibuat aktif bila terjadi hujan saja. Berdasarkan hal ini, maka *output* dari sensor *rain gauge* dihubungkan dengan pin INT.0 yang berada pada PortD.2 di mikrokontroler. Sedangkan *list* program akuisisinya dapat dilihat seperti *script* dibawah ini.

```
Dim R As Word : Dim D As Byte : Dim S As Word : Dim T As Byte
Enable Interrupts
Enable Int0
On Int0 Hujan           'bila terjadi Int0 maka proses hujan
Set Int0.0              'set awal Int0 adalah 0
Do
  Portd.2 = R           'PortD.2 (Int0) adalah "R"
Loop
Hujan:
  R = R * 0.2           'setiap tipping = 0,2mm (resolusi sensor)
  Writeeprom R , Dr
Return
```

Berdasarkan *script* diatas, dapat dilihat bahwa pengukuran curah hujan berada dibawah perintah instruksi sehingga program akan bekerja bila sensor *rain gauge* (pada PortB.2) mengeluarkan sinyal/pulsa. Setiap sinyal/pulsa yang terjadi akan menambahkan nilai “R” sebanyak 0.2 kali setiap penambahan sinyal/pulsa. Hal ini disesuaikan dengan resolusi sensor yang digunakan pada penelitian ini, bila resolusi sensor berubah maka perhitungannya akan berubah pula.

3.2.3. Pengukuran Suhu Permukaan Air

Parameter klimatologi yang turut diukur pada pengamatan evaporasi adalah suhu permukaan air dalam panci penguapan (*open pan evaporimeter*). Sensor yang digunakan untuk mengukur suhu permukaan air adalah *temperature sensor* DS18B20 yang hanya menggunakan satu kabel saja untuk antarmukannya. *Output* dari sensor ini telah berupa suhu dalam satuan *celcius* atau *Fahrenheit*. *Script* program untuk membaca data suhu dari sensor adalah sebagai berikut.

```

Dim Rom(8) As Byte : Dim Temp As Single :Dim Tempdif As Single
Dim Id1(8) As Byte : Dim Id2(8) As Byte : Dim I As Integer
Config 1wire = Pina.0
Id1(1) = 1wsearchfirst()
I = 1wirecount()
Do
    I = I + 1
    'menghitung jumlah sensor yg dipasang

    1wreset
    'reset bus
    1wwrite &HCC
    'untuk penggunaan hanya 1sensor
    1wwrite &H44
    'convert suhu

    Ddrb.1 = 1
    Waitms 800
    'Proses Convert Butuh 750 ms

    Ddrb.1 = 0
    1wreset
    1wwrite &H55

    For I = 1 To 8
    1wwrite Id1(i)
    Next I

    1wwrite &HBE
    Rom(1) = 1wread(1)
    Temp = Rom(1) / 2
    Tempdif = 16 - Rom(7)
    Tempdif = Tempdif / 16
    Tempdif = 2.5 * Tempdif
    Temp = Temp + Tempdif
    Waitms 100
Loop

```

Pembacaan *output* dari sensor, harus dimulai dengan mendeklarasikan dahulu nama-nama yang akan digunakan dalam program. Setelah itu harus ditentukan pengalamatan sensor pada pin mikrokontroler (PortA.0) dan dilanjutkan dengan proses pembacaan (Ddrb.1=1). Pada pembacaan ini sensor membutuhkan waktu sekitar 750 ms untuk merespon perubahan suhu yang terjadi, sehingga program harus dibuat menunggu proses tersebut lebih dari 750 ms (pada

list program diatas digunakan waktu tunggu selama 800 ms). Data pembacaan dari sensor DS18B20 disimpan dalam ROM(1) di dalam *chip* sensor, sehingga harus diambil dengan menuliskan *script* “1wread(1)”. Setelah data didapat maka dilakukan akuisisi data sehingga data siap untuk ditampilkan atau disimpan dalam mikrokontroler.

3.2.4. Pengukuran Suhu dan Kelembaban Udara

Parameter suhu dan kelembaban udara (RH) diukur dengan menggunakan modul sensor RHT11 dari Sensirion yang memiliki *output digital* melalui antarmuka serial dua kabel (*2wire*). Satu kabel digunakan sebagai *clock* (dihubungkan pada PortA.0) dan satu kabel lainnya digunakan sebagai *data out* (dihubungkan pada PortA.1). *Script* program yang digunakan untuk membaca data dari sensor SHT11 adalah sebagai berikut:

```
Dim Ctr As Byte : Dim Dataword As Word : Dim Command As Byte
Dim Dis As String * 20 : Dim Calc As Single : Dim Calc2 As Single
Dim Rhlinear As Single : Dim Rhlintemp As Single : Dim Tempc As Single
Dim Tempf As Single
Sck Alias Porta.0 : Dataout Alias Porta.1 : Datain Alias Pina.1

Const C1 = -4 : Const C2 = 0.0405 : Const C3 = -0.0000028 : Const T1c = .01
Const T2 = .00008 : Const T1f = .018

Declare Sub Getit()           'membuat sub program (Getit)
Ddra = &B11111111           'seluruh PortA diset sebagai output
Config Pina.0 = Output      'sck
Config Pina.1 = Output      'datain

Set Dataout                 'reset komunikasi serial
For Ctr = 1 To 12
  Set Sck
  Waitus 2
  Reset Sck
  Waitus 2
Next Ctr

Do
  Command = &B00000011
  Call Getit                 'Ambil data suhu lalu simpan di variable

  Tempf = T1f * Dataword     'Suhu dalam 'F
  Tempf = Tempf - 40
  Tempc = T1c * Dataword     'Suhu dalam celcius
  Tempc = Tempc - 40
  Dis = Fusing(tempc , "###.##") 'Menggunakan satuan celcius
```

```

Command = &B00000101
Call Getit                               'Mengambil data RH
Calc = C2 * Dataword
Calc2 = Dataword * Dataword
Calc2 = C3 * Calc2
Calc = Calc + C1
Rhlinear = Calc + Calc2
Dis = Fusing(rhlinear , "##.##")

Calc = T2 * Dataword
Calc = Calc + T1c
Calc2 = Tempc - 25
Calc = Calc2 * Calc
Rhlintemp = Calc + Rhlinear
Dis = Fusing(rhlintemp , "##.##")
Wait 1
Loop

Sub Getit()
Local Datavalue As Word
Local Databyte As Byte

Set Sck                                  'Mulai dengan "\"transmission start"
Reset Dataout
Reset Sck
Set Sck
Set Dataout
Reset Sck

Shiftout Dataout , Sck , Command , 1     'Kirim command
Ddra = &B11111101                         'Datain sebagai input
Config Pina.1 = Input                    'Datain adalah di PortA.1
Set Sck
Reset Sck
Waitus 10                                'Tunggu data sesaat
Bitwait Pina.1 , Reset                    'Meriset PinA.1

Shiftin Datain , Sck , Databyte , 1      'Ambil data MSB
Datavalue = Databyte

Ddra = &B11111111                         'Datain sebagai output
Config Pina.1 = Output                    'Datain adalah di PortA.1
Reset Dataout
Set Sck
Reset Sck

Ddra = &B11111101                         'Datain sekarang sebagai input
Config Pina.1 = Input

Shiftin Datain , Sck , Databyte , 1      'Ambil LSB
Shift Datavalue , Left , 8
Datavalue = Datavalue Or Databyte
Dataword = Datavalue
Ddra = &B11111111
Config Pina.1 = Output

```

```

Reset Dataout
Set Sck
Reset Sck

Ddra = &B11111101           'Datain sekarang sebagai input
Config Pina.1 = Input
Shiftin Datain , Sck , Databyte , 1

Ddra = &B11111111
Config Pina.1 = Output
Set Dataout
Set Sck
Reset Sck
End Sub

```

Berdasarkan *list* program tersebut, satu *port* (PortA.1) dapat digunakan sebagai *input* dan *output* secara bergantian. Fungsi *port* sebagai *input* digunakan untuk mengambil data dari sensor, sedangkan fungsinya sebagai *output* digunakan untuk mengeset *dataout* dan *clock* dari sensor. Setelah data diambil dari sensor, maka dilakukan akuisisi dan konversi sehingga siap ditampilkan di LCD atau disimpan di EEPROM.

3.2.5. Pengukuran Kecepatan Angin

Kecepatan angin untuk *Automatic Evaporation Station* (AES) ditempatkan pada ketinggian 0.5 m dari permukaan tanah (sejajar dengan tinggi panci penguapan). Sensor yang digunakan adalah *windspeed sensor type 3.1* produksi dari *Environdata* dengan resolusi 0.2 m/s untuk setiap pulsa yang dikeluarkan. *Script* program yang digunakan untuk akuisisi data dari sensor tersebut adalah sebagai berikut.

```

Config Timer0 = Counter , Edge = Falling
On Timer1 RealTimeLoop
Config Timer1=Pwm , Prescale=1 , Pwm=10 , Compare A Pwm=Clear Down

Realtimeloop:
  Speed = Counter0
  Counter0 = 0
  Shift Speed , Right , Gainconst
  Speed = Speed + Calibconst
  Ws = Speed * 0.2           'konversi 1 pulsa = 0.2 m/s
  Ws2 = Ws * 1.941748       'konversi ke knots
  Disws = Fusing(ws , "###.#")
  Disws2 = Fusing(ws2 , "###.#")
Return

```

Proses pengukuran kecepatan angin seperti *list* program diatas merupakan pengukuran lebar pulsa yang diterima oleh mikrokontroler, sehingga diperlukan aplikasi *timer* di mikrokontroler. *Timer0* (PortB.0) digunakan sebagai *timer* dan *Timer1* (PortB.1) digunakan untuk menghitung lebar pulsa (*counter*) tanpa *prescale* (*prescale=1*). Hasil perhitungan lebar pulsa kemudian dikalikan dengan 0.2 sebagai konversi ke satuan m/s (sesuai resolusi sensor), atau dikalikan dengan 1.941748 untuk dikonversi ke skala *knots*.

3.2.6. Penyimpanan Data Pengukuran di EEPROM

Penyimpanan data hasil akuisisi dapat disimpan sementara di EEPROM yang telah disediakan oleh mikrokontroler. Penyimpanan data sementara ini sangat diperlukan agar data yang telah didapat tidak hilang saat sistem kehilangan *power supply* akibat listrik padam atau baterai habis. Untuk melakukan penyimpanan di EEPROM diperlukan *script* seperti *list* program dibawah ini.

```
Dim Disws As String * 6
$eprom
Dws:
Data 1 , 2 , 3 , 4 , 5 , 6

Writeeprom Disws , Dws
Readeeprom Disws , Dws
```

Proses pertama yang harus dilakukan untuk menuliskan data di EEPROM adalah mendeklarasikan nama-nama yang akan digunakan dalam program (contoh diatas menggunakan nama “Disws” dengan tipe *string* 6 karakter). Tahap selanjutnya kita harus menentukan alamat untuk menyimpannya (contoh diatas menggunakan alamat “Dws”). Setelah itu kita sudah dapat menyimpan data hasil pengukuran ke EEPROM dengan *script* “Writeeprom Disws , Dws”, yang artinya menuliskan ke EEPROM data yang bernama “Disws” ke alamat “Dws”. Untuk membaca data yang telah tersimpan di EEPROM dilakukan dengan menulis *script* “Readeeprom Disws , Dws”.

3.2.7. Tampilan Data Pengukuran di LCD 16x2

Bagian akhir dalam sistem akuisisi adalah menampilkan data yang telah diolah kedalam tampilan yang mudah dimengerti oleh manusia umum/pengamat. Salah satu tampilan yang biasa digunakan adalah dengan menggunakan *liquid crystal display* (LCD). Untuk menampilkan data akuisisi dari EEPROM mikrokontroler ke layar LCD 16x2, diperlukan sebuah *script* program sebagai berikut.

```

Config Lcdpin = Pin,Db4=Pc.4,Db5=Pc.5,Db6=Pc.6,Db7=Pc.7,E=Pc.3,Rs=Pc.2
Config Lcd = 16 * 2

Do
  Cls
  Cursor Off
  Readeeprom Dist , Dt      'Mengambil data Suhu Udara di EEPROM
  Locate 1 , 1
  Lcd "Ta=" ; Dist ; "c"    'Tampilkan data Suhu Udara di LCD

  Readeeprom Dish , Dh     'Mengambil data RH Udara di EEPROM
  Locate 1 , 9
  Lcd "RH=" ; Dish ; "%"   'Tampilkan data RH Udara di LCD

  Readeeprom R , Dr        'Mengambil data hujan di EEPROM
  Rr = R * 0.2              'Konversi tipping = 0,2mm (resolusi sensor)
  Desr = Fusing(rr , "##.#") 'Nilai desimal Curah Hujan
  Locate 2 , 9
  Lcd "RR=" ; Desr ; "mm"  'Tampilkan data hujan di LCD

  Readeeprom Disw , D1w    'Mengambil data Suhu Air di EEPROM
  Locate 2 , 1
  Lcd "Tw=" ; Disw ; "c"   'Tampilkan Suhu Air di LCD
  Waitms 50

  Cursor Off
  Cls
  Readeeprom Disl , Dl     'Mengambil data Evaporasi di EEPROM
  Locate 1 , 1
  Lcd "EE=" ; Disl ; "mm"  'Tampilkan data Evaporasi di LCD

  Readeeprom Disws , Dws  'Mengambil data Wind Speed di EEPROM
  Locate 2 , 1
  Lcd "WS=" ; Disws ; "m/s" 'Tampilkan data Wind Speed di LCD
  Waitms 50
Loop

```

Script pertama yang harus ditulis untuk menampilkan data ke LCD 16x2 adalah mendeklarasikan terlebih dahulu pin-pin yang digunakan untuk LCD (Config Lcdpin =.), setelah itu tentukan jenis LCD yang digunakan (Config Lcd = 16 * 2). *Script* program selanjutnya adalah membersihkan layar LCD dengan perintah “Cls “

dan “Cursor Off” untuk menghilangkan tanda kursor di LCD. Pembaca data yang tersimpan dalam EEPROM mikrokontroler dilakukan dengan perintah “*Readeeprom Dist , Dt*” . Proses penulisan di LCD diawali dengan menentukan lokasi baris dan kolom untuk penulisan dengan perintah “*Locate 1 , 1*” (pada baris pertama, kolom pertama), selanjutnya untuk menampilkan data pengukuran ke LCD dengan perintah “*Lcd "Ta=" ; Dist ; "c" ”*”.

3.3. Komunikasi dan Penyimpanan Data ke Komputer

Sistem aplikasi yang dirancang pada *Automatic Evaporation Station* (AES) adalah sistem aplikasi yang dapat digunakan untuk menampilkan data pengamatan, pengambil data yang tersimpan di memori EEPROM mikrokontroler dan pengolahan statistik dari tiap-tiap parameter yang diukur. Program pertama yang digunakan untuk komunikasi serial dari mikrokontroler adalah dengan penulisan *script* di mikrokontroler sebagai berikut.

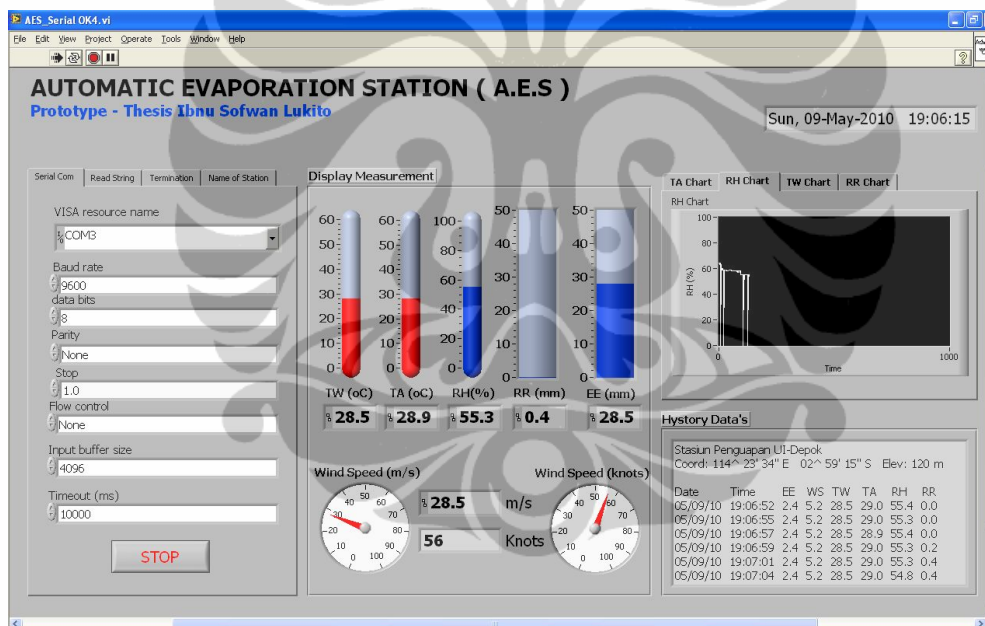
```
Print $date ; $time ; Disl ; " " ; Diws ; " " ; Disw ; " " ; Dest ; " " ; Dish ; " " ; Disr
```

Script diatas memerintahkan pada mikrokontroler untuk mengirim data yang berada pada alamat *date* dan *time* di RTC, Disl, Diws, Disw, Dest, Dish dan Disr di EEPROM ke pin Tx (PortB.2) agar dapat diterima oleh komputer melalui komunikasi serial melalui antarmuka RS232. Hasil pengiriman data tersebut diterima oleh komputer sebagai satu deret data sebagai berikut:

```
05/06/10 22:03:24 2.4 5.2 29.4 29.7 58.2 9.6
```

Dimana 05/06/10 menunjukkan bulan/tanggal/tahun, 22:03:24 menunjukkan jam:menit:detik, 2.4 menunjukkan data penguapan, 5.2 menunjukkan data kecepatan angin, 29.4 menunjukkan data suhu permukaan air, 29.7 menunjukkan suhu udara, 58.2 menunjukkan data kelembaban udara dan 9.6 menunjukkan data curah hujan.

Tahap selanjutnya dalam pembuatan program aplikasi di komputer adalah pembuatan program di bagian *front panel* yang berfungsi sebagai monitor dan tampak muka dari program aplikasi *Automatic Evaporation Station* (AES). Perancangan program harus disesuaikan dengan keinginan dan kebutuhan dari pengguna, sehingga penentuan dari tampilan, animasi dan grafik yang akan ditampilkan menjadi sesuatu yang perlu diperhitungkan. Mengingat perancangan alat *Automatic Evaporation Station* (AES) ini juga ditujukan untuk pengamat/*observer* yang belum memiliki latarbelakang pendidikan meteorologi dan klimatologi, maka tampilan harus dibuat sederhana, mudah dioperasikan dan tidak sulit untuk dipahami. Rancangan yang didesain pada bagian *front panel* sebagai tampilan dilayar komputer dapat dilihat pada gambar 3.5, dibawah ini.



Gambar 3.5. Desain tampilan *Automatic Evaporation Station* (AES) di PC.

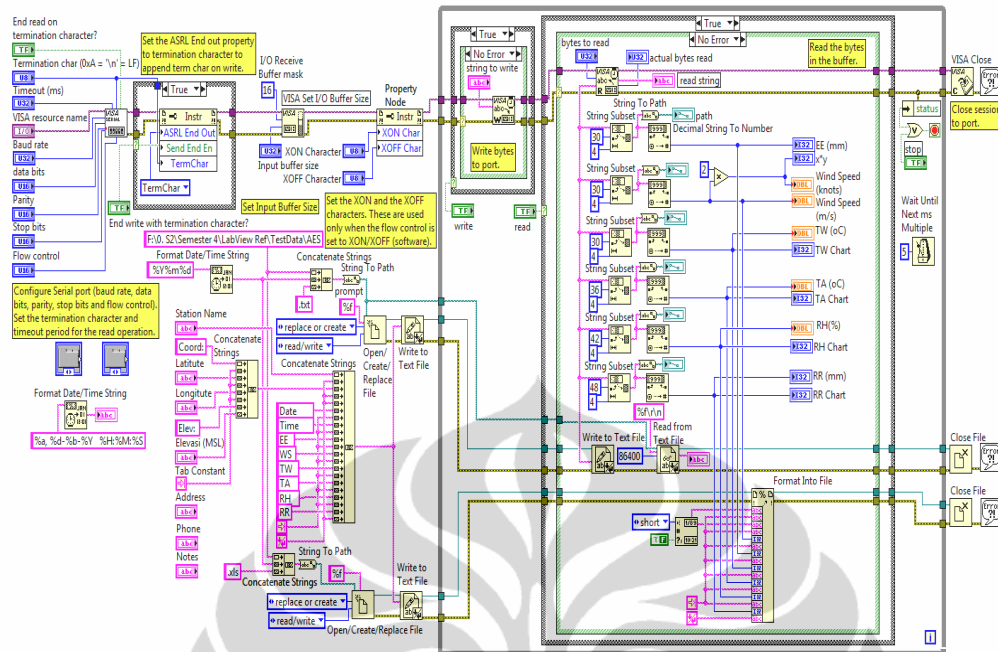
Pada gambar 3.5, dapat dilihat bahwa tampilan yang dirancang pada sistem *Automatic Evaporation Station* (AES) telah mewakili seluruh unsur yang diperlukan dalam sebuah pengukuran. Unsur-unsur yang terwakili tersebut, adalah; lokasi data, realtime data, history data, simulasi data dan grafik data.

Desain tampilan program aplikasi di *front panel* dibuat dalam 4 (empat) bagian utama, yaitu:

- **Bagian komunikasi dan identitas stasiun**, dibuat menggunakan fasilitas “*Tab control*” dimana terdapat 4 pilihan tabulasi yaitu: *serial com*, *read string*, *termination* dan *name of station*.
- **Bagian *display measurement***, berfungsi untuk menampilkan data *realtime* dari pengukuran. Animasi *display* dibuat menggunakan fasilitas ‘*numeric indicator*’ berupa animasi ‘*thermometer*’ untuk RH, suhu udara dan air, animasi ‘*tank*’ untuk penguapan (EE) dan curah hujan (RR), serta animasi ‘*gauge*’ untuk kecepatan angin.
- **Bagian grafik (*chart*)**, berfungsi untuk menampilkan grafik pengukuran setiap parameter. Dibuat dengan menggunakan fasilitas ‘*Chart Indicator*’ yang diletakkan pada ‘*Tab Control*’ untuk menghemat tempat di layar PC.
- **Bagian *hystory datas***, berfungsi untuk menampilkan data-data selama pengukuran. Data-data ini adalah data-data yang nantinya akan disimpan dalam *storage* komputer.

Seluruh data yang dihasilkan akan disimpan dalam sebuah *file* berformat *text.txt* dan *Excel.xls* dengan nama *file* berdasarkan tanggal data dan berlokasi di sebuah *folder* khusus di komputer. Pada penelitian ini, untuk sementara data pengukuran disimpan dalam folder: *F:\0. S2\Semester 4\LabView Ref\TestData* dengan nama file: *AES Tahun Bulan Tanggal.xls*, contohnya: *AES 20100530.xls* dan *AES 20100530.txt*. Alamat dan nama *folder/file* tersebut dapat diubah sesuai kebutuhan dengan mengubah alamat/nama *file* di bagian *Block Diagram*. Alamat dan nama *folder/file* tidak ditampilkan di *front panel* dengan tujuan agar tidak semua orang dapat mengubahnya. Perubahan kecil pada alamat *file* akan menyebabkan data tidak tersimpan atau tersimpan di tempat yang tidak diketahui.

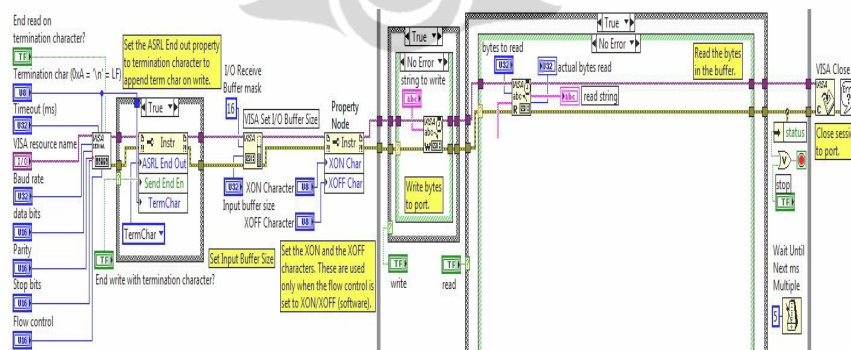
Desain dari rancangan pada bagian *Block Diagram* yang berfungsi sebagai penggerak dari program aplikasi *Automatic Evaporation Station* (AES) dapat dilihat pada gambar 3.6.



Gambar 3.6. Desain program dalam *block diagram* di LabView secara lengkap

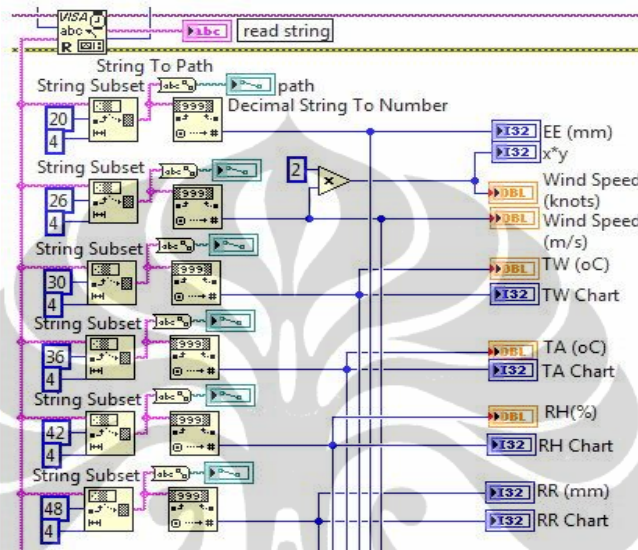
Berdasarkan *block diagram* diatas, dapat dilihat bahwa terdapat 3 (tiga) bagian utama yang membentuk program AES ini, yaitu:

- **Bagian Komunikasi**, berfungsi mengatur *setting* komunikasi serial yang digunakan (9600, 8, N, 1), kemudian membaca data yang dikirim dari RS232 dan menampilkannya pada '*string indicator*'. Bagian *block diagram* untuk komunikasi seperti pada gambar 3.7.



Gambar 3.7. *Block diagram* untuk komunikasi

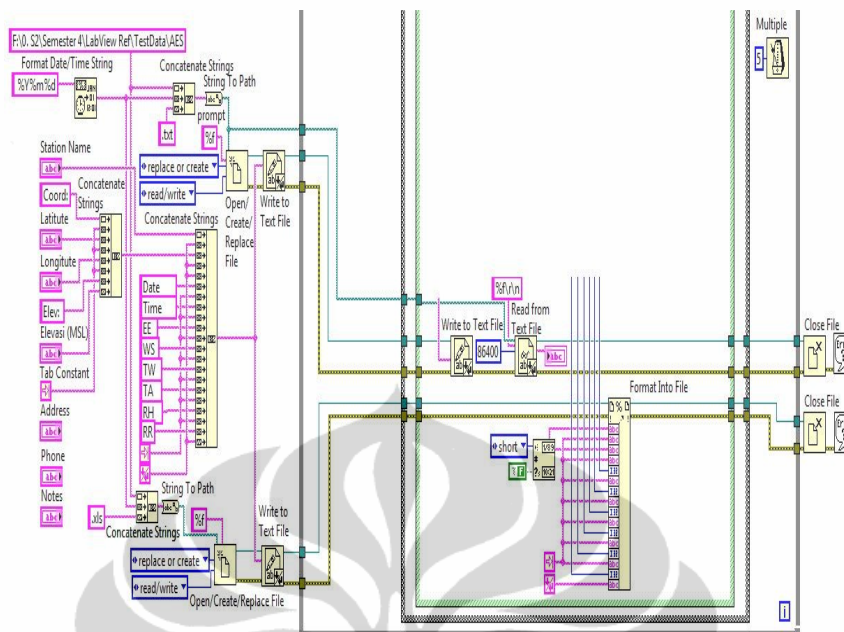
- **Bagian *display data per parameter***, bagian ini berfungsi untuk mencuplik data masing-masing parameter dari deretan data yang dikirim secara serial. Bagian *block diagram* untuk komunikasi dapat dilihat pada gambar 3.8.



Gambar 3.8. *Block diagram* untuk mencuplik dan menampilkan data.

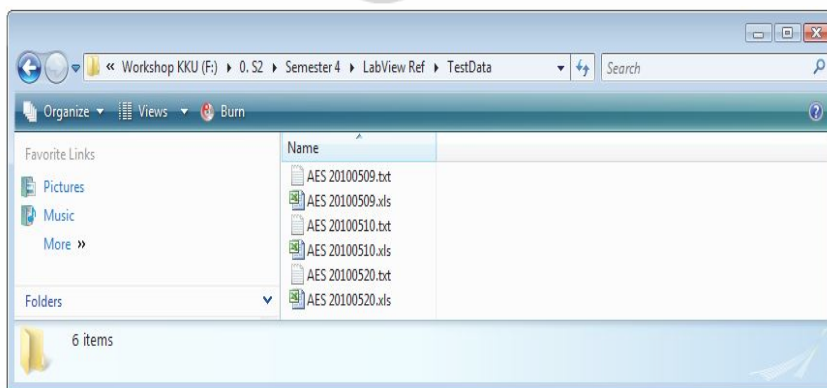
Pencuplikan data dilakukan dengan memanfaatkan fasilitas ‘*string subset*’ kemudian diatur posisi dan jumlah karakter data yang akan dicuplik. Setelah itu mengubah data *string* menjadi angka menggunakan ‘*decimal string to number*’, lalu dihubungkan dengan ‘*numeric indicator*’ untuk menampilkannya di ‘*front panel*’.

- **Bagian *penyimpanan di file***, bagian ini berfungsi untuk membuat sistem penyimpanan data ke dalam sebuah *file text* (.txt) dan *file excel* (.xls) di komputer. Pengalamanan dan nama *file* serta keterangan-keterangan lain yang diperlukan dalam sebuah *file*, dapat ditentukan di bagian ini. Bagian *block diagram* untuk penyimpanan data dapat dilihat pada gambar 3.9.



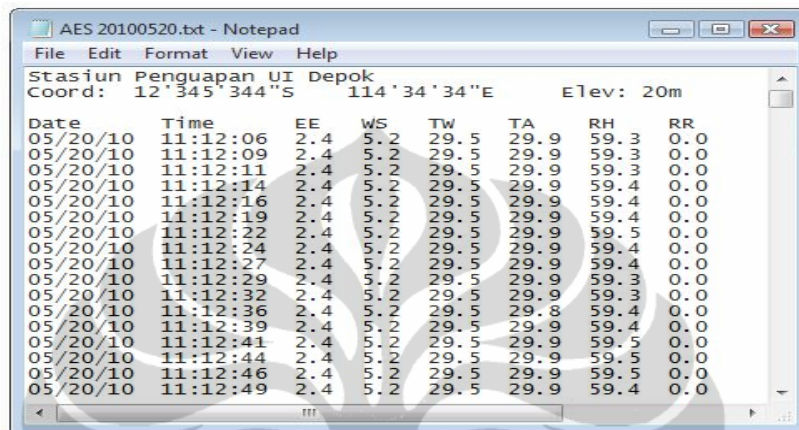
Gambar 3.9. Block diagram untuk penyimpanan data di PC.

Berdasarkan gambar 3.9, bagian teratas merupakan pengalamatan *file* dalam *hard disk*. Nama *file* ditentukan dengan awalan AES dan dilanjutkan dengan tahun, bulan dan tanggal penyimpanan, data tanggal diambil dari tanggal di komputer melalui fasilitas '*Format Date/Time String*' kemudian digabungkan dengan awalan AES dan format *file* (.txt atau .xls) melalui fasilitas '*Concatenate Strings*'. Bentuk *file* yang tersimpan dalam komputer dapat dilihat seperti gambar 3.10 dibawah ini.



Gambar 3.10. Contoh nama *file* yang tersimpan dalam *harddisk*.

Penulisan data dalam *file text* (.txt) dibuat dengan menggunakan fasilitas ‘Concatenate Strings’ untuk penulisan *header*, nama stasiun dan data, sedangkan data pengukuran diletakkan di bawahnya dalam bentuk *string*. Hasil penulisan *database* pengukuran dalam *file text* (.txt) dapat dilihat seperti gambar 3.11, dibawah ini.



```

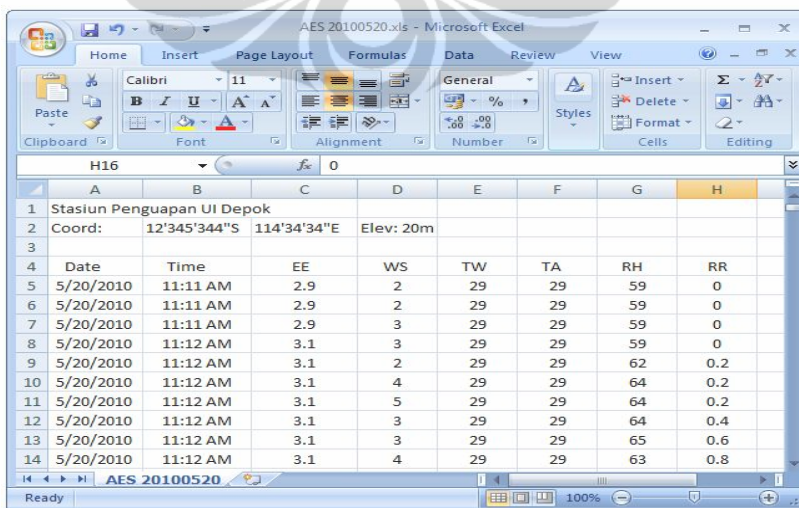
AES 20100520.txt - Notepad
File Edit Format View Help
Stasiun Penguapan UI Depok
Coord: 12'345'344"S 114'34'34"E Elev: 20m

Date Time EE WS TW TA RH RR
05/20/10 11:12:06 2.4 5.2 29.5 29.9 59.3 0.0
05/20/10 11:12:09 2.4 5.2 29.5 29.9 59.3 0.0
05/20/10 11:12:11 2.4 5.2 29.5 29.9 59.3 0.0
05/20/10 11:12:14 2.4 5.2 29.5 29.9 59.4 0.0
05/20/10 11:12:16 2.4 5.2 29.5 29.9 59.4 0.0
05/20/10 11:12:19 2.4 5.2 29.5 29.9 59.4 0.0
05/20/10 11:12:22 2.4 5.2 29.5 29.9 59.5 0.0
05/20/10 11:12:24 2.4 5.2 29.5 29.9 59.4 0.0
05/20/10 11:12:27 2.4 5.2 29.5 29.9 59.4 0.0
05/20/10 11:12:29 2.4 5.2 29.5 29.9 59.3 0.0
05/20/10 11:12:32 2.4 5.2 29.5 29.9 59.3 0.0
05/20/10 11:12:36 2.4 5.2 29.5 29.8 59.4 0.0
05/20/10 11:12:39 2.4 5.2 29.5 29.9 59.4 0.0
05/20/10 11:12:41 2.4 5.2 29.5 29.9 59.5 0.0
05/20/10 11:12:44 2.4 5.2 29.5 29.9 59.5 0.0
05/20/10 11:12:46 2.4 5.2 29.5 29.9 59.5 0.0
05/20/10 11:12:49 2.4 5.2 29.5 29.9 59.4 0.0

```

Gambar 3.11. Contoh tampilan data di dalam *file text* (.txt)

Penulisan data dalam *file excel* (.xls) dibuat dengan menggunakan fasilitas ‘Format Into File’ dengan data berbentuk angka, sehingga harus mengubah data yang bentuk *string* menggunakan fasilitas ‘Decimal String To Number’. Hasil penulisan *database* pengukuran di dalam *file excel* (.xls) dapat dilihat seperti gambar 3.12, dibawah ini.



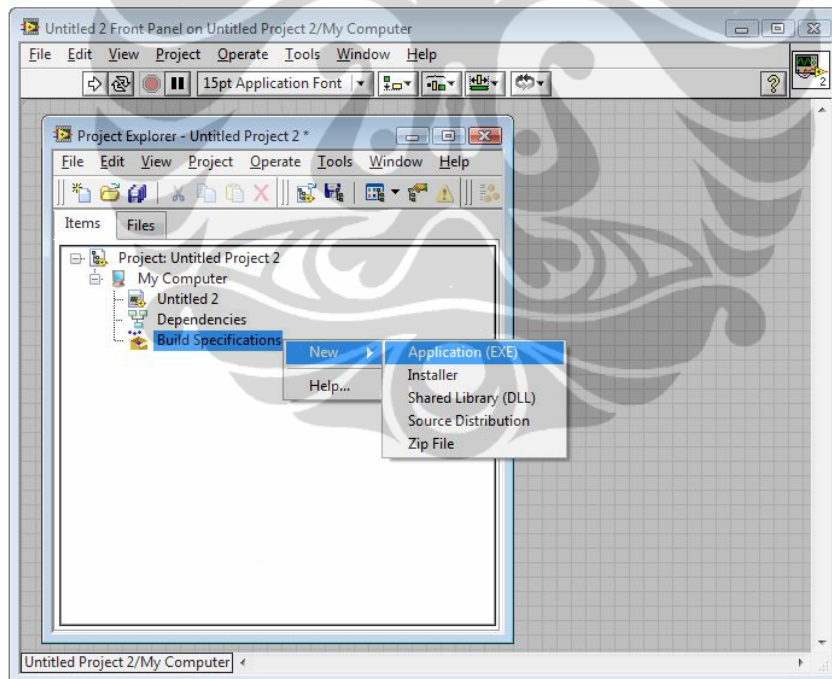
	A	B	C	D	E	F	G	H
1	Stasiun Penguapan UI Depok							
2	Coord:	12'345'344"S	114'34'34"E	Elev:	20m			
3								
4	Date	Time	EE	WS	TW	TA	RH	RR
5	5/20/2010	11:11 AM	2.9	2	29	29	59	0
6	5/20/2010	11:11 AM	2.9	2	29	29	59	0
7	5/20/2010	11:11 AM	2.9	3	29	29	59	0
8	5/20/2010	11:12 AM	3.1	3	29	29	59	0
9	5/20/2010	11:12 AM	3.1	2	29	29	62	0.2
10	5/20/2010	11:12 AM	3.1	4	29	29	64	0.2
11	5/20/2010	11:12 AM	3.1	5	29	29	64	0.2
12	5/20/2010	11:12 AM	3.1	3	29	29	64	0.4
13	5/20/2010	11:12 AM	3.1	3	29	29	65	0.6
14	5/20/2010	11:12 AM	3.1	4	29	29	63	0.8

Gambar 3.12. Contoh tampilan data di dalam *file excel* (.xls)

3.4. Program Aplikasi *Stand-Alone* dan *Executable File*

Tahap akhir dalam pembuatan program aplikasi adalah pembuatan program yang dapat beroperasi sendiri (*stand alone*) tanpa harus menginstal *software* induknya (*LabView*) pada komputer. Hal ini sangat penting untuk mempermudah dalam pengoperasian program aplikasi dan memproteksi program agar tidak dapat diubah. Proses pembuatan program *stand alone* diawali dengan pembuatan *file* eksekusi/*executable file* (.exe) dari program aplikasi yang telah dibuat di *LabView*.

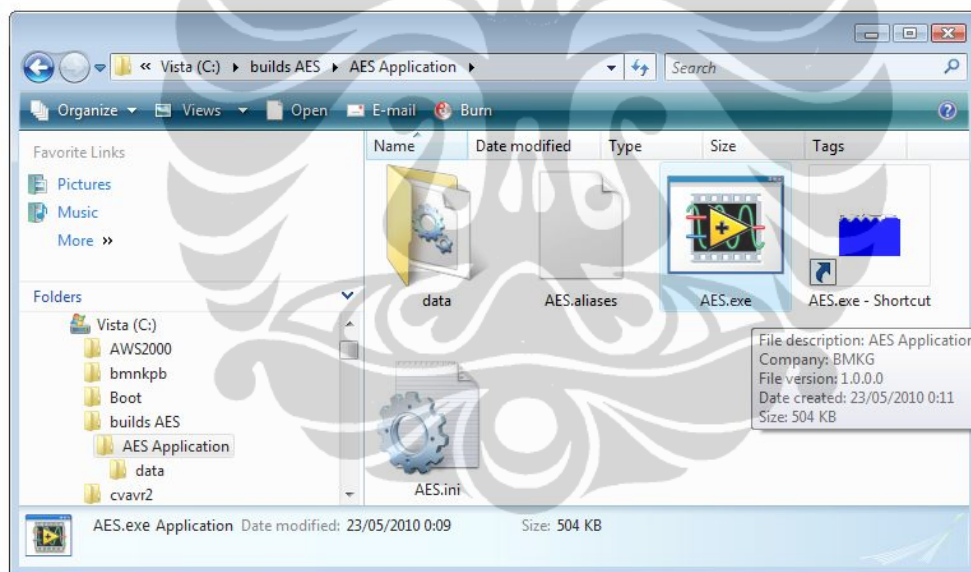
Executable file (.exe) dibuat dari *file* yang berisi program *Automatic Evaporation Station* (AES) yang dijadikan sebagai *file project* dengan memanfaatkan fasilitas menu: **Project > New Project...** Setelah *project* baru terbentuk dan telah dipilih *option*: **Application (EXE)** seperti pada gambar 3.13, maka *Executable file* (.exe) telah siap diproses dengan memilih *option*: **Build**.



Gambar 3.13. Contoh proses pembuatan *Executable file* (.exe) di *LabView*.

Setelah *Executable file* (.exe) dari program *Automatic Evaporation Station* (AES) terbentuk, proses selanjutnya adalah pembuatan program *installer* dengan

tahapan yang hampir sama dengan pembuatan *Executable file* (.exe). Perbedaannya hanya terletak pada pemilihan *option* di tahap akhir, dengan memilih **'Installer'** bukan **'Application(EXE)'**. Ketentuan-ketentuan yang berkaitan dengan *Executable file* (.exe) dan program *installer* dapat disesuaikan dengan kebutuhan dalam proses **'Build'**, seperti penggunaan *password*, pengalamatan di *hardisk* atau penggunaan *icon* untuk *shortcut* di *desktop* komputer. Dengan selesainya pembuatan *Executable file* (.exe) dan program *installer* maka telah sempurna pembuatan program aplikasi untuk *Automatic Evaporation Station* (AES) yang dapat beroperasi sendiri (*stand alone*) tanpa harus menginstal program induk (*Labview*) di komputer. Bentuk *Executable file* (.exe) dan program *installer* untuk *Automatic Evaporation Station* (AES) dapat dilihat seperti gambar 3.14 dibawah ini.



Gambar 3.14. Contoh *Executable file* dan shortcut program *installer* AES.

BAB IV PEMBAHASAN

Kontrol kualitas (*quality control*) terhadap akuisisi data yang dihasilkan dari alat *Automatic Evaporation Station* (AES) dilakukan dengan uji akurasi, presisi dan kalibrasi di Laboratorium Kalibrasi Pusat Instrumentasi Rekayasa dan Kalibrasi, Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (PUSIREKAL BMKG). Pengujian dilakukan dengan metode standard kalibrasi sesuai ISO/IEC:17025-2005 yang telah diterapkan di laboratorium PUSINREKAL BMKG. Data hasil pengujian selanjutnya dapat digunakan untuk mengetahui nilai simpangan dari data yang dihasilkan, sehingga dapat dilakukan pembuatan program koreksi pada program akuisisi di *logger Automatic Evaporation Station* (AES).

4.1. Data pengukuran evaporasi dengan sensor tekanan BP11

Pengukuran penguapan (*evaporation*) dilakukan dengan menggunakan prinsip tekanan udara yang akan mendeteksi perubahan ketinggian air dalam panci penguapan. Sensor yang digunakan adalah sensor tekanan udara dari *envirodata* tipe *BP11 series* yang menggunakan elemen sensor dari *solid state silicon strain gauge*. Sensor BP11 ini sebenarnya adalah sensor untuk mengukur tekanan udara, namun pada penelitian ini coba digunakan untuk mengukur *water level* dalam tanki air.

Data pengukuran penguapan/evaporasi merupakan data perubahan ketinggian air selama 24 jam, namun untuk pengujiannya dilakukan dengan menghitung ketinggian air secara simulasi menggunakan tanki air dengan variasi ketinggian air yang disesuaikan dengan resolusi sensor. Batas pengujian untuk ketinggian air adalah 0 sampai 6.3 cm. Proses pengujian untuk pengukuran ketinggian air dapat dilihat pada gambar 4.1, dengan hasil pengujian ketinggian air dapat dilihat pada table 4.1.



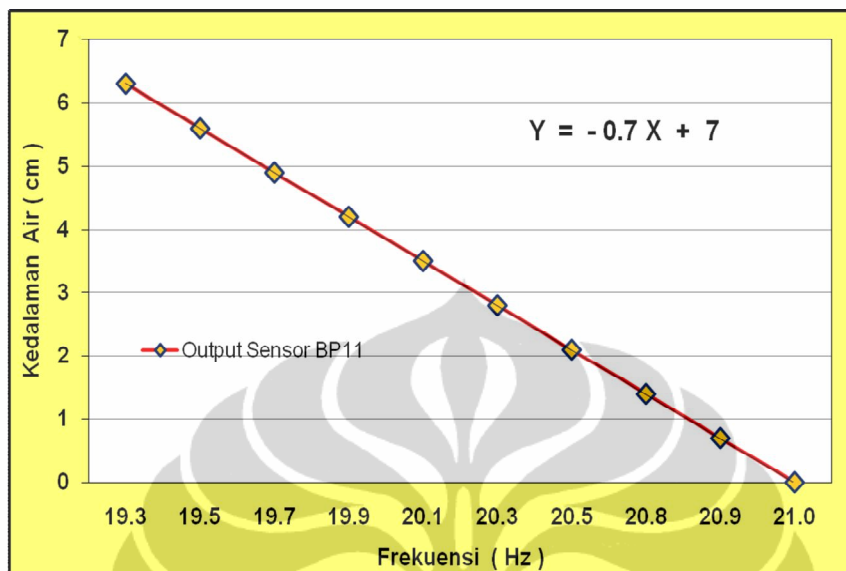
Gambar 4.1. Proses pengukuran ketinggian air dengan *pressure sensor* BP11.

Pengukuran untuk ketinggian air dilakukan dengan menghubungkan *pressure sensor* BP11 ke selang air yang telah dilekatkan pada mistar dan dimasukkan ke dalam air. Proses pengukuran dilakukan dengan mengurangi air dalam tanki secara bertahap dan dicatat hasil pengukuran (*output* sensor) yang tertera di LCD dalam satuan Hz (frekuensi). Data hasil pengukuran ketinggian air terhadap *output* sensor dapat dilihat pada tabel 4.1.

Tabel 4.1. Data hasil pengujian ketinggian air.

No Data	Output Sensor BP11 (Hz)	Kedalaman Air (cm)
1	19.3	6.3
2	19.5	5.6
3	19.7	4.9
4	19.9	4.2
5	20.1	3.5
6	20.3	2.8
7	20.5	2.1
8	20.8	1.4
9	20.9	0.7
10	21.0	0.0

Grafik pengukuran antara kedalaman air dan *output* sensor BP11 dapat dilihat pada gambar 4.2 di bawah ini.



Gambar 4.2. Grafik pengukuran ketinggian air dengan *pressure sensor* BP11.

Berdasarkan table 4.1 dan gambar 4.2 diatas, dapat diketahui bahwa hasil pengukuran ketinggian air menggunakan sensor tekanan udara memiliki akurasi data yang cukup linier, namun masih diluar toleransi yang diperkenankan oleh WMO dan BMKG, sebesar ± 0.5 mm. Dengan menggunakan persamaan linier yang didapat dari pengukuran, maka *script* program di mikrokontroler harus ditambahkan dengan koreksi untuk mendapatkan nilai tinggi air dalam satuan cm, sebagai berikut:

```

Level = Counter0
Counter0 = 0
Shift Level , Right , Gainconst
Level = Level + Calibconst
WI = Level / 10
WI1 = WI * (- 0.7)
WI2 = WI1 + 7
Diswl2 = Fusing(wl2 , "###.##")
Writeeprom Diswl2 , Dwl2

```

Mengingat akurasi dari hasil pengujian sebesar 0.7 cm, maka untuk pengembangan penelitian ini lebih lanjut, maka diperlukan sebuah sensor *water level* yang lebih sensitif.

4.2. Data pengukuran curah hujan dengan tipping bucket

Pengukuran curah hujan dilakukan dengan menggunakan *rain gauge* tipe *tipping bucket* produksi *enviro*data dengan resolusi 0.2 mm. Pengujian data akuisisi dilakukan di laboratoriu kalibrasi PUSINREKAL BMKG dengan alat *rain gauge kalibrator* dari Hanil.lab - Korea Selatan. Proses pengujian dapat dilihat seperti pada gambar 4.3 dengan hasil dari pengujian data akuisisi penakar hujan diperlihatkan pada table 4.3.



Gambar 4.3. Pengujian akuisisi data penakar hujan di lab.PUSINREKAL

Proses pengujian data akuisisi penakar hujan di laboratorium PUSINREKAL BMKG seperti gambar 4.3, dilakukan dengan membandingkan data pengukuran dari *Automatic Evaporation Station* (AES) dan alat *kalibrator standard* buatan Hanil.lab-Korea. Alat *kalibrator* memiliki kemampuan untuk mensimulasikan jumlah curah hujan dari 10–100 mm hujan dengan variasi intensitas hujan antara 10–250 mm/jam. Pengukuran diawali dengan memberikan simulasi hujan ke penakar hujan dengan variasi intensitas hujan 40 mm/jam secara bertahap sampai 250 mm/jam. Variasi intensitas hujan ini sangat penting untuk mengetahui kemampuan alat *Automatic Evaporation Station* (AES) dalam mengukur variasi intensitas hujan ringan (*drizzel*) sampai hujan lebat (*shower*), dan data hasil pengujian tersebut dapat dilihat pada tabel 4.2.

Tabel 4.2. Data hasil pengujian penakar hujan tipping bucket

No Data	Intensitas (mm/jam)	Standard (mm)	AES (mm)
1	40	8.8	8.8
2	60	8.8	8.8
3	80	5.2	5.2
4	100	8.8	8.8
5	120	7.4	7.4
6	140	6.8	6.8
7	160	7.2	7.2
8	180	7.8	7.8
9	200	9.0	9.0
10	250	8.8	8.8

Berdasarkan hasil pengujian pada tabel 4.2 diatas, diketahui bahwa data akuisisi *Automatic Evaporation Station* (AES) untuk *rain gauge* tipe *tipping bucket* dapat bekerja dengan baik dari intensitas hujan 40 mm/jam (hujan ringan/*drizzel*) hingga intensitas hujan 250 mm/jam (hujan lebat/*shower*), tanpa ada kesalahan hitung (*counting*) maupun signal ganda (*cloning signal*). Dengan hasil pengujian ini, maka tidak diperlukan koreksi terhadap *script* program yang telah dibuat sebelumnya (pada Bab.3).

4.3. Data pengukuran suhu air dengan sensor DS18B20

Pengukuran suhu air yang telah di akuisisi dalam mikrokontroler perlu dilakukan pengujian agar diketahui tingkat keakuratannya. Proses pengujian ini dilakukan di laboratorium kalibrasi PUSINREKAL BMKG dengan *simulator* suhu dalam *Thermometer Chambers* tipe: 8121.0000, produksi dari *Theodor Friedrich & Co*, German. Sensor temperatur *standard* yang digunakan sebagai pembanding adalah tipe PT-100 model 5627A dari Fluks, dengan ketelusuran kalibrasi ke *Bureau of Meteorology*, Australia.

Penempatan alat *Automatic Evaporation Station* (AES) pada *simulator* suhu (*Thermometer Chambers*) dalam proses pengujian di laboratorium PUSINREKAL BMKG dapat dilihat seperti gambar 4.4.



Gambar 4.4. Pengujian akuisisi data sensor DS18B20 dan SHT11 di Lab.PUSINREKAL

Pada gambar 4.4, alat yang akan diuji ditempatkan dalam *Thermometer Chambers* dengan posisi yang mudah dilihat dari luar. Setelah posisi alat stabil maka *Thermometer Chambers* ditutup rapat dan dilakukan simulasi suhu dengan mengambil 3 buah *set point*, yaitu: suhu 20⁰C, 30⁰C dan 40⁰C. Masing-masing *set point* dilakukan 4 kali pembacaan dengan data hasil seperti pada table 4.3.

Tabel 4.3. Data hasil pengujian sensor suhu DS18B20

No	Set Point (°C)	Standard (°C)	Koreksi Standard	DS18B20 (°C)	Koreksi DS18B20	Rata-rata
1	20	20.440	-0.003	20.4	0.0	0.0
2		20.355	-0.003	20.4	0.0	
3		20.364	-0.003	20.4	0.0	
4		20.417	-0.003	20.3	0.1	
5	30	30.402	-0.003	30.4	0.0	0.1
6		30.429	-0.003	30.4	0.0	
7		30.417	-0.003	30.3	0.1	
8		30.397	-0.003	30.3	0.1	
9	40	40.654	0.000	40.5	0.1	0.2
10		40.678	0.000	40.6	0.2	
11		40.689	0.000	40.5	0.2	
12		40.716	0.000	40.5	0.2	
Koreksi Rata-rata :						0.1

Berdasarkan hasil pengujian diketahui bahwa data dari sensor suhu udara DS18B20 hanya memiliki penyimpangan rata-rata sebesar 0.1°C , sehingga tidak perlu dilakukan koreksi pada *script* program di mikrokontroler. Penyimpangan yang masih ditoleransi oleh *World Meteorological Organization* (WMO) dan BMKG untuk pengukuran suhu adalah sebesar $\pm 0.2^{\circ}\text{C}$.

4.4. Data pengukuran suhu udara dengan sensor SHT11

Pengukuran suhu udara dilakukan dengan menggunakan modul sensor SHT11 dari *electronics innovation*. Proses pengujian dilakukan di laboratorium kalibrasi PUSINREKAL BMKG menggunakan *Thermometer Chambers* tipe: 8121.0000, produksi dari *Theodor Friedrich & Co, German*. Proses dan tata cara pengujian yang dilakukan sama dengan proses dan tata cara pengujian terhadap pengukuran suhu air dengan sensor DS18B20 pada sub bab 4.3 diatas. Data hasil pengujian untuk sensor suhu SHT11 dapat dilihat seperti pada table 4.4.

Tabel 4.4. Data hasil pengujian sensor suhu SHT11

No	Set Point ($^{\circ}\text{C}$)	Standard ($^{\circ}\text{C}$)	Koreksi Standard	SHT11 ($^{\circ}\text{C}$)	Koreksi SHT11	Rata-rata
1	20	20.440	-0.003	19.7	0.7	0.7
2		20.325	-0.003	19.7	0.6	
3		20.364	-0.003	19.7	0.7	
4		20.417	-0.003	19.8	0.6	
5	30	30.402	-0.003	30.1	0.3	0.4
6		30.429	-0.003	30.1	0.3	
7		30.417	-0.003	30.0	0.4	
8		30.397	-0.003	30.0	0.4	
9	40	40.654	0.000	39.5	1.2	1.1
10		40.678	0.000	39.6	1.1	
11		40.689	0.000	39.6	1.1	
12		40.716	0.000	39.6	1.1	
Koreksi Rata-rata :						0.7

Berdasarkan hasil pengujian dapat diketahui bahwa data dari sensor suhu udara - SHT11 memiliki penyimpangan rata-rata sebesar 0.7°C , sehingga harus

dilakukan koreksi dengan cara menambahkan 0.7°C untuk setiap pengukuran agar sesuai dengan alat standard yang ditetapkan oleh WMO dan BMKG. Proses koreksi yang perlu ditambahkan pada *script* program di mikrokontroler adalah sebagai berikut.

```
Tempc = T1c * Dataword           'Suhu dalam celcius
' Tempc = Tempc - 40
Tempc = Tempc - 40.7           'Koreksi offset ditambah 0.7 °C
Dis = Fusing(tempc , "###.##")  'Menggunakan satuan celcius
```

Script program diatas sama dengan *script* program yang digunakan untuk pembacaan data suhu dari sensor SHT11 sebelumnya (lihat Bab.3). Perbedaan hanya terletak pada *script offset* yang awalnya sebesar -40 menjadi -40.7 (karena ditambahkan dengan nilai pengujian sebesar 0.7). Data hasil pengukuran yang telah dikoreksi dapat dilihat pada tabel 4.5, dibawah ini.

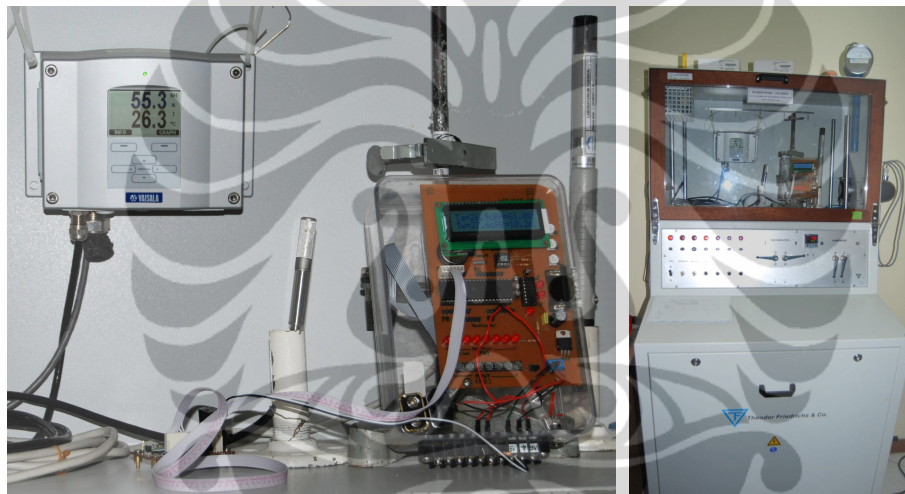
Tabel 4.5. Data terkoreksi dari sensor suhu SHT11

No	Set Point (°C)	Standard (°C)	Koreksi Standard	SHT11 (°C)	Koreksi SHT11	Rata-rata
1	20	20.44	-0.003	20.4	0.0	0.0
2		20.325	-0.003	20.4	-0.1	
3		20.364	-0.003	20.4	0.0	
4		20.417	-0.003	20.5	-0.1	
5	30	30.402	-0.003	30.8	-0.4	0.3
6		30.429	-0.003	30.8	-0.4	
7		30.417	-0.003	30.7	-0.3	
8		30.397	-0.003	30.7	-0.3	
9	40	40.654	0.000	40.2	0.5	0.4
10		40.678	0.000	40.3	0.4	
11		40.689	0.000	40.3	0.4	
12		40.716	0.000	40.3	0.4	
Koreksi Rata-rata :						0.24

Dengan koreksi ini maka data akuisisi dari pembacaan suhu udara oleh sensor SHT11 mendekati toleransi yang ditetapkan oleh WMO dan BMKG, yaitu $\pm 0.2^{\circ}\text{C}$.

4.5. Data pengukuran kelembaban udara dengan sensor SHT11

Pengukuran kelembaban udara (RH) dilakukan dengan menggunakan modul sensor SHT11 dari *electronics innovation*. Proses pengujian dilakukan di laboratorium kalibrasi PUSINREKAL BMKG dengan *simulator* kelembaban (RH) menggunakan *Humidity Chambers* tipe: 8121.0000, produksi dari *Theodor Friedrich & Co, German*. Sensor kelembaban *standard* yang digunakan sebagai pembanding adalah sensor produksi *vaisala* tipe HMT337, dengan ketelusuran kalibrasi ke *Bureau of Meteorology, Australia*. Proses dan alat *kalibrator* dapat dilihat pada gambar 4.5, sedangkan data hasil pengujian untuk sensor suhu SHT11 dapat dilihat pada table 4.6.



Gambar 4.5. Pengujian akuisisi data sensor RH – SHT11 di Lab.PUSINREKAL

Pada gambar 4.5, alat atau sensor yang akan diuji ditempatkan di dalam *Humidity Chambers* dalam posisi yang stabil dan mudah dilihat dari luar. Data pertama merupakan pembacaan RH diruangan, setelah itu dilakukan simulasi RH dalam *Humidity Chambers* dengan mengambil 3 buah *set point*, yaitu: pada suhu 40%, 60% dan 80%. Masing-masing *set point* dilakukan 4 kali pembacaan dengan data hasil pengujian dapat dilihat seperti pada table 4.6.

Tabel 4.6. Data hasil pengujian sensor RH - SHT11

No	Set Point (%)	Standard (%)	Koreksi Standard	SHT11 (%)	Koreksi SHT11	Rata-rata
1	RH	55.8	-0.1	61.0	-5.3	-5.4
2	Ruangan	55.8	-0.1	61.0	-5.3	
3		55.5	-0.1	61.0	-5.6	
5		40	37.8	-0.1	44.2	-6.5
6		38.2	-0.1	44.7	-6.6	
7		38.7	-0.1	45.2	-6.6	
8		39.2	-0.1	45.7	-6.6	
9	60	60.8	-0.1	67.7	-7.0	-7.2
10		60.1	-0.1	67.2	-7.2	
11		59.9	-0.1	67.1	-7.3	
12		58.7	-0.1	66.0	-7.4	
13	80	78.8	-0.1	84.0	-5.3	-5.2
14		79.2	-0.1	84.3	-5.2	
15		80.1	-0.1	85.1	-5.1	
16		80.8	-0.1	85.8	-5.1	
Koreksi Rata-rata :						-6.1

Berdasarkan hasil pengujian diketahui bahwa data dari sensor kelembaban relatif (RH) - SHT11 memiliki penyimpangan rata-rata sebesar -6.1%, sehingga perlu dilakukan koreksi dengan mengurangi setiap hasil pengukuran sebesar 6.1% agar sesuai dengan alat standar di BMKG. Proses yang perlu dilakukan untuk melakukan koreksi tersebut adalah dengan menuliskan koreksi pada *script* program di mikrokontroler sebagai berikut.

```

Command = &B00000101
Call Getit                               'get the humidity
Calc = C2 * Dataword
Calc2 = Dataword * Dataword
Calc2 = C3 * Calc2
Calc = Calc + C1
Rhlinear = Calc + Calc2
Calc = T2 * Dataword
Calc = Calc + T1c
Calc2 = Tempc - 25
Calc = Calc2 * Calc
Rhlintemp = Calc + Rhlinear
Rhlintemp2 = Rhlintemp - 6.1           'Untuk koreksi offset sebesar -6.1%
Dis = Fusing(rhlintemp2 , "##.##")
Writeeprom Dish , Dh

```

Script program tersebut sama dengan *script* program yang digunakan untuk pembacaan data RH dari sensor SHT11 sebelumnya (lihat Bab.3). Perbedaan hanya terdapat pada akhir *script* yang ditambahkan dengan satu inisial baru, yaitu “Rhlintemp2”. Rhlintemp2 ini berfungsi sebagai koreksi *offset* sebesar -6.1% dari setiap data pembacaan RH yang dilakukan. Data pengukuran kelembaban yang telah terkoreksi dapat dilihat pada tabel 4.7, dibawah ini.

Tabel 4.7. Data terkoreksi dari sensor RH-SHT11

No	Set Point (%)	Standard (%)	Koreksi Standard	SHT11 (%)	Koreksi SHT11	Rata-rata
1	RH	55.8	-0.1	54.9	0.8	0.7
2	Ruangan	55.7	-0.1	54.9	0.7	
3		55.8	-0.1	54.9	0.8	
4		55.5	-0.1	54.9	0.5	
5		40	37.8	-0.1	38.1	
6	40	38.2	-0.1	38.6	-0.5	
7		38.7	-0.1	39.1	-0.5	
8		39.2	-0.1	39.6	-0.5	
9		60	60.8	-0.1	61.6	
10	60	60.1	-0.1	61.1	-1.1	
11		59.9	-0.1	61.0	-1.2	
12		58.7	-0.1	59.9	-1.3	
13		80	78.8	-0.1	77.9	
14	80	79.2	-0.1	78.2	0.9	
15		80.1	-0.1	79.0	1.0	
16		80.8	-0.1	79.7	1.0	
Koreksi Rata-rata :					0.81	

Berdasarkan tabel 4.7, dapat diketahui bahwa penyimpangan data pengukuran setelah dikoreksi menjadi lebih baik, yaitu sebesar 0.81%. Penyimpangan ini masih dalam batas toleransi yang diperkenankan oleh WMO dan BMKG untuk kelembaban udara relatif (RH) sebesar $\pm 5\%$.

4.6. Data pengukuran kecepatan angin dengan *windspeed* sensor WS31

Pengukuran kecepatan angin dilakukan dengan menggunakan *windspeed sensor* produksi *envirodata* tipe WS31 dengan resolusi 0.2 m/s. Proses pengujian dilakukan di laboratorium kalibrasi PUSINREKAL BMKG dengan *simulator* kecepatan angin menggunakan *Wind Tunnel* tipe 8420 produksi dari *Theodor Friedrich & Co, German*. Sensor kecepatan angin *standard* yang digunakan sebagai pembanding adalah *thermal anemometer* untuk pengujian antara 0 – 2 m/s, dan *differential pressure gauges* untuk kecepatan angin diatas 2 m/s. Ketelusuran kalibrasi dari sensor *standard* adalah ke *Commonwealth Scientific and Research Organization (CSIRO), Australia*. Proses dan alat *calibrator* dapat dilihat pada gambar 4.6, sedangkan data hasil pengujian untuk sensor kecepatan angin dapat dilihat pada table 4.8.



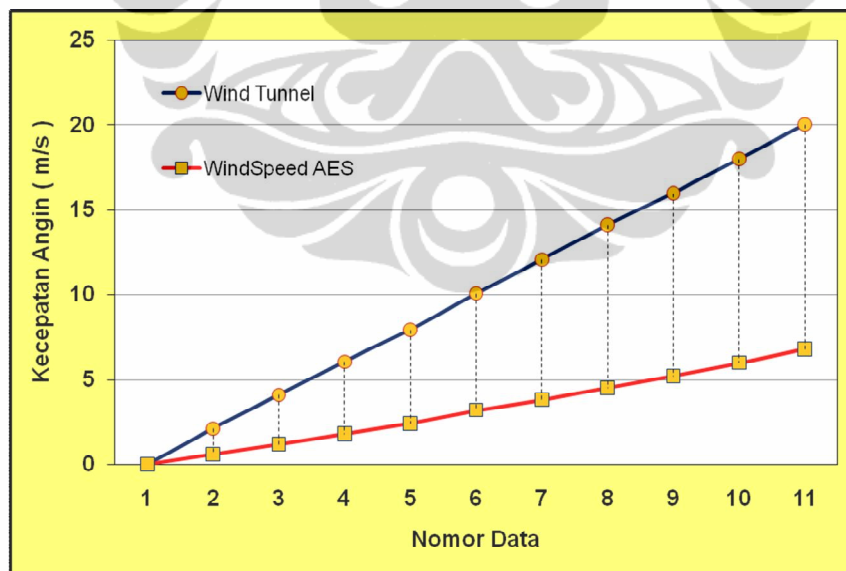
Gambar 4.6. Pengujian akuisisi data sensor *windspeed* di lab.PUSINREKAL

Proses pengujian terhadap pengukuran kecepatan angin seperti gambar 4.6, dilakukan dengan meletakkan sensor kecepatan angin di dalam *wind tunnel*. Setelah posisi sensor stabil, maka motor penghisap dinyalakan untuk menghasilkan simulasi kecepatan angin. Setiap *set point* tercapai, maka data pengukuran dibandingkan antara pembacaan dari *wind tunnel* dan *windspeed sensor* di LCD display *Automatic Evaporation Station (AES)*. Pada pengujian ini, *Set point* dilakukan dengan range ukur 2 m/s karena penyimpangan ternyata bukan berasal dari *offset*-nya tetapi berasal dari *gain/multifier*. Data hasil pengujian terhadap sensor kecepatan angin dapat dilihat pada tabel 4.8.

Tabel 4.8. Data hasil pengujian sensor *windspeed* WS31 sebelum dikoreksi

No Data	Set Point	WindTunnel Standard	Wind Speed AES	Koreksi AES
1	0	0	0	0.00
2	2	2.12	0.6	-1.52
3	4	4.08	1.2	-2.88
4	6	6.05	1.8	-4.25
5	8	7.94	2.4	-5.54
6	10	10.06	3.2	-6.86
7	12	12.07	3.8	-8.27
8	14	14.11	4.5	-9.61
9	16	15.98	5.2	-10.78
10	18	18	6	-12.00
11	20	20.03	6.8	-13.23
Rata-rata :				-6.81

Data pengujian diatas kemudian diplot dalam grafik pengujian untuk mengetahui secara visual perubahan yang terjadi. Grafik pengujian tersebut dapat dilihat seperti gambar 4.7, dibawah ini.



Gambar 4.7. Grafik pengujian akuisisi data sensor *windspeed* di *wind tunnel* sebelum dikoreksi.

Berdasarkan tabel 4.8 dan gambar 4.7, dapat diketahui bahwa penyimpangan data akuisisi akan semakin besar terhadap kecepatan angin. Hal ini menyebabkan data koreksi rata-rata tidak dapat digunakan sebagai koreksi *offset*. Koreksi untuk akuisisi data dilakukan dengan menentukan *gain/multifier* dari persamaan garis kedua data pengujian tersebut. Hasil perhitungan dengan persamaan *gradien* didapatkan koreksi *gain/multifier* adalah sebesar 3 kali, sehingga koreksi yang harus dituliskan dalam *script* program di mikrokontroler adalah resolusi sensor (0.2 m/s) dikalikan dengan 3 atau dengan merubah resolusi sensornya menjadi 0.6 m/s. Akhirnya penulisan *script* di mikrokontroler akan berubah sebagai berikut.

```

Speed = Counter0
Counter0 = 0
Shift Speed , Right , Gainconst
Speed = Speed + Calibconst
Ws = Speed * 0.6           'Koreksi, 0.2 m/s X 3 = 0.6m/s
Ws2 = Ws * 1.94           'konversi ke knots
Disws = Fusing(ws , "###.#")
Writeeprom Disws , Dws

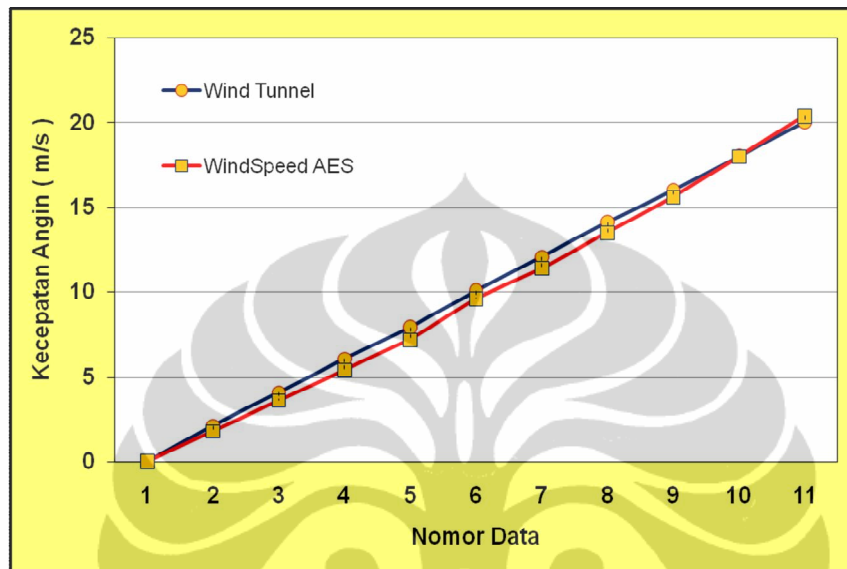
```

Setelah *script* di mikrokontroler diubah, maka dilakukan pengujian kembali di *wind tunnel* dengan hasil seperti terlihat pada tabel 4.9.

Tabel 4.9. Data hasil pengujian sensor *windspeed*/WS31 setelah dikoreksi

No Data	Set Point	WindTunnel Standard	Wind Speed AES	Koreksi AES
1	0	0.93	0.60	0.33
2	2	1.95	1.80	0.15
3	4	3.97	3.60	0.37
4	6	6.03	6.00	0.03
5	8	7.96	7.80	0.16
6	10	9.94	9.60	0.34
7	12	12.12	12.00	0.12
8	14	13.98	13.80	0.18
9	16	16.01	16.20	0.19
10	18	18.12	18.60	0.48
11	20	19.99	20.40	0.41
Penyimpanag Rata-rata :				0.25

Data pengujian ulang diatas kemudian diplot dalam grafik pengujian untuk mengetahui secara visual perubahan yang terjadi. Grafik pengujian ulang tersebut dapat dilihat seperti gambar 4.8, dibawah ini.



Gambar 4.8. Grafik pengujian akuisisi data sensor *windspeed* di *windtunnel* setelah dikoreksi.

Berdasarkan hasil pengujian ulang seperti pada tabel 4.9 dan gambar 4.8 diatas, maka diketahui bahwa penyimpangan pengukuran kecepatan angin di *Automatic Evaporation Station* (AES) menjadi jauh lebih baik. Data pengujian sebelum dikoreksi memiliki penyimpangan sebesar -6.81 m/s dan setelah dikoreksi menjadi ± 0.25 m/s. Hal ini membuat data pengukuran kecepatan angin di AES telah memenuhi toleransi untuk kecepatan angin yang ditentukan oleh WMO dan BMKG^[3], yaitu sebesar ± 0.5 m/s.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Automatic Evaporation Station (AES) telah berhasil dibuat dengan baik dengan dibuktikan dari hasil pengujian data akuisisi di laboratorium kalibrasi PUSINREKAL BMKG. *Automatic Evaporation Station* (AES) merupakan sistem pengamatan penguapan yang telah terintegrasi dengan pengukuran parameter cuaca lain yang berhubungan dengan proses penguapan. Alat ini merupakan rancangan yang pertamakali diperkenalkan di Indonesia untuk memperkuat sistem pengamatan cuaca/iklim di Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG).

Penelitian *Automatic Evaporation Station* (AES) secara garis besar dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Alat *Automatic Evaporation Station* (AES) pada penelitian ini berhasil dibuat dengan menggunakan sebagian besar dari bahan/komponen yang mudah didapat di dalam negeri, sehingga akan mempermudah pemeliharaan atau penggantian komponen. Selain itu harga yang dikeluarkan untuk membuat *Automatic Evaporation Station* (AES) jauh lebih murah bila dibandingkan dengan peralatan dari luar negeri.
2. Pengukuran penguapan dengan *Automatic Evaporation Station* (AES) diharapkan akan lebih mudah, akurat dan cepat walau dilakukan oleh petugas yang tidak memiliki latarbelakang pendidikan khusus dibidang meteorologi atau klimatologi.
3. Hasil pengujian *Automatic Evaporation Station* (AES) yang dilakukan di Laboratorium Kalibrasi Pusat Instrumentasi Rekayasa dan Kalibrasi BMKG, didapat hasil yang cukup baik sebagai berikut:
 - Pengukuran suhu air dengan sensor DS18B20 didapat penyimpangan pengukuran sebesar 0.1°C .

- Pengukuran suhu udara dengan sensor SHT11 di dapat penyimpangan pengukuran sebesar 0.7°C dan setelah di lakukan setting offset, di dapat penyimpangan pengukuran sebesar 0.24°C .
- Pengukuran RH udara dengan sensor SHT11 di dapat penyimpangan pengukuran sebesar -6.1% dan setelah di lakukan setting offset, di dapat penyimpangan pengukuran sebesar 0.81% .
- Pengukuran kecepatan angin dengan sensor WS31 di dapat penyimpangan pengukuran sebesar -6.81 m/s dan setelah di lakukan setting gain, di dapat penyimpangan pengukuran sebesar 0.25 m/s .
- Pengukuran curah hujan tidak ditemui penyimpangan hingga intensitas hujan sebesar 250 mm/jam (batas simulasi maksimum pada alat kalibrator).
- Pengujian pengukuran level air tidak dapat dilakukan di Laboratorium Kalibrasi Pusat Instrumentasi Rekayasa dan Kalibrasi BMKG berhubung tidak dimilikinya alat kalibrator untuk *water level*. Pengujian dilakukan dengan simulasi di tanki air dan didapat akurasi pengujian sebesar 7 mm , dimana nilai tersebut masih jauh diluar batas toleransi yang diperkenankan oleh WMO, yaitu sebesar $\pm 0.1\text{ mm}$.

Berdasarkan hasil pengujian diatas, maka dapat diketahui bahwa alat *Automatic Evaporation Station (AES)* telah dapat bekerja dengan baik dan telah memenuhi toleransi yang ditentukan oleh WMO dan BMKG, kecuali untuk pengukuran level air.

5.2 Saran

Rancangan *Automatic Evaporation Station* (AES) dibuat dalam jangka waktu yang singkat dan biaya yang sangat terbatas, sehingga masih banyak ditemukan kekurangan-kekurangan yang dapat mempengaruhi kesempurnaan dari ide rancangan yang sesungguhnya. Kekurangan-kekurangan yang masih ditemui dalam rancangan *Automatic Evaporation Station* (AES) adalah sebagai berikut:

1. Akurasi pengukuran *level* air menggunakan *pressure sensor* BP31 adalah sebesar ± 7 mm, ternyata nilai ini masih jauh dari toleransi yang diperkenankan oleh WMO sebesar ± 0.1 mm. Untuk pengembangan penelitian AES lebih lanjut, maka disarankan untuk penggunaan sensor *water level* yang lebih akurat.
2. Akibat akurasi pengukuran *level* air yang masih diluar batas toleransi, sehingga berpengaruh terhadap akurasi pengontrolan *valve* dan motor dc pada proses penambahan/pengurangan air di panci penguapan (*open pan evaporimeter*). Untuk pengembangan penelitian AES lebih lanjut, maka disarankan untuk menggunakan sensor tambahan untuk menentukan tinggi awal air di panci penguapan (5 cm dari bibir panci), sehingga akurasi sensor *level* air tidak mempengaruhi kontrol *valve* dan motor dc.
3. Mengingat keterbatasan waktu, maka pengujian kinerja *Automatic Evaporation Station* (AES) hanya dilakukan di dalam laboratorium dan belum dilakukan uji lapangan (*field test*) di stasiun pengamatan cuaca, sehingga untuk kesempurnaan pengujian maka perlu dilakukan uji lapangan selama beberapa waktu.

Berdasarkan hal tersebut maka diharapkan agar ide dasar dari rancangan *Automatic Evaporation Station* (AES) dapat dikembangkan lebih lanjut untuk mendapatkan kesempurnaan seperti yang diharapkan.

DAFTAR REFERENSI

1. World Meteorological Organization. (2008). *Guide to Meteorological Instruments and Methods of Observation* (7th ed.). Geneva, Switzerland: Author.
2. World Meteorological Organization. (1983). *Guide to Climatological Practices* (2th ed.). Geneva, Switzerland: Author.
3. World Meteorological Organization. (1994). *Guide to Hydrological Practices* (5th ed.). Geneva, Switzerland: Author.
4. Detlef Brumbi. (1999). *Measurement, Instrumentation, and Sensors Handbook CRCnetBase - Level Measurement*. CRC Press LLC, Boca Raton.
5. MCS. Electronics. (1999). *Tutorial Bascom-AVR (Version 1.0.0.8)*. Almere, Holland: Author.
6. MCS. Electronics. (2009). *BASCOM-AVR user manual (Version 1.11.9.4)*. Almere, Holland: Author.
7. B. Collis. (2009). *An Introduction to Microcontrollers and Software Design*. MRGS Technology Electronics.
8. Kuo, Sen M. Lee, Bob H. & Tian, Wenshun. (2006). *Real-Time Digital Signal Processing - Implementations and Applications* (2th ed.). John Wiley & Sons Ltd, England.
9. National Instruments. (2003). *Introduction to LabVIEW™ Six-Hour Course*. Texas, USA: Author.
10. Clark, Cory L. (2005). *LabVIEW digital signal processing and digital communication*. The McGraw-Hill Companies, Inc. New York.
11. Jeffrey Travis, James Kring. (2007). *LabVIEW for Everyone: Graphical Programming Made Easy and Fun* (3rd ed.). Prentice Hall. Indiana, USA.

12. <http://www.sanbrunowater.ca.gov>
13. <http://www.chem.purdue.edu/gchelp/liquids/vpress2.html>
14. <http://www.met.gov.na/programmes/nnep/toppage44.htm>
15. http://www.engineeringtoolbox.com/evaporation-water-surface-d_690.html
16. <http://www.scientificameriken.com>



Lampiran Tesis AES



Lampiran 1. Photo alat Automatic Evaporation Station (AES)



Tampak depan



Barometric Pressure Sensor (BP10 Series)

Features

- Temperature compensated
- Solid state sensor element
- High quality electronics
- Frequency output
- Low power operation

Applications

- General meteorology
- Applied meteorology
- Environmental studies
- Educational Environments

The BP10 Series Barometric Pressure Sensors are designed to measure atmospheric pressure in the range 750 to 1050 hecto Pascals. The sensors use an integrated circuit sensor element, which has been laser trimmed for accuracy.

Housing the sensing element in a nylon package gives excellent corrosion resistance and isolation from external stresses.

High quality electronics provide a frequency output which is immune to noise and cable losses.

A two point calibration against a high quality standard (which is regularly recalibrated) ensures accuracy over the normal operating range.



Model:

BP10

Output (750 mBar) 15.25 Hz

Output (1050 mBar) 19.75 Hz

Cable Type 3-core shielded

Cable Length 0.75 metre

Environdata Environmental Monitoring & Management

P.O. Box 395, WARWICK, Queensland, 4370, Australia

Phone: (07) 4661 4699

Fax: (07) 4661 2485

Int. Phone: + 61 7 4661 4699

Int. Fax: +61 7 4661 2485

e-mail: sales@environdata.com.au

<http://www.environdata.com.au>

NB: Data selengkapnya disertakan dalam DVD Tesis AES

Lampiran 3. Datasheet sensor suhu air DS18B20



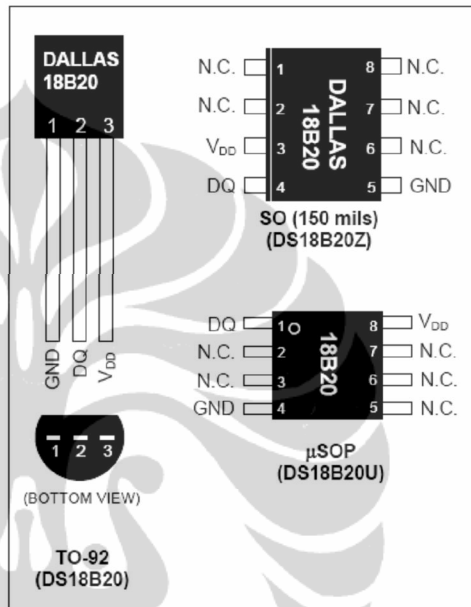
DS18B20
Programmable Resolution
1-Wire Digital Thermometer

www.maxim-ic.com

FEATURES

- Unique 1-Wire® Interface Requires Only One Port Pin for Communication
- Each Device has a Unique 64-Bit Serial Code Stored in an On-Board ROM
- Multidrop Capability Simplifies Distributed Temperature-Sensing Applications
- Requires No External Components
- Can Be Powered from Data Line; Power Supply Range is 3.0V to 5.5V
- Measures Temperatures from -55°C to +125°C (-67°F to +257°F)
- ±0.5°C Accuracy from -10°C to +85°C
- Thermometer Resolution is User Selectable from 9 to 12 Bits
- Converts Temperature to 12-Bit Digital Word in 750ms (Max)
- User-Definable Nonvolatile (NV) Alarm Settings
- Alarm Search Command Identifies and Addresses Devices Whose Temperature is Outside Programmed Limits (Temperature Alarm Condition)
- Available in 8-Pin SO (150 mils), 8-Pin μ SOP, and 3-Pin TO-92 Packages
- Software Compatible with the DS1822
- Applications Include Thermostatic Controls, Industrial Systems, Consumer Products, Thermometers, or Any Thermally Sensitive System

PIN CONFIGURATIONS



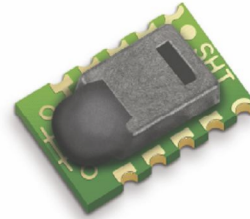
NB: Data selengkapnya disertakan dalam DVD Tesis AES

Lampiran 4. Datasheet sensor suhu dan kelembaban udara SHT11

SENSIRION
THE SENSOR COMPANY

Datasheet SHT1x (SHT10, SHT11, SHT15) Humidity and Temperature Sensor

- Fully calibrated
- Digital output
- Low power consumption
- Excellent long term stability
- SMD type package – reflow solderable



Product Summary

SHT1x (including SHT10, SHT11 and SHT15) is Sensirion's family of surface mountable relative humidity and temperature sensors. The sensors integrate sensor elements plus signal processing on a tiny foot print and provide a fully calibrated digital output. A unique capacitive sensor element is used for measuring relative humidity while temperature is measured by a band-gap sensor. The applied CMOSens® technology guarantees excellent reliability and long term stability. Both sensors are seamlessly coupled to a 14bit analog to digital converter and a serial interface circuit. This results in superior signal quality, a fast response time and insensitivity to external disturbances (EMC).

Each SHT1x is individually calibrated in a precision humidity chamber. The calibration coefficients are programmed into an OTP memory on the chip. These coefficients are used to internally calibrate the signals from the sensors. The 2-wire serial interface and internal voltage regulation allows for easy and fast system integration. The tiny size and low power consumption makes SHT1x the ultimate choice for even the most demanding applications.

SHT1x is supplied in a surface-mountable LCC (Leadless Chip Carrier) which is approved for standard reflow soldering processes. The same sensor is also available with pins (SHT7x) or on flex print (SHTA1).

Dimensions

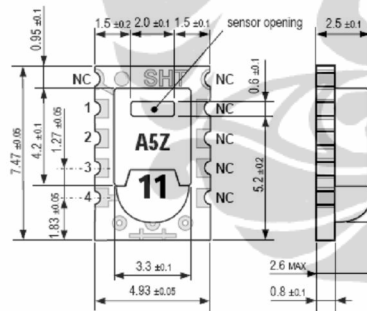


Figure 1: Drawing of SHT1x sensor packaging, dimensions in mm (1mm = 0.039inch). Sensor label gives "11" for SHT11 as an example. Contacts are assigned as follows: 1:GND, 2:DATA, 3:SCK, 4:VDD.

Sensor Chip

SHT1x V4 – for which this datasheet applies – features a version 4 Silicon sensor chip. Besides the humidity and temperature sensors the chip contains an amplifier, A/D converter, OTP memory and a digital interface. V4 sensors can be identified by the alpha-numeric traceability code on the sensor cap – see example "A5Z" code on Figure 1.

Material Contents

While the sensor is made of a CMOS chip the sensor housing consists of an LCP cap with epoxy glob top on an FR4 substrate. The device is fully RoHS and WEEE compliant, thus it is free of Pb, Cd, Hg, Cr(6+), PBB and PBDE.

Evaluation Kits

For sensor trial measurements, for qualification of the sensor or even experimental application of the sensor there is an evaluation kit *EK-H2* available including sensor, hard and software to interface with a computer.

For more sophisticated and demanding measurements a multi port evaluation kit *EK-H3* is available which allows for parallel application of up to 20 sensors.

NB: Data selengkapnya disertakan dalam DVD Tesis AES



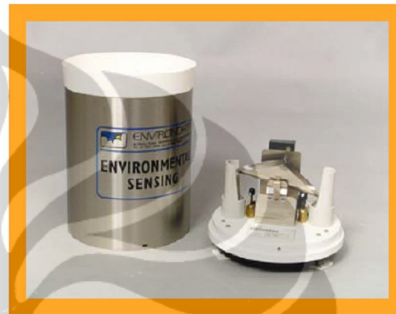
Tipping Bucket Rain Gauge (RG12 Series)

Features

- Stainless steel barrel
- Easy barrel removal
- Easy to clean
- Syphon-action delivery mechanism

Applications

- Rainfall distribution and intensity
- Catchment monitoring
- Soil conservation
- Flood mitigation programs
- Hydrology



The Environdata RG12 Series tipping bucket rain gauge is sturdily constructed from polished stainless steel with a painted base and receiver funnel.

Gauze filters in the receiver and both outlets prevent debris (e.g. leaves, dirt, insects) from entering the working parts of the instrument.

The gauge is also fitted with a syphon to control and maintain a constant flow-rate into the bucket mechanism.

The tipping mechanism is manufactured from stainless steel aluminium and is of very solid construction ensuring that tips are accurate and consistent in volume.

The syphon can easily be taken apart to clean. Algae and dirt will collect in this mechanism, thus making it essential that cleaning becomes an integral part of the maintenance program

Environdata Environmental Monitoring & Management

P.O. Box 395, WARWICK, Queensland, 4370, Australia

Phone: (07) 4661 4699

Int. Phone: + 61 7 4661 4699

e-mail: sales@environdata.com.au

Fax: (07) 4661 2485

Int. Fax: +61 7 4661 2485

<http://www.environdata.com.au>

NB: Data selengkapnya disertakan dalam DVD Tesis AES



Wind Speed Sensor (WS30, WS31 & WS32)

Features

- Non-Contact - Optical detector
- Low friction bearings
- Low starting torque
- Good dynamic characteristics
- Long Operating life

Applications

- Meteorology
- Wind Profiling
- Crop Studies
- Agronomy
- Pollution Control



The WS30 Series Wind Speed Sensor uses a sensitive 3-cup anemometer designed to measure wind speed and wind run in isolated locations with a minimum of attention.

Three conical shaped aluminium cups of optimum proportions turn the main spindle. The spindle is supported by two special low torque, stainless steel, low-friction bearings.

The dynamic characteristics of the unit are exceptionally good because the moment of inertia of the rotating parts is very low. The body is symmetrical and well clear of the three rotating cups which helps to minimise interfering eddies. The above features enhance the sensitivity of the instrument and make it ideally suited to the study of micro-climates.

The output pulses are generated by an optical interrupter arrangement mounted on the lower end of the spindle, which provides an ideal, frictionless, coupling.

The spindle body is undercut to prevent entrance of moisture through the upper "O" ring. A labyrinth significantly reduces entrance of dust or moisture into the upper bearing.

Environdata Environmental Monitoring & Management

P.O. Box 395, WARWICK, Queensland, 4370, Australia

Phone: (07) 4661 4699

Int. Phone: + 61 7 4661 4699

e-mail: sales@environdata.com.au

Fax: (07) 4661 2485

Int. Fax: +61 7 4661 2485

<http://www.environdata.com.au>

NB: Data selengkapnya disertakan dalam DVD Tesis AES

Lampiran 7. Datasheet mikrokontroler Atmega16

Features

- High-performance, Low-power AVR[®] 8-bit Microcontroller
- Advanced RISC Architecture
 - 131 Powerful Instructions – Most Single-clock Cycle Execution
 - 32 x 8 General Purpose Working Registers
 - Fully Static Operation
 - Up to 16 MIPS Throughput at 16 MHz
 - On-chip 2-cycle Multiplier
- High Endurance Non-volatile Memory segments
 - 16K Bytes of In-System Self-programmable Flash program memory
 - 512 Bytes EEPROM
 - 1K Byte Internal SRAM
 - Write/Erase Cycles: 10,000 Flash/100,000 EEPROM
 - Data retention: 20 years at 85°C/100 years at 25°C⁽¹⁾
 - Optional Boot Code Section with Independent Lock Bits
 - In-System Programming by On-chip Boot Program
 - True Read-While-Write Operation
 - Programming Lock for Software Security
- JTAG (IEEE std. 1149.1 Compliant) Interface
 - Boundary-scan Capabilities According to the JTAG Standard
 - Extensive On-chip Debug Support
 - Programming of Flash, EEPROM, Fuses, and Lock Bits through the JTAG Interface
- Peripheral Features
 - One 16-bit Timer/Counter with Separate Prescaler, Compare Mode, and Capture Mode
 - Real Time Counter with Separate Oscillator
 - Four PWM Channels
 - 8-channel, 10-bit ADC
 - 8 Single-ended Channels
 - 7 Differential Channels in TQFP Package Only
 - 2 Differential Channels with Programmable Gain at 1x, 10x, or 200x
 - Byte-oriented Two-wire Serial Interface
 - Programmable Serial USART
 - Master/Slave SPI Serial Interface
 - Programmable Watchdog Timer with Separate On-chip Oscillator
 - On-chip Analog Comparator
- Special Microcontroller Features
 - Power-on Reset and Programmable Brown-out Detection
 - Internal Calibrated RC Oscillator
 - External and Internal Interrupt Sources
 - Six Sleep Modes: Idle, ADC Noise Reduction, Power-save, Power-down, Standby and Extended Standby
- I/O and Packages
 - 32 Programmable I/O Lines
 - 40-pin PDIP, 44-lead TQFP, and 44-pad QFN/MLF
- Operating Voltages
 - 2.7 - 5.5V for ATmega16L
 - 4.5 - 5.5V for ATmega16
- Speed Grades
 - 0 - 8 MHz for ATmega16L
 - 0 - 16 MHz for ATmega16
- Power Consumption @ 1 MHz, 3V, and 25°C for ATmega16L
 - Active: 1.1 mA
 - Idle Mode: 0.35 mA
 - Power-down Mode: < 1 µA



8-bit **AVR[®]**
Microcontroller
with 16K Bytes
In-System
Programmable
Flash
ATmega16
ATmega16L

Note: Not recommended for new designs.

Rev. 2466S-AVR-05/09



NB: Data selengkapnya disertakan dalam DVD Tesis AES



DS1307

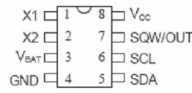
64 x 8 Serial Real-Time Clock

www.maxim-ic.com

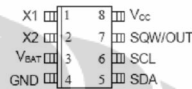
FEATURES

- Real-time clock (RTC) counts seconds, minutes, hours, date of the month, month, day of the week, and year with leap-year compensation valid up to 2100
- 56-byte, battery-backed, nonvolatile (NV) RAM for data storage
- Two-wire serial interface
- Programmable squarewave output signal
- Automatic power-fail detect and switch circuitry
- Consumes less than 500nA in battery backup mode with oscillator running
- Optional industrial temperature range: -40°C to +85°C
- Available in 8-pin DIP or SOIC
- Underwriters Laboratory (UL) recognized

PIN ASSIGNMENT



DS1307 8-Pin DIP (300-mil)



DS1307 8-Pin SOIC (150-mil)

PIN DESCRIPTION

- V_{CC} - Primary Power Supply
- X1, X2 - 32.768kHz Crystal Connection
- V_{BAT} - +3V Battery Input
- GND - Ground
- SDA - Serial Data
- SCL - Serial Clock
- SQW/OUT - Square Wave/Output Driver

ORDERING INFORMATION

DS1307	8-Pin DIP (300-mil)
DS1307Z	8-Pin SOIC (150-mil)
DS1307N	8-Pin DIP (Industrial)
DS1307ZN	8-Pin SOIC (Industrial)

DESCRIPTION

The DS1307 Serial Real-Time Clock is a low-power, full binary-coded decimal (BCD) clock/calendar plus 56 bytes of NV SRAM. Address and data are transferred serially via a 2-wire, bi-directional bus. The clock/calendar provides seconds, minutes, hours, day, date, month, and year information. The end of the month date is automatically adjusted for months with fewer than 31 days, including corrections for leap year. The clock operates in either the 24-hour or 12-hour format with AM/PM indicator. The DS1307 has a built-in power sense circuit that detects power failures and automatically switches to the battery supply.

NB: Data selengkapnya disertakan dalam DVD Tesis AES

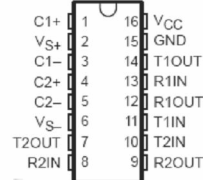
Lampiran 9. Datasheet MAX232

MAX232, MAX232I DUAL EIA-232 DRIVERS/RECEIVERS

SLLS047I – FEBRUARY 1999 – REVISED OCTOBER 2002

- Meet or Exceed TIA/EIA-232-F and ITU Recommendation V.28
- Operate With Single 5-V Power Supply
- Operate Up to 120 kbit/s
- Two Drivers and Two Receivers
- ± 30 -V Input Levels
- Low Supply Current . . . 8 mA Typical
- Designed to be Interchangeable With Maxim MAX232
- ESD Protection Exceeds JESD 22 – 2000-V Human-Body Model (A114-A)
- Applications
 - TIA/EIA-232-F
 - Battery-Powered Systems
 - Terminals
 - Modems
 - Computers

MAX232 . . . D, DW, N, OR NS PACKAGE
MAX232I . . . D, DW, OR N PACKAGE
(TOP VIEW)



description/ordering information

The MAX232 is a dual driver/receiver that includes a capacitive voltage generator to supply EIA-232 voltage levels from a single 5-V supply. Each receiver converts EIA-232 inputs to 5-V TTL/CMOS levels. These receivers have a typical threshold of 1.3 V and a typical hysteresis of 0.5 V, and can accept ± 30 -V inputs. Each driver converts TTL/CMOS input levels into EIA-232 levels. The driver, receiver, and voltage-generator functions are available as cells in the Texas Instruments LinASIC™ library.

ORDERING INFORMATION

T _A	PACKAGE†	ORDERABLE PART NUMBER	TOP-SIDE MARKING
0°C to 70°C	PDIP (N) Tube	MAX232N	MAX232N
	SOIC (D) Tube and reel	MAX232D	MAX232
		MAX232DR	
	SOIC (DW) Tube and reel	MAX232DW	MAX232
		MAX232DWR	
SOP (NS) Tape and reel	MAX232NSR	MAX232	
-40°C to 85°C	PDIP (N) Tube	MAX232IN	MAX232IN
	SOIC (D) Tube and reel	MAX232ID	MAX232I
		MAX232IDR	
	SOIC (DW) Tube and reel	MAX232IDW	MAX232I
		MAX232IDWR	

† Package drawings, standard packing quantities, thermal data, symbolization, and PCB design guidelines are available at www.ti.com/sc/package.



Please be aware that an important notice concerning availability, standard warranty, and use in critical applications of Texas Instruments semiconductor products and disclaimers thereto appears at the end of this data sheet.

LinASIC is a trademark of Texas Instruments.

PRODUCTION DATA information is current as of publication date. Products conform to specifications per the terms of Texas Instruments standard warranty. Production processing does not necessarily include testing of all parameters.

TEXAS INSTRUMENTS

POST OFFICE BOX 655303 • DALLAS, TEXAS 75265

Copyright © 2002, Texas Instruments Incorporated

1

NB: Data selengkapnya disertakan dalam DVD Tesis AES