

**PENGEMBANGAN SISTEM PERALATAN  
PENGAMBIL SAMPEL AIR HUJAN OTOMATIS**

**TESIS**

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

**WAHYU NUGROHO**  
**0906576712**



**UNIVERSITAS INDONESIA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
PROGRAM MAGISTER FISIKA  
DEPOK  
JUNI 2012**

## PERNYATAAN OROSINALITAS

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

Depok, 30 April 2012



**Wahyu Nugroho**  
**0906576712**

## SURAT PERSETUJUAN TUGAS AKHIR

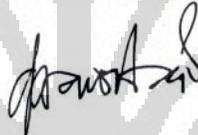
**Nama** : Wahyu Nugroho  
**NPM** : 0906576712  
**Program Studi** : Magister Fisika Instrumentasi  
**Judul Skripsi** : **PENGEMBANGAN SISTEM PERALATAN PENGAMBIL  
SAMPEL AIR HUJAN OTOMATIS**

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

Depok, 30 April 2010

**Menyetujui,**

Pembimbing



**Dr. Prawito**

**NIP. 19600721 198903 1 001**

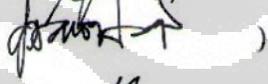
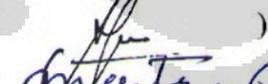
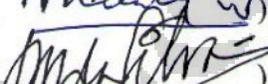
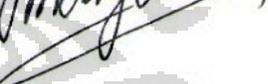
## HALAMAN PENGESAHAN

Tesis ini diajukan oleh

Nama : Wahyu Nugroho  
NPM : 0906576712  
Program Studi : Magister Fisika Instrumentasi  
Judul Skripsi : **PENGEMBANGAN SISTEM PERALATAN  
PENGAMBIL SAMPEL AIR HUJAN OTOMATIS**

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. Sastra Kusuma Wijaya** (  )  
Pembimbing : **Dr. Prawito** (  )  
Penguji : **Dr. Sastra Kusuma Wijaya** (  )  
Penguji : **Dr. Masturyono, M.Sc** (  )  
Penguji : **Prof. Dr. BEF Da Silva** (  )

Ditetapkan di : Depok  
Tanggal : 18 Juni 2012

## KATA PENGANTAR

Segala puji bagi ALLAH SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya sehingga tugas akhir magister ini dapat terselesaikan dengan baik. Shalawat dan salam juga dihaturkan untuk Rasulullah Muhammad SAW beserta keluarga dan seluruh pengikutnya hingga akhir jaman. Penulisan tesis ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Magister Fisika Instrumentasi pada Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Indonesia. Saya meyakini bahwa tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai penyusunan tesis ini, sangatlah sulit bagi saya untuk menyelesaikan tesis ini. Oleh karena itu, saya mengucapkan terima kasih kepada:

- (1) Kedua orang tua tercinta beserta kakak-kakak yang selalu memberikan doa dan motivasi.
- (2) Dr. Yunus Daud, sebagai Ketua Program Studi Magister Fisika FMIPA UI.
- (3) Dr. Prawito, selaku dosen pembimbing yang selalu memberikan arahan dan bantuan.
- (4) Dr. Masturyono, M.Sc yang meluangkan waktunya sebagai penguji *external* dan juga saran-saran dan masukannya.
- (5) Zulaika Pebriana, S.Sos yang selalu memberikan doa dan motivasi sampai terselesaikannya penelitian ini.
- (6) Rekan-rekan petugas kalibrasi yang telah banyak membantu dalam proses pengujian Pengembangan Sistem Peralatan Pengambil Sampel Air Hujan Otomatis di Laboratorium Kalibrasi PUSINKAL BMKG.
- (7) Seluruh rekan-rekan di Bidang Instrumentasi, Rekayasa dan Kalibrasi Peralatan Klimatologi dan Kualitas Udara, BMKG.
- (8) Seluruh rekan-rekan sepejuangan di program Magister Fisika Instrumentasi FMIPA UI angkatan tahun 2009.
- (9) Seluruh pihak lain yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu namun memiliki peran yang cukup besar dalam penyelesaian tesis 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, amin.

Jakarta, Juni 2012

Wahyu Nugroho



## LEMBAR PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH

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

Nama : **Wahyu Nugroho**  
NPM : 0906576712  
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 Royalti-Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul : “ Pengembangan Sistem Peralatan Pengambil Sampel Air Hujan Otomatis “ beserta perangkat yang ada (bila diperlukan). Dengan hak bebas royalti Non-Eksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelolanya dalam bentuk pangkalan data (database), mendistribusikannya, dan menampilkan/mempublikasikannya di internet datau media lain untuk kepentingan akademis tanpa perlu meminta ijin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta dalam karya ilmiah ini menjadi tanggung jawab saya pribadi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Jakarta  
Pada tanggal : 30 April 2012

Yang menyatakan,



**Wahyu Nugroho**

## ABSTRAK

Nama : **Wahyu Nugroho**  
Program Studi : Magister Fisika Instrumentasi  
Judul Tesis : Pengembangan Sistem Peralatan Pengambil Sampel air hujan Otomatis

Telah berhasil dibuat suatu alat yang dapat digunakan untuk mengukur curah hujan dan secara sinergi juga mengukur tingkat keasaman air hujan serta menyimpan data pengukuran parameter tersebut di data logger dan mengirimnya secara periodik ke komputer dan nomor telpon genggam yang sudah ditentukan menggunakan media komunikasi kabel data dan modem GSM. Pengukuran curah hujan menggunakan sensor penakar hujan tipe *tipping bucket* dengan resolusi 0,2 mm per *tipping*. Pengukuran tingkat keasaman air hujan menggunakan pH *electrode probe* dengan resolusi sensor 0,02 pH unit. Untuk akuisisi data digunakan perangkat berbasis mikrokontroler ATmega 128. Penelitian sistem pengukuran yang terintegrasi ini oleh penulis diberi judul “Pengembangan Sistem Peralatan Pengambil Sampel air hujan Otomatis”.

Diharapkan dengan menggunakan alat ini, maka pengukuran curah hujan dan pemantauan tingkat keasaman air hujan di BMKG akan jauh lebih cepat, mudah dan akurat.

Kata kunci : Curah hujan, Sampel air hujan, pH *electrode probe*, BMKG, keasaman air hujan, *tipping bucket*.

## ABSTRACT

Name : **Wahyu Nugroho**  
Study Program : Master Degree of Physics Instrumentation  
Title : Automatic Rain Water Sampler System Development

Have successfully created a tool that can be used to measure rainfall and in synergy also measured the acidity of rain water and storing the measurement data of these parameters into data logger and periodically sending it to the computer and mobile telephone numbers that have been determined using the data cables and modem GSM. Rainfall measurements using tipping bucket type of rain sensor with a resolution of 0.2 mm per tipping. Measurement of the acidity of rain water using a pH electrode probe with a sensor resolution of 0.02 pH units. Used for data acquisition ATmega 128 microcontroller-based device. Integrated measurement system research by the author entitled "Automatic rain water samples system development".

Expected by using this tool, then the rainfall measurement and monitoring of the acidity of rain water in BMKG would be much faster, easier and accurate.

Keywords: rainfall, rain water samples, pH electrode probe, BMKG, acidity of rain water, tipping bucket.

## 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	x
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
<b>1. PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Batasan Penelitian	3
<b>2. TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1 Pengamatan Parameter Meteorologi, Klimatologi dan Kualitas Udara	5
2.1.1 Hujan	5
2.1.2 Hujan Asam	6
2.1.3 Deposisi Asam	9
2.1.4 Alat Ukur Curah Hujan dan Tingkat Keasaman Air Hujan	9
2.1.5 Pengambilan Sampel Air Hujan	12
2.1.6 Periode Sampling	13
2.2 Perkembangan Peralatan Pengambil Sampel Air Hujan	14
<b>3. METODE PENELITIAN</b>	
3.1 Konsep Dasar Pengembangan Sistem Peralatan Pengambil Sampel Air Hujan Otomatis	22
3.1.1 Sensor dan Transducer yang Digunakan	24
3.1.2 Sistem Elektromekanik	25
3.1.3 Sistem Akuisisi Data	27
3.1.4 Alur Program Akuisisi	31
3.2 Pengukuran Parameter di Mikrokontroler	34
3.2.1 Pengukuran Curah Hujan	34
3.2.2 Pengukuran pH Air Hujan	35
3.2.3 Pengambilan Sampel Hujan	38
3.2.4 Penyimpanan Data Pengukuran Hujan	40
3.2.5 Penyimpanan Data Pengukuran pH Hujan	42
3.2.6 Tampilan Data Pengukuran di LCD 16x2	42
3.3 Komunikasi Data ke Komputer	43

3.4 Komunikasi Data SMS	48
<b>4. PEMBAHASAN</b>	
4.1 Data Pengukuran Curah Hujan dengan <i>Tipping Bucket</i>	51
4.2 Data Pengukuran pH Air Hujan dengan Sensor <i>PH-BTA Vernier</i>	53
4.3 Pengiriman Data Melalui SMS	56
<b>5. KESIMPULAN DAN SARAN</b>	
5.1 Kesimpulan	57
5.2 Saran	58
<b>DAFTAR REFERENSI</b>	59

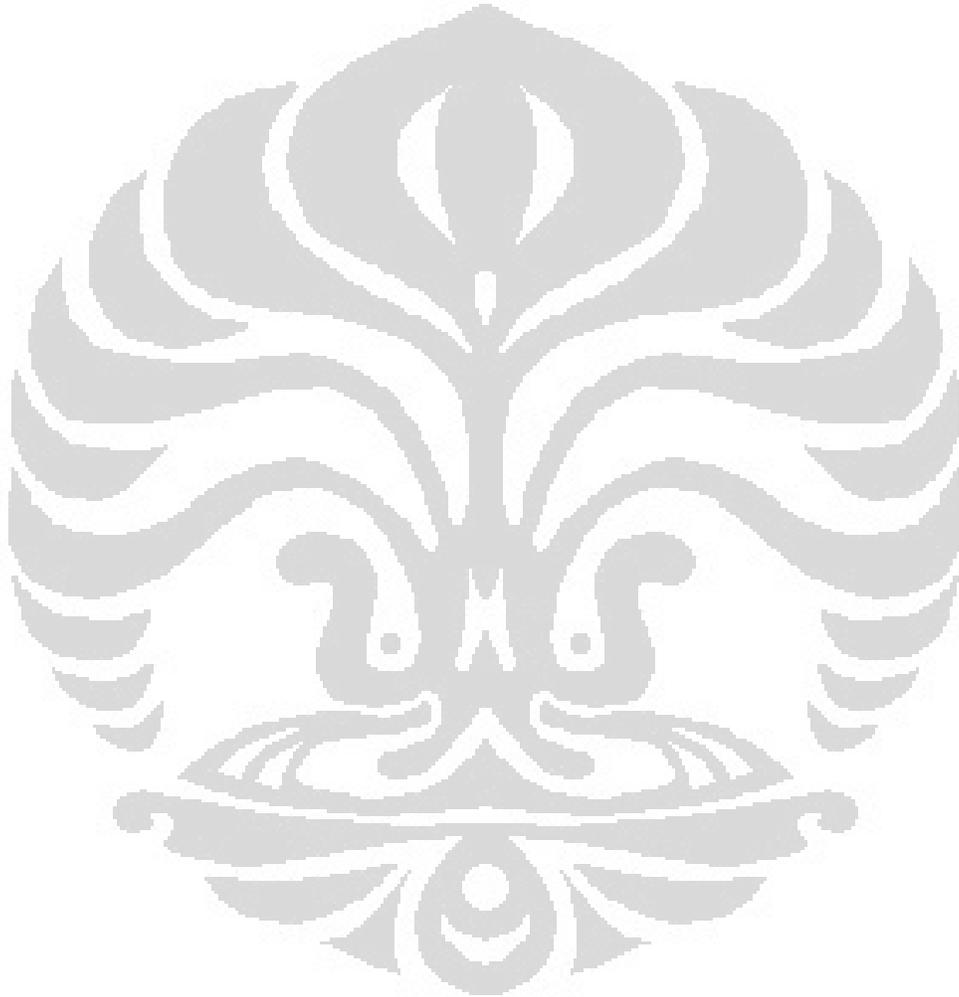


## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. a. Penakar hujan tipe Obs	9
Gambar 2.1. b. Penakar hujan tipe <i>Hellman</i>	9
Gambar 2.1. c. Penakar hujan tipe <i>Tipping Bucket</i>	9
Gambar 2.2. a. pH meter	10
Gambar 2.2. b. Kertas lakmus	10
Gambar 2.3. <i>Acid Precipitation Sampler</i>	10
Gambar 2.4. <i>Automatic Rain Water Sampler</i> tahun 2010 tipe pertama	15
Gambar 2.5. <i>Automatic Rain Water Sampler</i> tahun 2010 tipe kedua di taman alat Satsiun Klimatologi Semarang	16
Gambar 2.6. Desain alat <i>Computer-Controlled Automated Rain Sampler (CCARS)</i> <i>for Rainfall Measurement and Sequential Sampling</i>	18
Gambar 2.7. Diagram dan foto alat <i>An Automatic Sequential Rain Sampler</i>	19
Gambar 3.1. Bagan dan sistematika Pengembangan Sistem Peralatan Pengambil Sampel Air Hujan Otomatis	21
Gambar 3.2. Rancangan Pengembangan Sistem Peralatan Pengambil Sampel Air Hujan Otomatis	23
Gambar 3.3. Sensor curah hujan dan sensor pH	25
Gambar 3.4. Konfigurasi pin mikrokontroler AtMega128	27
Gambar 3.5. <i>Schematic Diagram</i> data logger Pengembangan Sistem Peralatan Pengambil Sampel Air Hujan Otomatis	30
Gambar 3.6. Rancangan Tata Letak Komponen Pengembangan Sistem Peralatan Pengambil Sampel Air Hujan Otomatis	31
Gambar 3.7. Diagram alir dari program akuisisi di mikrokontroler	32
Gambar 3.8. Skematik rangkaian penggerak motor DC	40
Gambar 3.9. Contoh Tampilan di <i>front panel labview</i> versi 8.5	44
Gambar 3.10. Contoh Tampilan di <i>block diagram labview</i> versi 8.5	45
Gambar 3.11. Desain tampilan Pengembangan Sistem Peralatan Pengambil Sampel Air Hujan Otomatis di PC	46
Gambar 3.12. Bagian <i>display measurement</i>	47
Gambar 3.13. Bagian baca data dari <i>SD Card</i>	47
Gambar 3.14. Modem GSM <i>Wavecom Fastrack Supreme</i>	48
Gambar 4.1. Pengujian akuisisi data penakar hujan di lab.KALIBRASI BMKG	51
Gambar 4.2. pH <i>buffer</i> 4, 7 dan pH <i>buffer</i> 10 dari <i>Thermo Scientific</i> pH <i>buffer</i> 4, 7 dan pH <i>buffer</i> 10 dari <i>Thermo Scientific</i>	53
Gambar 4.3. Grafik pengujian nilai tegangan keluaran sensor terhadap nilai pH <i>buffer</i>	55
Gambar 4.4. Pengiriman data pengukuran melalui SMS	56

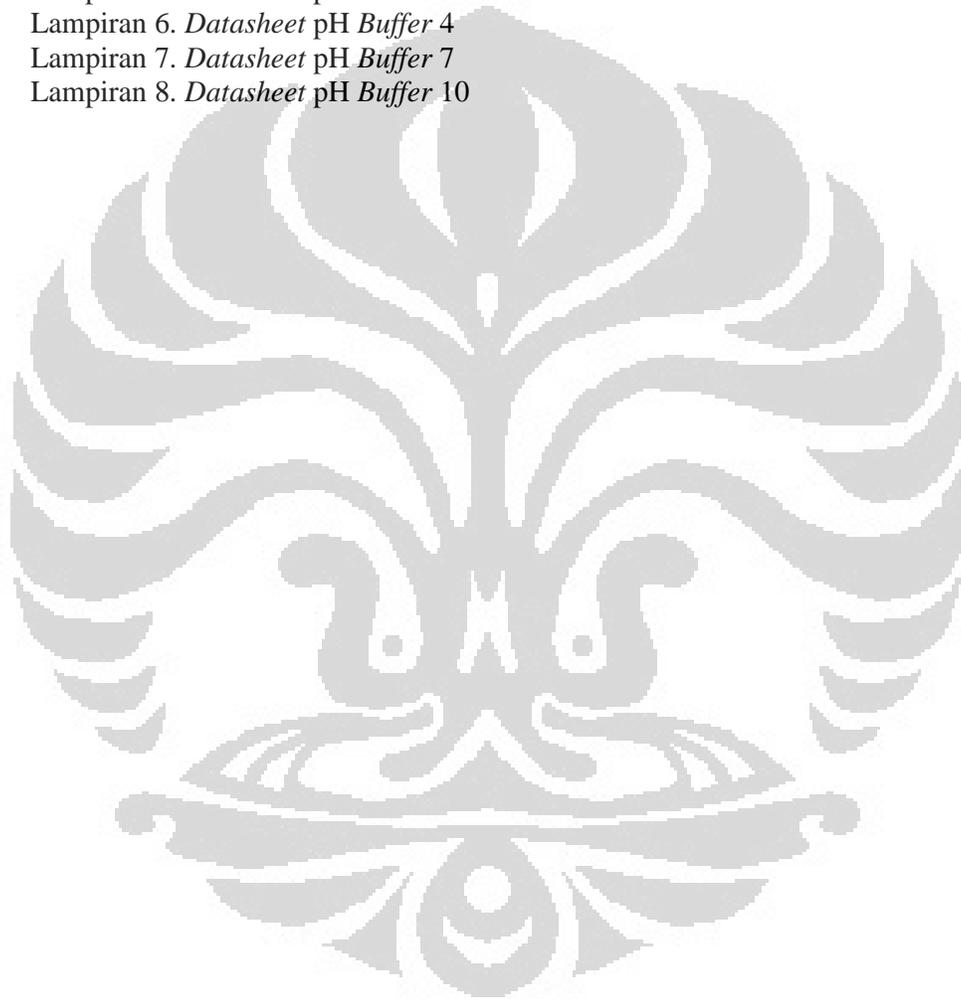
## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Rekomendasi tingkat akurasi peralatan klimatologi/hidrologi	11
Tabel 4.1. Data Hasil Pengujian Penakar Hujan Tipping Bucket	52
Tabel 4.2. Data hasil pengujian keluaran tegangan sensor pH terhadap pH <i>buffer</i>	54
Tabel 4.3. Data pengujian keluaran nilai sensor pH terhadap pH <i>buffer</i>	55



## DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1. *Datasheet Microcontroller ATmega-128*
- Lampiran 2. *Datasheet Real Time Clock*
- Lampiran 3. *Datasheet Motor DC*
- Lampiran 4. *Datasheet Tipping Bucket*
- Lampiran 5. *Datasheet pH Sensor*
- Lampiran 6. *Datasheet pH Buffer 4*
- Lampiran 7. *Datasheet pH Buffer 7*
- Lampiran 8. *Datasheet pH Buffer 10*



# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) telah melakukan pengukuran curah hujan dan pemantauan tingkat keasaman air hujan sejak puluhan tahun yang lalu. Pengukuran curah hujan dilakukan di seluruh Indonesia lebih dari 100 titik, Namun pengukuran curah hujan masih banyak dilakukan secara konvensional menggunakan penakar hujan *observatorium* (obs) dan penakar hujan tipe *Hellman*. Sedangkan pemantauan tingkat keasaman air hujan dilakukan di 34 (tiga puluh empat) stasiun di Indonesia. Pengambilan sampel air hujan menggunakan metode *wet deposition* dan *wet and dry deposition* menggunakan *Acid Precipitation Sampler*. Umumnya pengambilan sampel air hujan di stasiun-stasiun pengamatan BMKG menggunakan metode *Wet and Dry Deposition* dengan bantuan peralatan *Acid Precipitation Sampler* (APS) atau lebih dikenal dengan nama *Automatic Rain Sampler* (ARS) oleh pegawai BMKG, terlihat seperti pada Gambar 2.3. di bab 2.

Namun pada kenyataannya peralatan ini banyak yang mengalami kerusakan sehingga pengambilan sampel air hujan di stasiun-stasiun pengamatan BMKG kembali dilakukan dengan cara konvensional/manual menggunakan penampung tanpa penutup. Hal ini dapat mempengaruhi hasil analisa sampel air hujan karena sudah tidak sesuai dengan metode pengambilan sampel air hujan secara *wet and dry deposition*. Pemeliharaan peralatan yang rusak terkendala oleh sulitnya memperoleh suku cadang dan juga tingginya harga suku cadang sehingga operasional peralatan tidak berjalan optimal.

Berdasarkan pelaksanaan pengambilan sampel air hujan yang sudah berlangsung sekian lama, masih terdapat kekurangan pelaksanaan prosedur yang terjadi. Sesuai dengan aturan WMO nomor 8 tentang pengukuran komposisi atmosfer khususnya deposisi basah, perlu dilakukan pengukuran pH dan

konduktivitas sampel air hujan di lokasi untuk memenuhi standar *quality control programe*<sup>[1]</sup>, namun hal tersebut belum dilakukan.

Dengan ketersediaan suku cadang yang cukup sulit dan harganya yang cukup mahal, maka pemeliharaan peralatan tidak dapat berjalan dengan baik sehingga operasional peralatan tidak akan optimal, dan banyaknya stasiun pemantau yang tersebar luas menyebabkan pengolahan data yang memakan waktu cukup lama di BMKG pusat terkait dengan pengiriman data hujan dan sampel air hujan dari berbagai daerah di Indonesia.

## 1.2. Perumusan Masalah

Penelitian ini ditekankan pada pengembangan sistem peralatan pengukuran curah hujan dan pemantauan tingkat keasaman air hujan otomatis. Parameter yang diukur adalah curah hujan dan tingkat keasaman air hujan 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 dan juga dapat dikirim ke nomor telepon genggam yang sudah ditentukan atau pengguna akhir melalui SMS menggunakan modem GSM.

## 1.3. Maksud dan Tujuan Penelitian

Penelitian ini ditujukan untuk memperkuat pengamatan klimatologi dan kualitas udara di Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG), terutama untuk stasiun-stasiun BMKG yang masih melakukan pengamatan curah hujan dan tingkat keasaman air hujan secara manual dan atau untuk menambahkan data pengamatan pada stasiun hujan kerjasama yang dimiliki oleh BMKG. Selain itu, penelitian ini juga ditujukan untuk mempercepat proses pengumpulan data curah hujan serta tingkat keasaman air hujan yang selama ini dirasa cukup lama prosesnya serta melengkapi prosedur pengukuran komposisi atmosfer khususnya deposisi basah dengan melakukan pengukuran tingkat keasaman air hujan *on site* sesuai dengan *quality control programe WMO*<sup>[1]</sup>, dan juga dapat 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.

Hasil penelitian ini diharapkan dapat meningkatkan kinerja pengumpulan data pengamatan curah hujan dan tingkat keasaman air hujan. Sehingga tidak perlu waktu yang lama untuk memperoleh data hasil pengamatan curah hujan dan tingkat keasaman air hujan dari seluruh lokasi pengamatan di Indonesia.

#### 1.4. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian Pengembangan Sistem Peralatan Pengambil Sampel Air Hujan Otomatis ini sangat besar untuk Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) diantaranya:

- Mempercepat proses pengumpulan data pengamatan sehingga data hasil pengamatan dapat digunakan lebih cepat oleh pengguna yang membutuhkan.
- Melengkapi prosedur pengukuran komposisi atmosfer khususnya deposisi basah dengan melakukan pengukuran tingkat keasaman air hujan pada sampel air hujan *on site* sesuai standar *quality control programe* WMO<sup>[1]</sup>.
- 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 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 pengukuran curah hujan dan pengukuran tingkat keasaman air hujan otomatis dengan komponen-komponen yang telah dijual bebas di dalam negeri. Sistem pengamatan, metode dan waktu juga disesuaikan dengan pengamatan klimatologi dan kualitas udara.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

Sejak tahun 1976 Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG) telah melakukan pemantauan terhadap beberapa parameter kualitas udara yang berdampak negatif terhadap keselamatan dan kesehatan masyarakat. Pendirian jaringan pemantauan kualitas udara di Indonesia berkaitan erat dengan program-program Badan Meteorologi Se Dunia (WMO) antara lain Program *Global Ozone Observing System* (GO3OS) di tahun 1950-an, Program *Background Air Pollution Monitoring Network* (BAPMoN) di tahun 1960-an, Program *Global Atmosphere Watch* (GAW) tahun 1989 dan Program GAW (GURME) tahun 1999. Sampai saat ini stasiun pemantau terdiri atas 26 *Urban Research Meteorological and Environment* stasiun pemantau kimia air hujan (KAH) serta 37 stasiun pemantau konsentrasi debu (SPM).

Sampai saat ini BMKG memiliki 43 jaringan stasiun pemantau kualitas udara. Dari 43 Stasiun/ Unit Kerja Pemantau Kualitas Udara, melakukan pengamatan parameter kualitas udara sebagai berikut: Sebanyak 41 Stasiun melakukan pengamatan SPM (Suspended Particle Matter), dan 29 stasiun diantaranya selain SPM juga melakukan pengamatan komposisi kimia atmosfer/tingkat keasaman/kimia air hujan.

Tujuan utama dari penelitian ini terdapat pada sistem pengamatan curah hujan dan tingkat keasaman air hujan secara otomatis, aturan-aturan atau ketentuan-ketentuan baku secara khusus tentang pengukuran tingkat keasaman air hujan secara otomatis memang belum tersedia. Berdasarkan hal tersebut maka sistematika pengukuran disesuaikan dengan sistematika pengamatan klimatologi dan tingkat keasaman air hujan secara umum di BMKG dan peraturan menurut WMO. Sistem pengamatan curah hujan dan tingkat keasaman air hujan yang telah bersinergi ini, selanjutnya diberi judul “Pengembangan Sistem Peralatan Pengambil Sampel Air Hujan Otomatis”.

## 2.1. Pengamatan Parameter Meteorologi, Klimatologi dan Kualitas Udara

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 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 kualitas udara seperti: komposisi air hujan pH, komposisi aerosol pH, daya hantar listrik, SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, solar radiasi, dll.
- e. Parameter-parameter cuaca/iklim lainnya berdasarkan keperluan khusus.

### 2.1.1. Hujan

Hujan adalah sebuah presipitasi berwujud cairan yang memerlukan keberadaan lapisan atmosfer tebal agar dapat menemui suhu di atas titik leleh es di dekat dan di atas permukaan Bumi. Di Bumi, hujan adalah proses kondensasi uap air di atmosfer menjadi butir air yang cukup berat untuk jatuh dan biasanya tiba di daratan.

Presipitasi merupakan salah satu komponen utama dalam siklus air, dan merupakan sumber utama air tawar di planet ini. Diperkirakan sekitar 505,000 km<sup>3</sup> air jatuh sebagai presipitasi setiap tahunnya, 398,000 km<sup>3</sup> diantaranya jatuh di lautan. Bila didasarkan pada luasan permukaan bumi, presipitasi tahunan global adalah sekitar 1 m, dan presipitasi tahunan rata-rata di atas lautan sekitar 1.1 m<sup>[16]</sup>.

Presipitasi perlu diukur untuk mendapatkan data curah hujan yang sangat berguna bagi perencanaan hidrologis, perencanaan musim tanam sektor pertanian, sistem peringatan dini bencana banjir, pemantauan kadar polusi udara, dan masih banyak lagi manfaat dari pengukuran data curah hujan.

### 2.1.2. Hujan Asam

Selain perlunya pengukuran curah hujan, tingkat keasaman air hujan juga sangat penting untuk diketahui karena memiliki dampak yang sangat penting bagi kehidupan di Bumi. Hujan merupakan proses alamiah yang bermanfaat dalam proses pembersihan udara dari zat-zat pencemar seperti SO<sub>x</sub> dan NO<sub>x</sub>. Hal tersebut menimbulkan anggapan bahwa hujan akan mencuci polutan di udara sehingga udara menjadi bersih, namun disisi lain hujan yang membawa polutan akan mengalami peningkatan pH air hujan. Sehingga kejadian hujan mampu dijadikan salah satu indikator pencemaran udara. Hujan asam adalah bentuk hujan yang mengandung polutan SO<sub>x</sub> (SO<sub>2</sub>, SO<sub>3</sub>) dan NO<sub>x</sub> (NO<sub>2</sub>) dimana polutan ini larut dalam awan dan butir-butir air hujan sehingga membentuk asam sulfat dan asam nitrat dalam air hujan dan menjadikan pH air hujan lebih kecil dari 5,6<sup>[12]</sup>.

Hujan secara alami bersifat asam karena Karbon Dioksida (CO<sub>2</sub>) di udara yang larut dengan air hujan memiliki bentuk sebagai asam lemah. Jenis asam dalam hujan ini sangat bermanfaat karena membantu melarutkan mineral dalam tanah yang dibutuhkan oleh tumbuhan dan binatang.

Air hujan pada dasarnya adalah air murni ketika belum dipengaruhi oleh zat-zat lain dengan pH normal sekitar 7, namun dengan adanya kandungan CO<sub>2</sub> secara global maka air hujan akan memiliki keasaman (pH) 5,6. Air hujan dengan pH 5,0-5,6 merupakan air hujan yang sudah dipengaruhi adanya perilaku antropogenik ataupun senyawa sulfur yang berasal dari letusan gunung api. Ketika air hujan memiliki pH < 5 maka air hujan tersebut termasuk kedalam kelompok hujan asam karena pengaruh penggunaan bahan bakar fosil yang berlebihan sedangkan air hujan dengan pH > 5,6 merupakan hujan yang tidak dipengaruhi oleh *antropogenik* jika telah dipengaruhi oleh manusia tetapi memiliki kapasitas buffer yang tinggi sehingga penurunan pH air hujan tidak terjadi (Siendfield, Pandis 2006).

Hujan pada dasarnya memiliki tingkat keasaman berkisar pH 5, apabila hujan terkontaminasi dengan karbon dioksida dan gas klorine yang bereaksi serta

bercampur di atmosphere sehingga tingkat keasaman lebih rendah dari pH 5, disebut dengan hujan asam.

Secara alami hujan asam dapat terjadi akibat semburan dari gunung berapi dan dari proses biologis di tanah, rawa, dan laut. Akan tetapi, mayoritas hujan asam disebabkan oleh aktivitas manusia seperti industri, pembangkit tenaga listrik, kendaraan bermotor dan pabrik pengolahan pertanian (terutama amonia). Gas-gas yang dihasilkan oleh proses ini dapat terbawa angin hingga ratusan kilometer di atmosfer sebelum berubah menjadi asam dan terdeposit ke tanah.

Terjadinya hujan asam harus diwaspadai karena dampak yang ditimbulkan bersifat global dan dapat mengganggu keseimbangan ekosistem. Hujan asam memiliki dampak tidak hanya pada lingkungan biotik, namun juga pada lingkungan abiotik, antara lain <sup>[17]</sup>:

- a. Danau : kelebihan zat asam pada danau akan mengakibatkan sedikitnya species yang bertahan. Jenis Plankton dan invertebrate merupakan makhluk yang paling pertama mati akibat pengaruh pengasaman. Tidak semua danau yang terkena hujan asam akan menjadi pengasaman, dimana telah ditemukan jenis batuan dan tanah yang dapat membantu menetralkan keasaman.
- b. Tanah : pada tanah, deposisi asam akan menghilangkan nutrisi yang dibutuhkan dari tanah. Deposisi asam juga dapat membebaskan senyawa-senyawa beracun ditanah seperti almunium dan mercury, yang secara alamiah berada di tanah. Senyawa beracun tersebut dapat mengkontaminasi aliran air sungai dan air tanah sehingga meracuni tumbuh-tumbuhan disekitarnya. Akan tetapi sebagian besar tanah termasuk jenis alkali dan dapat menetralsir asam secara tidak langsung, tapi jenis tanah yang bukan alkali seperti di pegunungan yang banyak terkandung dari granit, maka tanah hanya dapat bertahan sebentar saja dari asam.
- c. Tumbuhan dan hewan : hujan asam yang larut bersama nutrisi didalam tanah akan menyapu kandungan tersebut sebelum pohon-pohon dapat menggunakannya untuk tumbuh. Serta akan melepaskan zat kimia beracun

seperti aluminium, yang akan bercampur didalam nutrisi. Sehingga apabila nutrisi ini dimakan oleh tumbuhan akan menghambat pertumbuhan dan mempercepat daun berguguran, selebihnya pohon-pohon akan terserang penyakit, kekeringan dan mati. Sebagaimana tumbuhan, hewan juga memiliki ambang toleransi terhadap hujan asam. Spesies hewan tanah yang mikroskopis akan langsung mati saat pH tanah meningkat karena sifat hewan mikroskopis adalah sangat spesifik dan rentan terhadap perubahan lingkungan yang ekstrim. Spesies hewan yang lain juga akan terancam karena jumlah produsen (tumbuhan) semakin sedikit. Berbagai penyakit juga akan terjadi pada hewan karena kulitnya terkena air dengan keasaman tinggi. Hal ini jelas akan menyebabkan kepunahan spesies.

- d. Kesehatan manusia : dampak deposisi asam terhadap kesehatan telah banyak diteliti, namun belum ada yang nyata berhubungan langsung dengan pencemaran udara khususnya oleh senyawa Nox dan SO<sub>2</sub>. Kesulitan yang dihadapi dikarenakan banyaknya faktor yang mempengaruhi kesehatan seseorang, termasuk faktor kepekaan seseorang terhadap pencemaran yang terjadi. Berdasarkan hasil penelitian, sulphur dioxide yang dihasilkan oleh hujan asam juga dapat bereaksi secara kimia didalam udara, dengan terbentuknya partikel halus sulphate, yang mana partikel halus ini akan mengikat dalam paru-paru yang akan menyebabkan penyakit pernapasan. Selain itu juga dapat mempertinggi resiko terkena kanker kulit karena senyawa sulfat dan nitrat mengalami kontak langsung dengan kulit.
- e. Korosi : hujan asam juga dapat mempercepat proses pengkaratan dari beberapa material seperti batu kapur, pasirbesi, marmer, batu pada dinding beton serta logam. Ancaman serius juga dapat terjadi pada bangunan tua serta monument termasuk candi dan patung.
- f. Bangunan : deposisi asam baik basah maupun kering dapat merusak bangunan, patung, kendaraan bermotor dan benda yang terbuat dari batu, logam atau material lain bila diletakkan di area terbuka untuk waktu yang

lama. Kerusakan akibat korosi ini terbilang mahal apalagi bila terjadi pada kota-kota bersejarah.

- g. Pertanian : sebagian besar pertanian tidak terkena dampak yang signifikan dari deposisi asam. Bagian tanah pada lahan pertanian bahkan mampu untuk menyerap dan menetralkan asam. Akan tetapi lahan pertanian pada dataran tinggi dan pegunungan dapat terkena dampak deposisi asam. Lapisan tanah yang tipis kurang mampu menetralkan asam.

### 2.1.3. Deposisi Asam

Deposisi asam ada dua jenis, yaitu deposisi kering dan deposisi basah. Deposisi kering ialah peristiwa terkenanya benda dan makhluk hidup oleh asam yang ada dalam udara. Ini dapat terjadi pada daerah perkotaan karena pencemaran udara akibat kendaraan maupun asap pabrik. Selain itu deposisi kering juga dapat terjadi di daerah perbukitan yang terkena angin yang membawa udara yang mengandung asam. Biasanya deposisi jenis ini terjadi dekat dari sumber pencemaran.

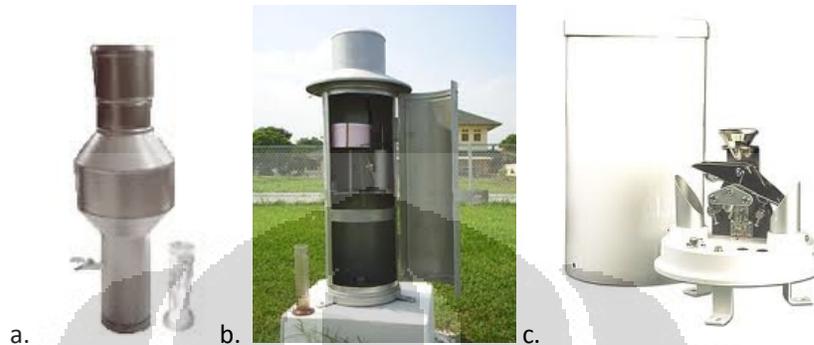
Deposisi basah ialah turunnya asam dalam bentuk hujan. Hal ini terjadi apabila asap di dalam udara larut di dalam butir-butir air di awan. Jika turun hujan dari awan tadi, maka air hujan yang turun bersifat asam. Deposisi asam dapat pula terjadi karena hujan turun melalui udara yang mengandung asam sehingga asam itu terlarut ke dalam air hujan dan turun ke bumi. Asam itu tercuci atau wash out. Deposisi jenis ini dapat terjadi sangat jauh dari sumber pencemaran.

Berdasarkan jenis deposisi asam tersebut, maka metode pengukuran dan alat yang digunakan jelas akan berbeda antara satu dan yang lainnya. Pada penelitian ini, pengukuran dibatasi pada pengukuran *wet deposition* atau deposisi basah. Sehingga untuk selanjutnya pembahasan tentang pengukuran tingkat keasaman air hujan pada penelitian ini adalah berdasarkan deposisi basah (*wet deposition*).

### 2.1.4. Alat Ukur Curah Hujan dan Tingkat Keasaman Air Hujan

Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) telah melakukan pengukuran curah hujan dan tingkat keasaman air hujan sejak puluhan tahun yang

lalu. Pengukuran curah hujan dilakukan secara konvensional, semi otomatis maupun otomatis. Alat ukur yang digunakan sampai saat ini oleh BMKG dapat dilihat pada Gambar 2.1, dibawah ini.

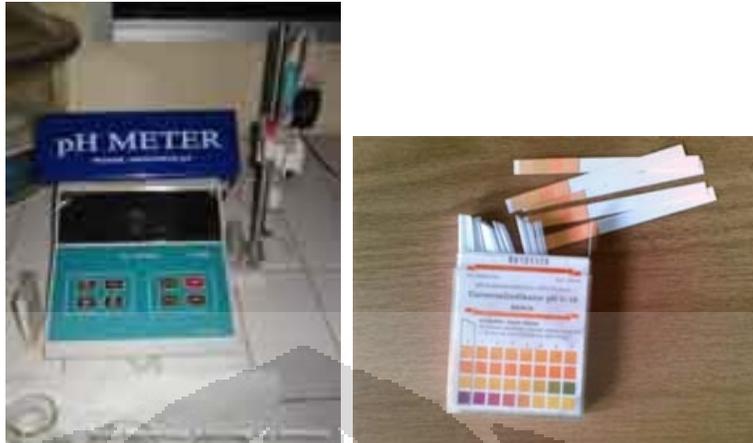


Gambar 2.1. a. Penakar hujan tipe Obs, b. Penakar hujan tipe *Hellman*, c. Penakar hujan tipe *Tipping Bucket*.

Pada Gambar 2.1, dapat dilihat bentuk fisik dari macam alat ukur curah hujan, antara lain :

- a. Penakar hujan tipe *obs* atau *observatorium*, air hujan diukur dengan mengukur air hujan yang ditampung pada alat menggunakan gelas ukur.
- b. Penakar hujan tipe *hellman*, air hujan diukur menggunakan sistem mekanik otomatis, air hujan yang ditampung akan mendorong pelampung yang terhubung dengan pena. Pena tersebut akan menggores kertas pias yang dipasang pada tabung jam berputar.
- c. Penakar hujan tipe *tipping bucket*, air hujan yang ditampung akan menggerakkan jungkat-jungkit yang terhubung dengan magnet. Magnet ini akan mengaktifkan sensor pembangkit pulsa berupa *reed switch*. Pulsa akan diolah oleh data *logger* yang kemudian disimpan.

Untuk pengukuran tingkat keasaman air hujan digunakan pH meter digital dan juga bisa menggunakan kertas lakmus seperti terlihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2. a. pH meter, b. Kertas lakmus

Tingkat keasaman air hujan didapat dari pengukuran pH air hujan pada sampel yang dikirim dari stasiun-stasiun BMKG yang terdapat pengamatan klimatologi dan kualitas udara di Indonesia satu minggu sekali. Di BMKG, Sampel air hujan diperoleh menggunakan alat *Acid Precipitation Sampler* dengan metode *wet and dry deposition* atau deposisi kering dan basah seperti terlihat pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3 *Acid Precipitation Sampler*

Sedangkan pada penelitian ini akan dirancang alat sampling air hujan otomatis dengan metode *wet deposition* yang secara sinergi juga mengukur pH air hujan. Alat ukur yang akan digunakan sebaiknya memenuhi rekomendasi yang diberikan oleh badan meteorologi dunia WMO<sup>[3]</sup>. Adapun rekomendasi peralatan yang digunakan bias dilihat pada table 2.1

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 pH memiliki akurasi 0.05-0.1 unit pH<sup>[3]</sup>. Berdasarkan hal tersebut, maka rancangan untuk Pengembangan Sistem Peralatan Pengambil Sampel Air Hujan Otomatis harus dapat memenuhi persyaratan yang telah ditetapkan oleh WMO dan BMKG.

#### 2.1.5. Pengambilan Sampel Air Hujan

Pengambilan sampel air hujan adalah suatu proses yang tersusun secara sistematis agar sampel air hujan tidak mengalami perubahan pH (terkontaminasi). Sampel air hujan memiliki karakteristik ion yang rendah dan sangat mudah

terkontaminasi. Sehingga tujuan dari sampling ini adalah mengumpulkan sampel yang mewakili keseluruhan kondisi air hujan awal untuk analisis kimia dengan cara yang dapat mempertahankan kondisi kimia yang terkandung dalam air hujan tersebut. Dalam *Manual for The GAW Precipitation Chemistry Program* (Allan 2004), proses pengambilan sampel air hujan dapat menggunakan alat *sampling* khusus untuk deposisi basah dan kering. Pada penelitian ini alat yang akan dibuat hanya untuk deposisi basah saja. Adapun alat tersebut harus memenuhi beberapa syarat baik desain maupun cara kerja alat tersebut<sup>[15]</sup>. Adapun syaratnya, yaitu :

- Alat *sampling* mampu melakukan *sampling* deposisi basah secara otomatis.
- Sampel yang telah tertampung harus terlindung dari kontaminasi selama tidak terjadi hujan. Perlu adanya suatu penutupan alat *sampling* secara otomatis dengan *precipitation sensor* yang akan mengurangi proses evaporasi pada sampel.
- Sensor hujan harus mampu mengontrol membuka dan menutupnya alat ketika terjadi hujan.
- Semua bahan alat *sampling* yang berhubungan langsung dengan sampel harus tidak bereaksi secara kimia dengan sampel agar diperoleh hasil yang sebenarnya.
- Ketinggian alat harus berada pada kisaran 1-1.5 meter diatas permukaan tanah.

#### **2.1.6. Periode Sampling**

Menurut MWO dalam *Manual for The GAW Precipitation Chemistry Program* (Allan 2004), pengambilan sampel dilakukan selama 24 jam sekali diambil pada pukul 09.00 waktu setempat jika biaya dalam proses pengambilan sampel dan jumlah lokasi *sampling* besar sehingga tidak memungkinkan pengambilan sampel setiap hari maka pengambilan sampel dalam beberapa hari dapat dilakukan sehingga maksimum periode pengambilan sampel dalam waktu 7 hari. Jika pada saat pengambilan sampel terjadi hujan maka pengambilan dilakukan setelah hujan untuk menjaga air sampel tidak terkontaminasi<sup>[15]</sup>

## 2.2. Perkembangan Peralatan Pengambil Sampel Air Hujan

Peralatan sampling air hujan sudah digunakan di BMKG khususnya di stasiun-stasiun pengamatan BMKG sejak lama. Alat sampling air hujan yang digunakan seperti pada Gambar 2.3. *Acid Precipitation Sampler*. Sampai saat ini banyak peralatan sampling air hujan di BMKG yang tidak berfungsi lagi. Untuk menjaga alat ini tetap beroperasi terdapat beberapa kendala, antara lain sulitnya ketersediaan suku cadang, harga yang relative tinggi, proses yang tidak sebentar untuk mendapatkan suku cadang.

Berdasarkan beberapa hal tersebut, dilakukan penelitian untuk membuat peralatan sampling air hujan yang ekonomis, praktis dan mudah perawatannya. Pusat Instrumentasi Rekayasa dan Kalibrasi BMKG pertama kali melakukan penelitian pembuatan peralatan sampling air hujan pada tahun 2007. Peralatan sampling air hujan yang dibuat pertama kali ini masih menggunakan sistem yang sederhana dan belum dilengkapi dengan sistem komunikasi. Sebagai aktuator mekanisme buka tutup corong penampung sampel air hujan menggunakan motor AC dengan rangkaian elektronik sederhana dan timer. Dibutuhkan *inverter* untuk mencatu daya motor AC karena catu daya yang digunakan adalah baterai dan solar panel. Sebagai pemicu buka tutup corong penampung sampel air hujan digunakan *rain gauge* tipe *tipping bucket* produk *envirodata* dan juga sebagai pengukur curah hujan dengan resolusi 0,2 mm per *tipping*. Peralatan sampling air hujan ini diberi nama *Automatic Rain Water Sampler*.

Pada tahun 2010 Pusat Instrumentasi Rekayasa dan Kalibrasi BMKG membuat dua tipe peralatan sampling air hujan kembali dengan beberapa perubahan. Tipe yang pertama menggunakan *microcontroller ATmega-32* sebagai komponen utama sistem akuisisi data dan juga kontrol sistem peralatan serta dilengkapi sistem komunikasi. Mekanisme buka tutup corong penampung sampel air hujan masih menggunakan sistem yang lama dimana pemicu buka tutup corong penampung sampel air hujan juga menggunakan *rain gauge* tipe *tipping bucket* produk *envirodata* dan juga sebagai pengukur curah hujan dengan resolusi 0,2 mm per *tipping*. Pada peralatan ini dilengkapi data logger untuk menyimpan data curah hujan yang terjadi dan juga dilengkapi modem GSM

sebagai media komunikasi. Pada data logger disediakan *port* RS-232 untuk komunikasi dengan PC/*notebook* ataupun dengan modem GSM. Data bisa didownload dan juga bisa ditampilkan secara *real time* menggunakan PC/*notebook* melalui *port* RS-232. Modem GSM digunakan sebagai media komunikasi pengiriman data curah hujan jika terjadi permintaan data. Data hanya akan dikirim jika ada permintaan data melalui telepon genggam, data akan dikirim ke nomor yang sudah ditentukan melalui SMS dan data tidak akan dikirim jika tidak ada permintaan. Peralatan ini dapat dilihat seperti pada Gambar 2.4. di bawah ini



Gambar 2.4. *Automatic Rain Water Sampler* tahun 2010 tipe pertama

Tipe yang ke dua menggunakan *microcontroller ATmega-128* sebagai komponen utama pada data logger. Berbeda dengan tipe pertama yang menggunakan motor AC sebagai aktuator mekanisme pembuka dan penutup corong, Pada tipe yang kedua menggunakan motor DC sebagai aktuatornya sehingga sistem yang dibuat lebih sederhana karena tidak diperlukan lagi *inverter*

sebagai catu daya motor. Untuk catu daya sistem digunakan baterai 12 volt dan solar panel. Dengan tidak digunakannya *inverter* membuat sistem menjadi lebih sederhana dan mengurangi konsumsi daya. Penggunaan mikrokontroler AT-Mega 128 memberikan beberapa kelebihan, diantaranya terdapat dua port serial RS-232. Port serial digunakan sebagai media komunikasi dari data logger ke PC dan ke modem GSM, hal ini memberikan kemampuan pada data logger untuk berkomunikasi dengan perangkat komputer dan modem GSM secara bersamaan. Sebagai media penyimpanan data digunakan *SD-Card* dengan ukuran maksimal 2 *giga byte*.

Komputer digunakan untuk menampilkan data sesaat jumlah curah hujan sedangkan modem GSM digunakan untuk pengiriman data jumlah curah hujan dalam satu hari yang dilakukan rutin satu kali sehari pada pukul 07:00 waktu lokal. Pengiriman data dilakukan dengan mengirimkan SMS yang berisi data jumlah curah hujan dalam satu hari ke nomor telepon genggam yang sudah ditentukan. Data curah hujan juga bisa dikirim ke nomor yang sudah ditentukan jika terjadi permintaan. Permintaan data sesaat dilakukan dengan menghubungi sesaat nomor yang digunakan pada modem GSM, kemudian data dikirimkan melalui SMS ke nomor yang sudah ditentukan sebelumnya. *Automatic Rain Water Sampler* tahun 2010 tipe kedua dipasang di Stasiun Klimatologi Semarang untuk pengujian lapangan dan sudah berjalan selama satu tahun lebih.

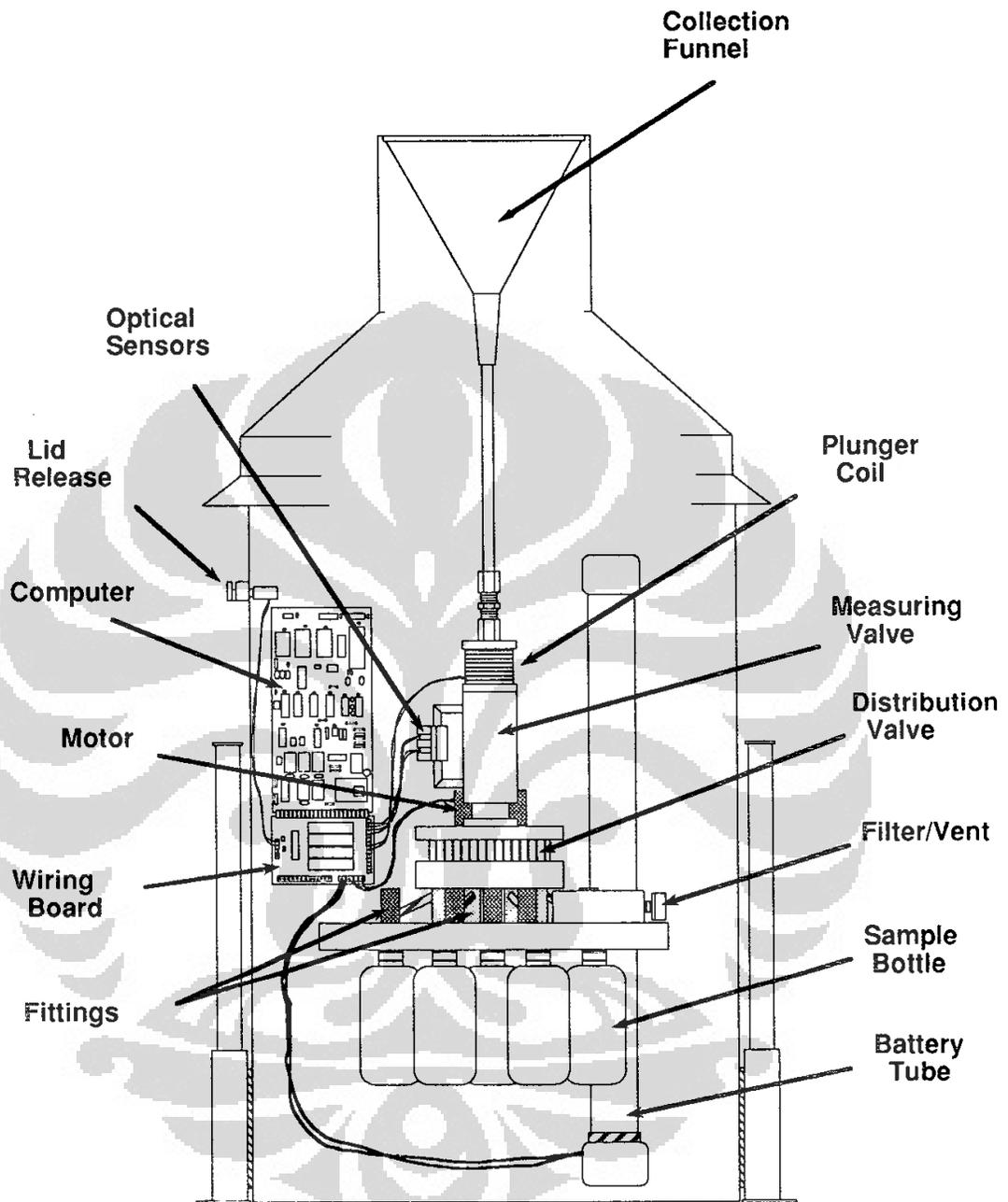


Gambar 2.5. *Automatic Rain Water Sampler* tahun 2010 tipe kedua di taman alat Stasiun Klimatologi Semarang

Berangkat dari penelitian-penelitian sebelumnya khususnya di BMKG, penulis melakukan penelitian lanjutan mengenai peralatan sampling air hujan. Pada penelitian yang dilakukan oleh penulis terdapat beberapa pembaruan pada sistem peralatan sampling air hujan. Pengiriman data pada penelitian sebelumnya hanya terjadi satu kali dalam sehari dan jika ada permintaan. Pada penelitian yang dilakukan penulis, pengiriman data dilakukan secara berkala dengan interval waktu yang telah ditentukan dalam hal ini pengiriman data dilakukan dengan interval waktu tiga jam. Parameter yang diukur tidak hanya curah hujan, ditambahkan sensor pH untuk mengetahui kadar tingkat keasaman air hujan. Pengukuran tingkat keasaman curah hujan di lokasi mengacu pada ketentuan WMO no.8 petunjuk metode observasi dan peralatan meteorologi.

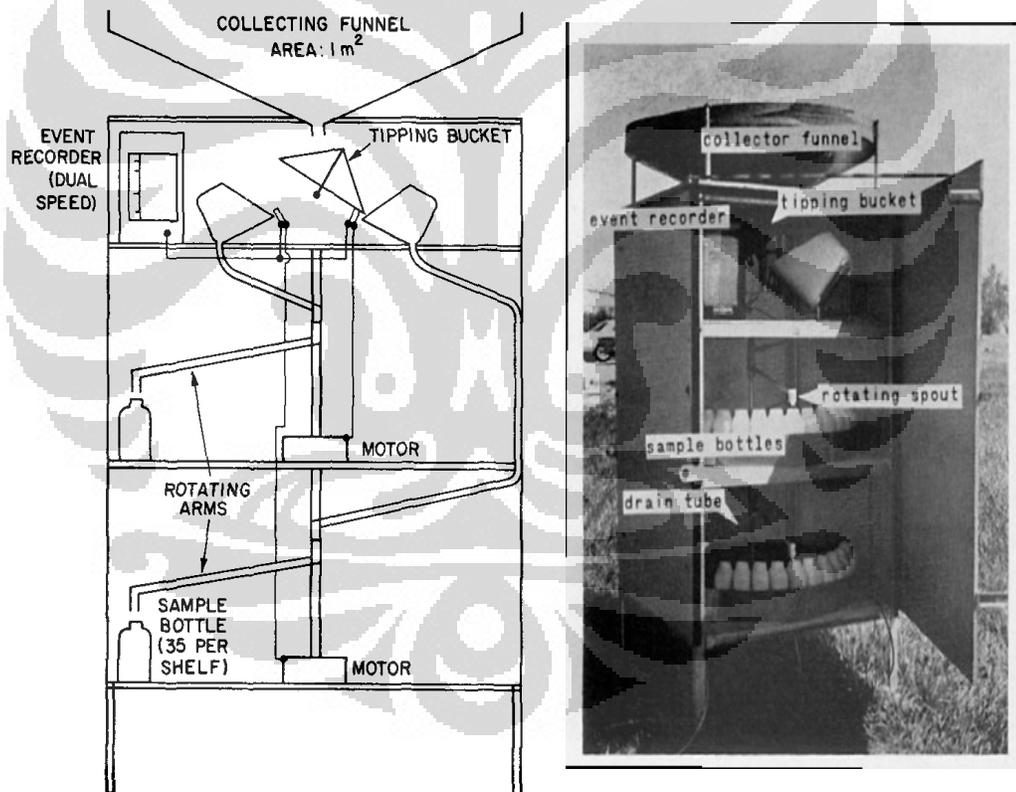
Penelitian peralatan sampling air hujan juga dilakukan dinegara lain, namun perkembangannya tidak terlalu signifikan. Tidak banyak yang penulis bisa dapatkan penelitian tentang peralatan sampling air hujan, dan kebanyakan penelitian dilakukan sudah lama dan tidak dikembangkan lebih lanjut. Seperti penelitian yang dilakukan oleh Stand D. Tomich dan M. Terry Dana yang dipublikasi pada *Journal of Atmospheric and Ocean Technology* Amerika Serikat<sup>[13]</sup>. Mereka melakukan penelitian tentang pengambil sampel hujan otomatis terkontrol komputer untuk pengukuran curah hujan dan sampling sekuensial (*Computer-Controlled Automated Rain Sampler (CCARS) for Rainfall Measurement and Sequential Sampling*)<sup>[13]</sup>.

Pada penelitian ini dibuat alat pengambil sampel air hujan otomatis yang sekaligus dapat mengukur curah hujan menggunakan sensor optik. Sensor optic yang digunakan memiliki tingkat akurasi sebesar 0,01 inchi. Sampel air hujan disimpan ke dalam sembilan botol-botol kecil. Sampel air hujan disimpan ke dalam botol, jika telah penuh secara otomatis sampel air hujan akan disimpan ke dalam botol yang lain yang masih kosong dan begitu seterusnya sampai kesembilan botol terisi sampel air hujan. Desain alat pengambil sampel air hujan otomatis rancangan mereka bisa dilihat seperti pada Gambar 2.6. di halaman selanjutnya.



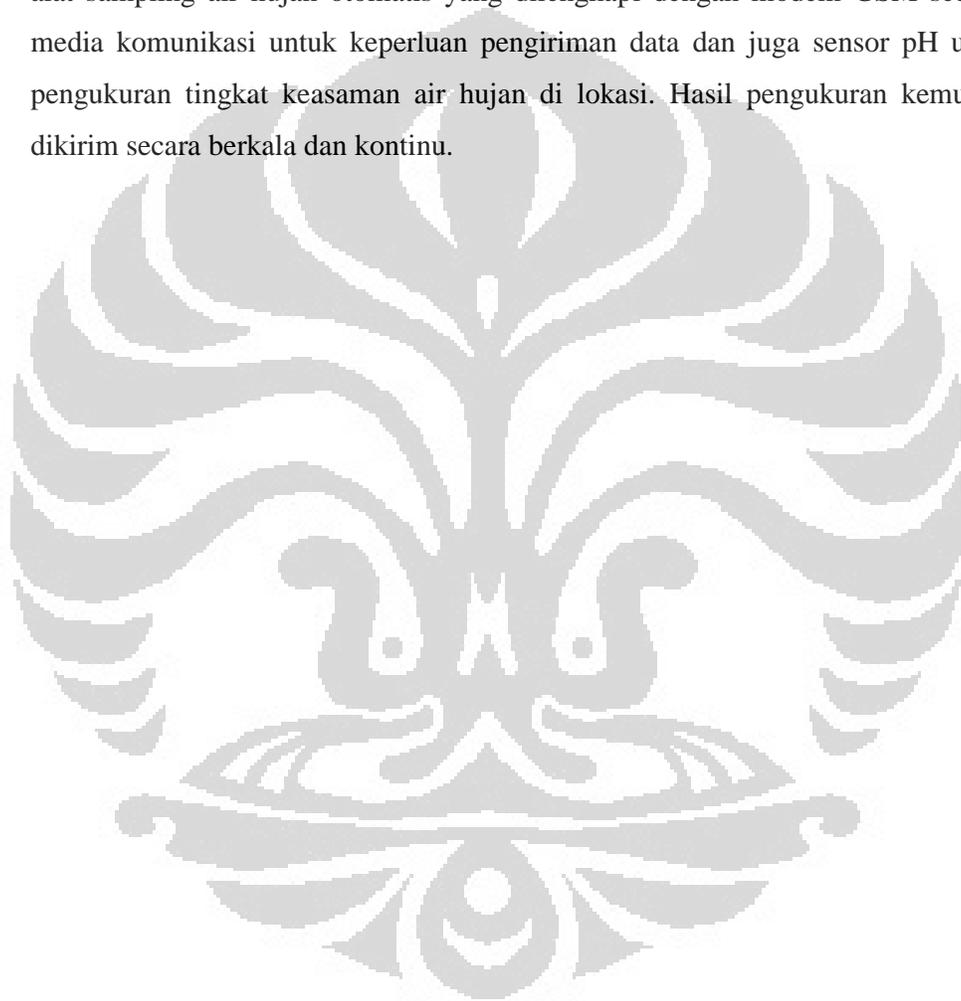
Gambar 2.6. Desain alat *Computer-Controlled Automated Rain Sampler (CCARS)* for Rainfall Measurement and Sequential Sampling

Jauh sebelum itu juga telah dilakukan penelitian tentang alat sampling air hujan otomatis pada tahun 1970 yang dilakukan oleh Donald F. Gatz, Richard F. Selman, Richard K. Langs, dan Richard B. Holtzman pada *Journal of Applied Meteorology* Amerika Serikat. Penelitian mereka membuat alat pengambil sampel air hujan otomatis secara sekuensial yang sekaligus dapat mengukur curah hujan (*An Automatic Sequential Rain Sampler*)<sup>[14]</sup>. Sampel air hujan ditampung pada botol-botol sebanyak 70 botol yang dapat menampung sampel air hujan sebanyak 35 mm sampai 70 mm. sampel air hujan akan di simpan ke dalam botol secara sekuensial. Desain alat penelitian mereka dapat dilihat pada Gambar 2.7. berikut ini.



Gambar 2.7. Diagram dan foto alat *An Automatic Sequential Rain Sampler*

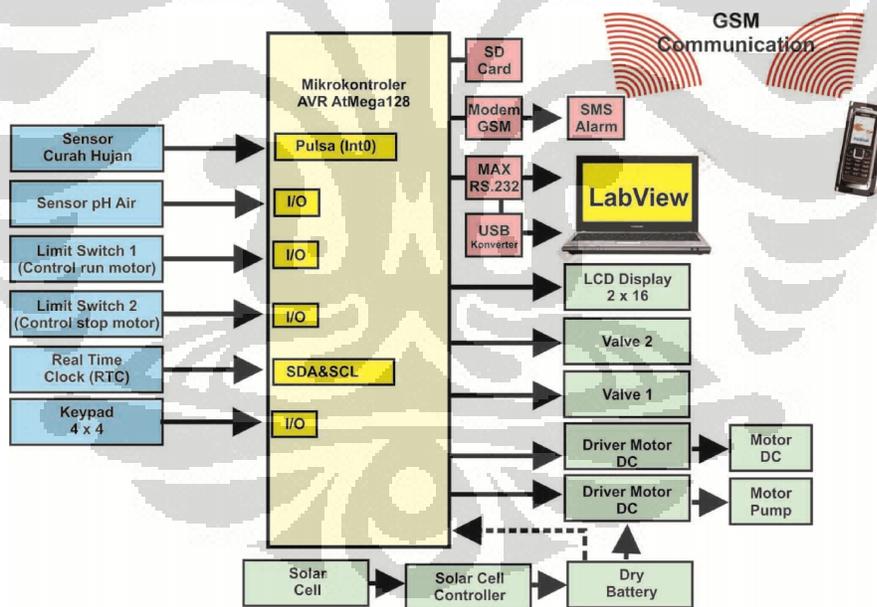
Penelitian yang sudah pernah dilakukan khususnya tentang alat sampling air hujan rata-rata sudah didesain beroperasi secara otomatis dan sudah dilengkapi dengan perekam data, namun belum ada yang menggunakan sistem komunikasi nirkabel (komunikasi dengan modem GSM) untuk pengiriman data hasil pengukuran dan parameter lain seperti pH, konduktivitas air hujan dan sebagainya secara simultan. Berdasarkan hal tersebut penulis melakukan penelitian tentang alat sampling air hujan otomatis yang dilengkapi dengan modem GSM sebagai media komunikasi untuk keperluan pengiriman data dan juga sensor pH untuk pengukuran tingkat keasaman air hujan di lokasi. Hasil pengukuran kemudian dikirim secara berkala dan kontinu.



### BAB III METODE PENELITIAN

Penelitian Pengembangan Sistem Peralatan Pengambil Sampel Air Hujan Otomatis menggunakan metode penelitian yang sederhana, yaitu: analisa karakteristik sensor, pembuatan program pembacaan di mikrokontroler, akuisisi/konversi satuan, menampilkan di LCD, penyimpanan data di data logger dan komputer dan pengiriman data dengan SMS. 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 Pengembangan Sistem Peralatan Pengambil Sampel Air Hujan Otomatis dan bagan pengukurannya dapat dilihat pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1. Bagan dan sistematika Pengembangan Sistem Peralatan Pengambil Sampel Air Hujan Otomatis

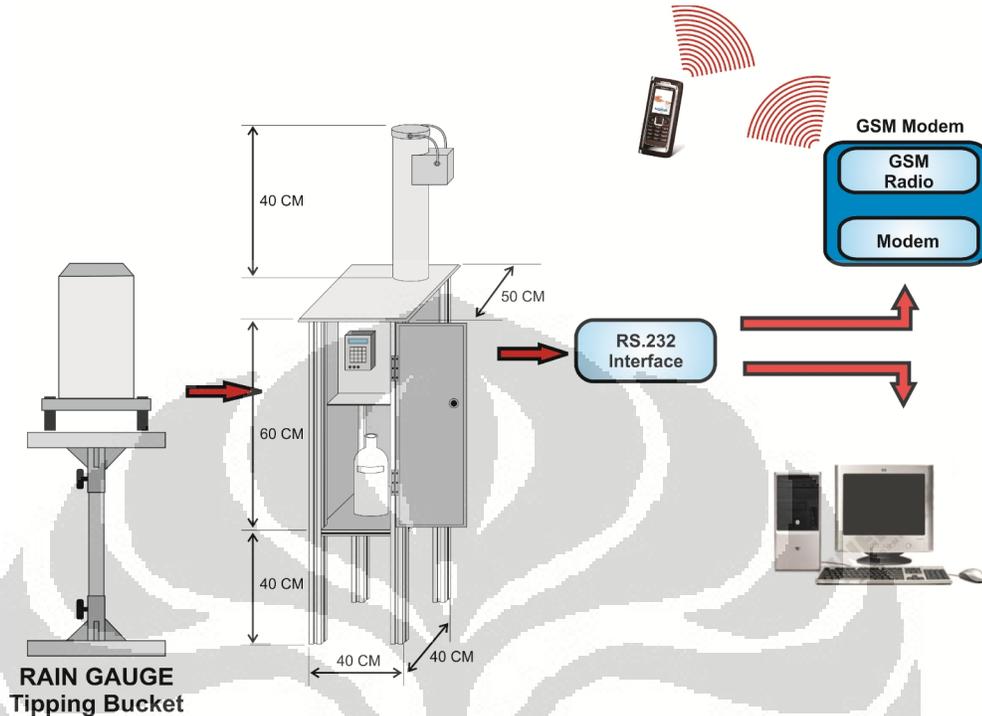
Pada Gambar 3.1, dapat dilihat bahwa semua pengukuran dan kontrol dilakukan oleh mikrokontroler AVR AtMega128. Sensor pH air memiliki *output*

sensor tegangan dapat langsung diolah oleh mikrokontroler karena memiliki *internal ADC*. 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 PortD.0 (SCL) dan PortD.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 Pengembangan Sistem Peralatan Pengambil Sampel Air Hujan Otomatis**

Pengembangan Sistem Peralatan Pengambil Sampel Air Hujan Otomatis yang dirancang ini dibuat dengan memperhitungkan aspek pengambilan sampel air hujan, pengukuran curah hujan dan pengukuran pH air hujan sesuai dengan ketentuan WMO no. 8 mengenai pengukuran komposisi atmosfer khususnya deposisi basah. Pengukuran yang dilakukan adalah pengukuran curah hujan dan tingkat keasaman air hujan atau pH air hujan *on site* (di lokasi). Hasil pengukuran selanjutnya akan disimpan di *data logger* (penyimpan data) dan juga dikirim ke no telepon genggam yang sudah diatur sebelumnya. Data disimpan menggunakan media kartu memori / *memory card* tipe *SD Card* (*Secure Digital Card*). Dengan adanya alat ini diharapkan dapat memperkuat pengamatan klimatologi dan kualitas udara khususnya di BMKG. Rancangan dari Pengembangan Sistem Peralatan Pengambil Sampel Air Hujan Otomatis padat dilihat seperti pada Gambar 3.2, berikut ini.



Gambar 3.2. Rancangan Pengembangan Sistem Peralatan Pengambil Sampel Air Hujan Otomatis

Pada Gambar 3.2, dirancang sistem yang telah terintegrasi antara pengukuran curah hujan, pengambilan sampel air hujan, dan pengukuran pH air hujan. Pengukuran curah hujan digunakan *rain gauge* tipe *tipping bucket* dengan resolusi 0.2 mm, pH air hujan digunakan *pH electrode probe* tipe *sealed gel-filled* dengan resolusi 0.02 pH unit, sedangkan pengambilan sampel hujan digunakan sistem mekanik otomatis dengan sensor curah hujan sebagai pemicu sistem mekanik otomatis. Sistem mekanik otomatis diperlukan untuk mengambil sampel air hujan pada saat terjadi hujan dan menjaga air hujan dari kontaminasi pada saat tidak terjadi hujan. Sistem mekanik terdiri dari motor dc *gearbox* sebagai penggerak tutup corong, dua buah *reed switch* sebagai pembatas gerak tutup dan buka tutup corong dan dua buah DC *solenoid valve* sebagai pengatur aliran air pada saluran masuk dan saluran keluar air guna pengukuran pH air hujan. Sebuah

*motor pump* digunakan untuk memompa *destiled water* dari *destiled water reservoir* untuk membilas *pH probe* setelah pembacaan pH air hujan.

Data hasil pengukuran disimpan di *data logger* menggunakan media penyimpanan data *SD Card*. Data curah hujan dikirim ke nomor telepon genggam yang sudah ditentukan sebelumnya melalui SMS dengan interval waktu yang juga sudah ditentukan. Sedangkan data pH air hujan akan dikirim hanya satu kali sehari pada jam 9:00 pagi waktu lokal, pengaturan ini disesuaikan dengan ketentuan WMO no.8 mengenai pengukuran deposisi basah.

Pengembangan Sistem Peralatan Pengambil Sampel Air Hujan Otomatis yang dibuat pada penelitian ini memiliki kemampuan untuk mengukur parameter sebagai berikut:

- a. Parameter curah hujan dengan resolusi 0.2 mm
- b. Parameter pH air hujan dengan resolusi 0.02 pH unit

Dua parameter diatas merupakan beberapa parameter deposisi basah yang di ukur *on site* sesuai dengan ketentuan dari WMO. Resolusi sensor-sensor diatas sudah memenuhi ketentuan WMO.

### **3.1.1. Sensor dan Tranducer yang Digunakan**

“Pengembangan Sistem Peralatan Pengambil Sampel Air Hujan Otomatis” yang dibuat pada penelitian ini menggunakan sensor atau modul sensor untuk mengukur parameter klimatologi dan kualitas udara dengan spesifikasi sebagai berikut:

- a. Parameter curah hujan diukur menggunakan *raingauge* sensor produksi *Envirodata-Australia*, dengan spesifikasi sebagai berikut:
  - Tipe: *Tipping bucket* dengan Tranduser: *Reed switch*.
  - Diameter penampang : 200 mm dengan toleransi  $\pm 0.3$ mm.
  - Resolusi : 0.2 mm per pulsa (*tipping*).
  - Akurasi : < 2% @ 100 mm/jam (maksimum intensitas 500 mm/jam).
- b. Parameter pH air hujan atau keasaman air hujan diukur menggunakan sensor probe pH dari Vernier, dengan spesifikasi sebagai berikut:
  - Tipe sensor : *Sealed, gel-filled, epoxy body, Ag/AgCl*.

- Waktu respon : 90% pembacaan dalam 1 detik.
- Jangkauan suhu : 5-80 °C.
- Jangkauan ukur : 0-14 pH.
- Resolusi : 0.005 pH
- Output : 59.2mV/pH pada 25°C



Gambar 3.3. Sensor curah hujan dan sensor pH

### 3.1.2. Sistem Elektromekanik

Rancangan sistem elektromekanik pada Pengembangan Sistem Peralatan Pengambil Sampel Air Hujan Otomatis dibagi menjadi dua bagian.

#### a. Sistem pengambilan sampel air hujan

Pada sistem ini komponen yang digunakan antara lain :

- *Tipping bucket* : *tipping bucket* dari produk *Envirodata-Australia* digunakan sebagai pemicu tutup corong penampung sampel air hujan dan juga sebagai sensor curah hujan.
- *DC motor gearbox* : *motor gearbox* dari produk *Faulhaber* digunakan sebagai penggerak tutup corong penampung sampel air hujan.
- *Motor DC driver* : digunakan sebagai rangkaian penggerak *DC motor gearbox*.
- *Reed switch* : terdapat dua buah *reed switch* digunakan sebagai pembatas gerak *motor gearbox* saat membuka dan menutup tutup

corong penampung sampel air hujan. *Reed switch* yang digunakan adalah *normally open* dua terminal.

- Magnet : magnet digunakan sebagai pemicu *reed switch* pada sistem pembatas gerak *motor gearbox*. Pada saat magnet berada tepat di atas *reed switch* maka akan merubah kondisi *reed switch* yang awalnya *normally open* menjadi kondisi *close*.

b. Sistem pembacaan pH air hujan

Pada sistem ini komponen yang digunakan antara lain :

- *Solenoid valve* : terdapat 2 buah *solenoid valve* digunakan sebagai katup elektronik saluran masuk dan keluar sampel air hujan yang akan diukur tingkat keasamannya / kadar pH.
- *Motor DC driver* : digunakan sebagai rangkaian penggerak *motor pump*.
- *Motor pump* : digunakan sebagai pompa air murni (*distilled water*) yang berada di *reservoir* untuk membilas dan merendam sensor pH.
- pH sensor : digunakan untuk membaca tingkat keasaman/pH sampel air hujan.

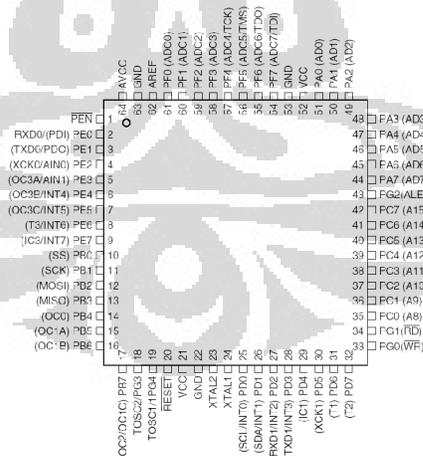
Pada saat terjadi hujan, air hujan akan menggerakkan jungkat-jungkit (*tipping bucket*). Dari pergerakan jungkat-jungkit akan membangkitkan pulsa yang akan terbaca oleh mikrokontroler sebagai *interrupt* dan akan mengaktifkan *dc motor gearbox* untuk membuka tutup corong penampung sampel air hujan. Jika tidak terjadi hujan selama kurang lebih 2 menit, maka tutup corong akan menutup kembali. Gerak membuka dan menutup tutup corong penampung sampel air hujan akan dibatasi oleh *reed switch* yang terkoneksi oleh magnet pada lengan tutup corong.

Jika curah hujan yang terukur lebih dari 1 mm dan sudah pukul 7 pagi dihari berikutnya maka akan dilakukan pengukuran tingkat keasaman air hujan. Sebelum diukur, sampel air hujan akan ditampung di penampung sementara. Pada saat pengukuran *solenoid valve* saluran buang akan membuka sesaat membuang air murni perendam sensor pH dan menutup kembali. Kemudian *solenoid valve* saluran masuk akan terbuka sesaat sehingga sampel air hujan yang berada di penampungan sementara akan mengalir ke tempat dimana sensor pH berada untuk dilakukan

pengukuran tingkat keasaman air hujan. Setelah pengukuran tingkat keasaman sampel air hujan, *solenoid valve* saluran buang dan saluran masuk akan terbuka bersamaan membuang sampel air hujan yang sudah diukur tingkat keasamannya sekaligus membuang sampel air hujan yang ada di penampungan sementara. Secara bersamaan *motor pump* akan aktif membilas sensor pH dengan *destiled water* yang ada di *destiled water reservoir*, setelah sampel air hujan yang berada di penampungan sementara habis kedua *solenoid valve* akan menutup kembali dan *motor pump* akan aktif sesaat untuk memberi sedikit *destiled water* untuk merendam sensor pH pada saat tidak digunakan.

### 3.1.3. Sistem Akuisisi Data

Mikrokontroler merupakan inti dari sistem “Pengembangan Sistem Peralatan Pengambil Sampel Air Hujan Otomatis” yang dibangun ini, sehingga pemrograman di mikrokontroler menjadi faktor yang sangat vital. Pemrograman di mikrokontroler dibuat menggunakan bahasa *basic* dengan *BASCOM-AVR Compiler Version 1.11.9.8* dari *MCS Electronics*, sedangkan untuk program ISP digunakan *AVRProg application* dari *atmel corporation version 1.40*. Arsitektur dari mikrokontroler AtMega128 dapat dilihat seperti pada Gambar 3.4 dibawah ini.



Gambar 3.4. Konfigurasi pin mikrokontroler AtMega128

Berdasarkan Gambar 3.4 diatas, dapat diketahui bahwa fitur yang dimiliki oleh mikrokontroler AtMega128 diantaranya adalah:

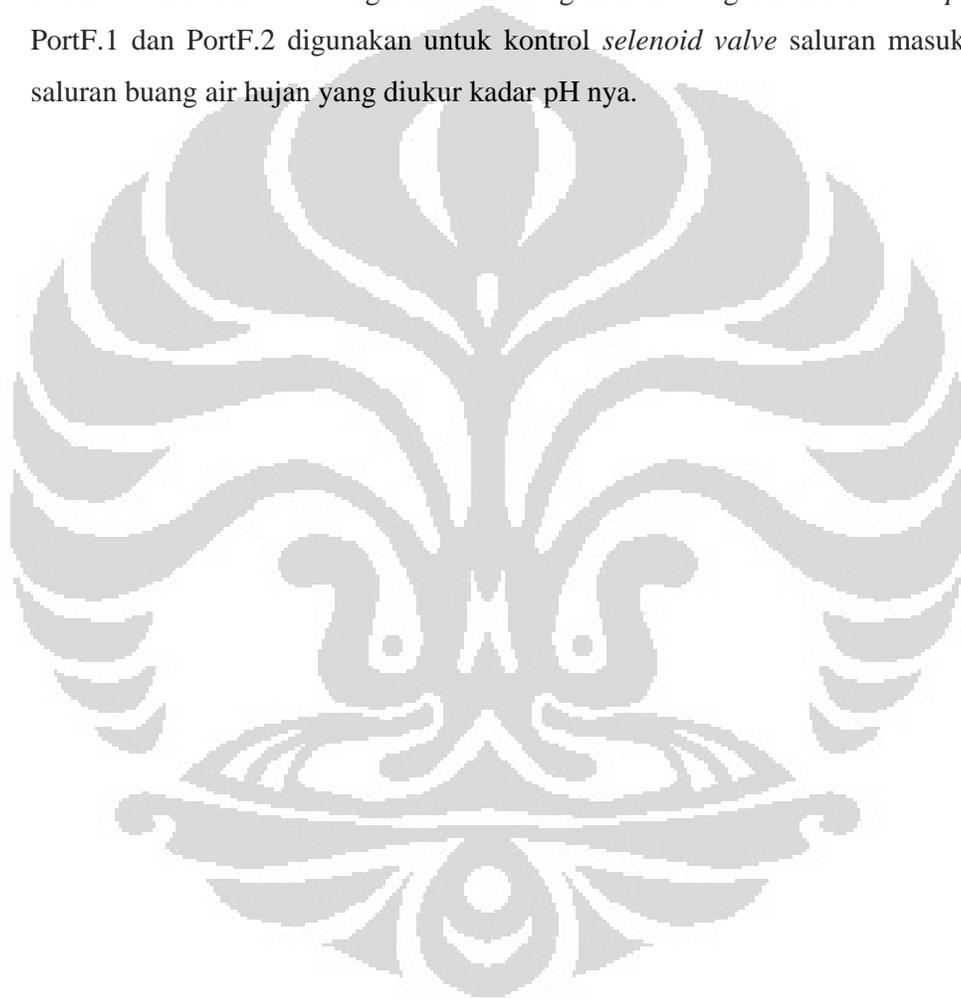
- Saluran I/O sebanyak 56 buah, yaitu Port A, Port B, Port C, Port D, Port E, Port F dan Port G
- ADC 10 bit sebanyak 8 saluran
- ADC 10 bit sebanyak 8 saluran Memiliki jumlah pin I/O sebanyak 32
- Dua buah PWM 8 bit
- Watchdog Timer dengan osilator internal
- Internal SRAM sebesar 4 kbyte
- Memori flash sebesar 128 kBytes
- Interupsi Eksternal
- Port antarmuka SPI
- EEPROM sebesar 4 kbyte
- Real time counter
- 2 buah Port USART untuk komunikasi serial
- Enam kanal PWM
- Tegangan operasi sekitar 4,5 V sampai dengan 5,5V

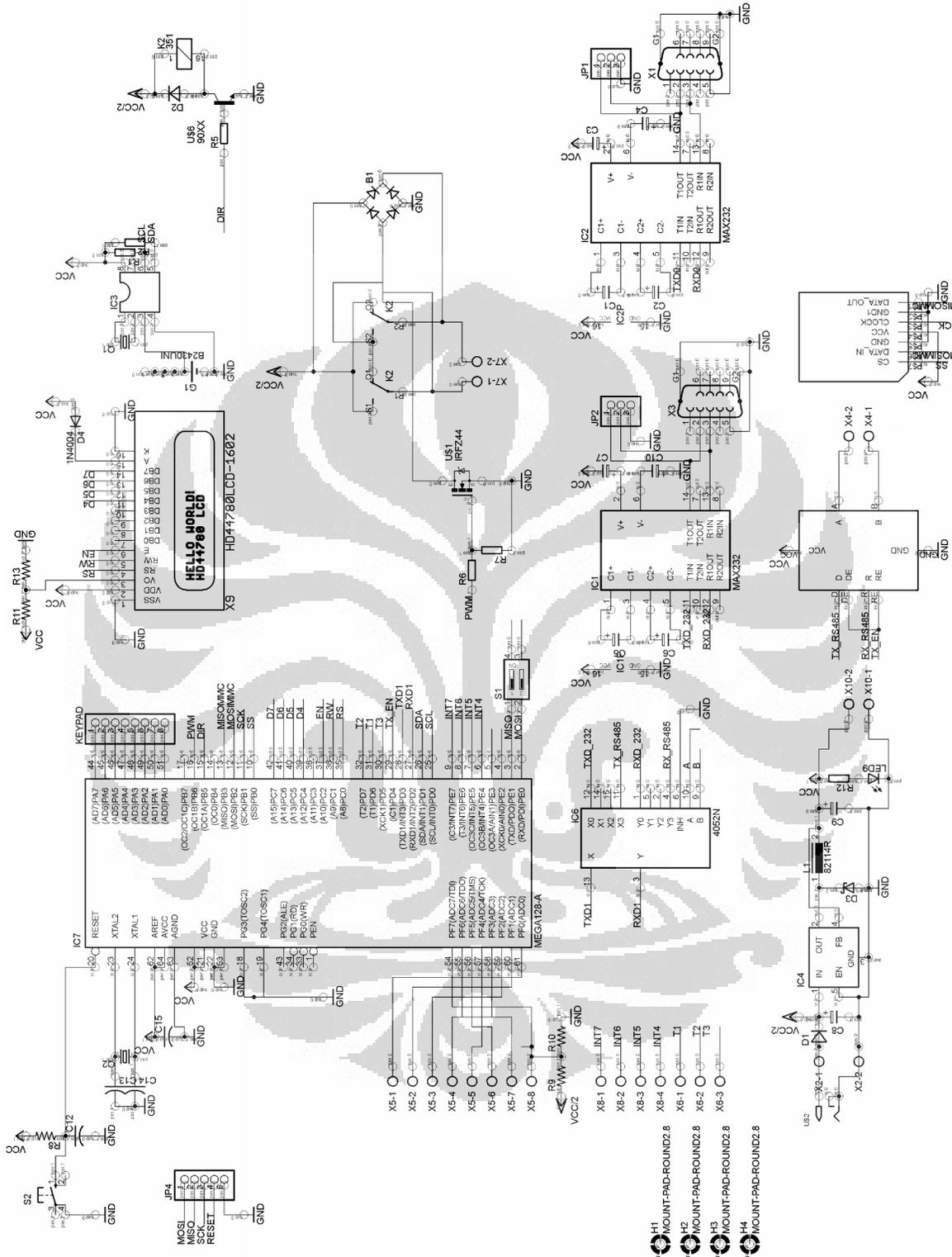
Komponen pendukung untuk menentukan waktu di mikrokontroler digunakan sebuah RTC ( *Real Time Counter* ) DS1307 yang merupakan bagian dari sistem yang dapat menghitung dan mengatur waktu baik dalam detik, menit, jam, hari, tanggal, bulan, maupun tahun hingga tahun 2100. Berbeda dengan pencatat waktu 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 I<sup>2</sup>C yang hanya memerlukan dua buah pin komunikasi, yaitu pin untuk data (SDA) dan pin untuk *clock* (SCK).

Bagian utama dari rancangan Pengembangan Sistem Peralatan Pengambil Sampel Air Hujan Otomatis adalah *data processing* yang biasa disebut dengan *data logger*. Rancangan *data logger* ini dapat dilihat dari *schematic diagram* pada Gambar 3.5, dibawah ini.

Pada Gambar 3.4, merupakan rancangan Pengembangan Sistem Peralatan Pengambil Sampel Air Hujan Otomatis yang dibuat dengan mempertimbangkan optimalisasi port di mikrokontroler. PortC digunakan untuk LCD 16x2, PortC.0 digunakan sebagai RS, PortC.1 sebagai RW, PortC.2 sebagai *enable*, PortC.4 sampai PortC.7 sebagai *display data*. PortA digunakan sebagai *input* dari *keypad*.

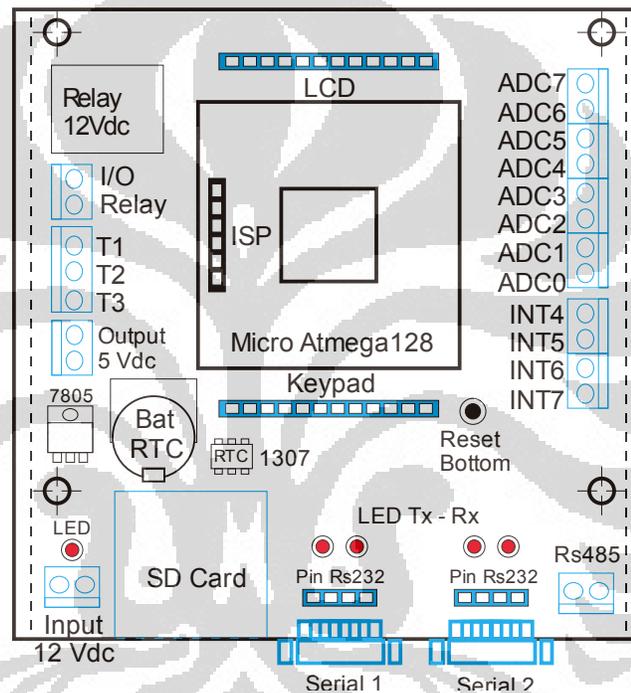
Kontrol motor DC untuk membuka dan menutup tutup corong digunakan PortD.5 dan PortD.6. sedangkan PortD.7 digunakan sebagai kontrol *motor pump*. PortF.1 dan PortF.2 digunakan untuk kontrol *solenoid valve* saluran masuk dan saluran buang air hujan yang diukur kadar pH nya.





Gambar 3.5 Schematic Diagram data logger Pengembangan Sistem Peralatan Pengambil Sampel Air Hujan Otomatis

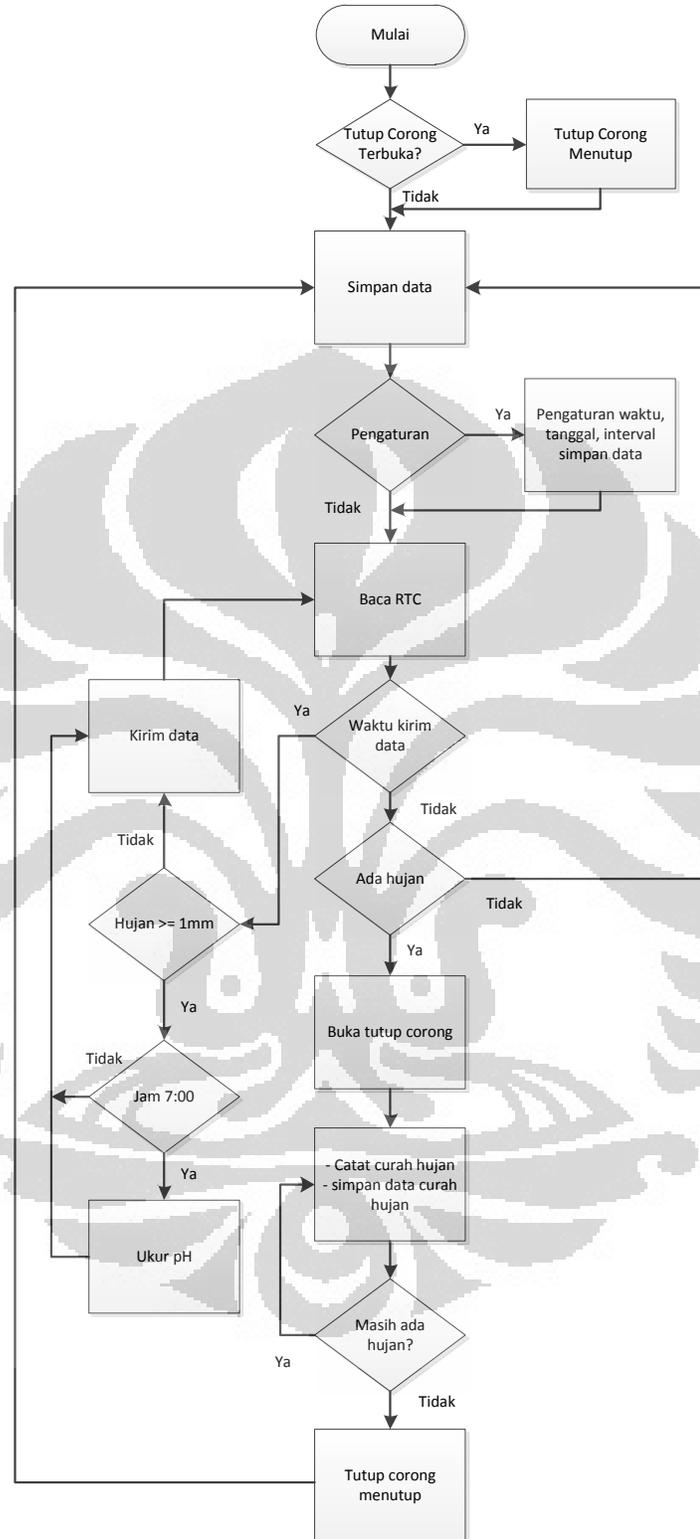
PortF.3 dan PortF.4 digunakan sebagai *input* dari *reed switch* yang berfungsi sebagai pembatas tutup dan buka tutup corong untuk pengambilan sampel air hujan. Sedangkan sensor pH digunakan ADC1 pada PortF.1. ADC0 pada PortF.0 digunakan untuk membaca tegangan baterai. Untuk sensor hujan digunakan *interrupt* 4 di PortE.4. Untuk rancangan layout komponen Pengembangan Sistem Peralatan Pengambil Sampel Air Hujan Otomatis dapat dilihat pada Gambar 3.6. di bawah ini.



Gambar 3.6. Rancangan tata letak komponen Pengembangan Sistem Peralatan Pengambil Sampel Air Hujan Otomatis

### 3.1.4. Alur Program akuisisi

Alur program merupakan hal yang sangat penting dalam pembuatan sebuah program, sehingga pembuatan alur program adalah hal pertama yang dilakukan dalam pemrograman. Alur program akuisisi untuk Pengembangan Sistem Peralatan Pengambil Sampel Air Hujan Otomatis secara keseluruhannya dapat dilihat seperti diagram alir pada Gambar 3.7.



Gambar 3.7. Diagram alir dari program akuisisi di mikrokontroler.

Pada Gambar 3.7, terlihat alur program Pengembangan Sistem Peralatan Pengambil Sampel Air Hujan Otomatis. Pada awal sistem yang dibaca pertama adalah tutup corong Pengembangan Sistem Peralatan Pengambil Sampel Air Hujan Otomatis, jika dalam kondisi terbuka maka akan langsung menutup, jika sudah dalam kondisi tertutup dilanjutkan ke proses selanjutnya yaitu pengaturan. Pada pengaturan ada beberapa parameter yang bisa diatur antara lain, pengaturan waktu, pengaturan tanggal, pengaturan interval penyimpanan data, dan pengaturan beberapa nomor telepon genggam yang akan dikirimkan data pengukuran. Jika tidak dilakukan pengaturan maka waktu dan tanggal yang digunakan adalah saat terakhir alat dipergunakan dan tidak ada nomor telepon genggam yang diset.

Proses selanjutnya adalah pembacaan RTC (*Real Time Clock*). Hal ini diperlukan untuk menentukan kapan data pengukuran akan dikirim, karena pengiriman data diatur berdasarkan waktu yang sudah ditentukan di program data logger. Jika terjadi hujan penutup corong akan membuka dan menghitung jumlah curah hujan yang terjadi dan akan dihitung secara akumulatif dalam waktu satu hari. Jika sudah berganti hari maka data akumulasi curah hujan akan direset kembali menjadi 0, jika pada hari sebelumnya terjadi hujan dan sudah menunjukkan waktu pukul 8.45 maka sensor pH akan mengukur kadar pH air hujan yang ditampung sebelumnya, kemudian disimpan di *SD Card*.

Sesuai dengan ketentuan WMO no.8 mengenai pengukuran deposisi basah, maka data pengukuran curah hujan dan pH air hujan yang tersimpan akan dikirim pada pukul 9.00 waktu lokal ke pusat data ataupun ke nomor telepon genggam yang sudah ditentukan. Jika tidak terjadi hujan data tetap dikirim tanpa data pH air hujan, dan data hujan yang terkirim adalah 0 mm. Setelah proses pengiriman data maka akan kembali lagi ke proses pembacaan RTC dan seterusnya dilakukan secara berulang dan tidak akan berhenti sampai alat dimatikan. Alat baru akan mulai dari proses awal pada saat alat dihidupkan kembali.

### 3.2. Pengukuran Parameter di Mikrokontroler

Parameter yang dapat diukur pada rancangan Pengembangan Sistem Peralatan Pengambil Sampel Air Hujan Otomatis adalah dua parameter, yaitu: curah hujan dan tingkat keasaman air hujan. Parameter-parameter 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 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 selama 24 jam setiap *tipping* yang terjadi kemudian dikalikan dengan 0.2mm 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.4 yang berada pada PortE.4 di mikrokontroler. Sedangkan list program akuisisinya dapat dilihat seperti *script* dibawah ini.

```

Porte.4 = 1
Config Int4 = Falling
On Int4 Int4_int
Enable Int4
Enable Interrupts

'terdeteksi curah hujan
  Count = Count1 * 0.2
  Count1_s = Fusing(count , "#.#")
  Count_s = Count1_a * 0.2
  Count_save = Fusing(count_s , "#.#")
'Alaram
  If Count > 50 Then
    If Batas < 1 Then
      Call Kirim_sms_mc
    End If
  End If

```

Berdasarkan *script* diatas, dapat dilihat bahwa pengukuran curah hujan berada dibawah perintah instruksi sehingga program akan bekerja bila sensor *rain gauge* (pada PortE.4) mengeluarkan sinyal/pulsa. Setiap sinyal/pulsa yang terjadi akan menambahkan nilai "Count" sebanyak 2x dan dibagi 10 untuk mendapatkan penambahan 0.2mm setiap sinyal/pulsa. Hal ini disesuaikan dengan resolusi sensor yang digunakan pada penelitian ini, bila resolusi sensor berubah maka akuisisinya akan berubah pula. Pada *script* juga ditambahkan jika terjadi curah hujan melebihi dari 50 mm, maka akan dikirimkan sms alarm. Program pengiriman sms alarm ada di sub program Kirim\_sms\_mc.

### 3.2.2. Pengukuran pH Air Hujan

Pengukuran pH air hujan dilakukan menggunakan sensor pH dengan resolusi 0.02 pH unit. Jangkauan ukur sensor pH didesain dapat mengukur pH air dari pH 0 sampai pH 14. Keluaran dari sensor pH berupa tegangan 0-5 V dengan spesifikasi 0,25 volt per pH unit. Sensor pH akan menghasilkan keluaran tegangan sebesar 1,75 volt bila diletakan pada *buffer* pH 7. Tegangan keluaran akan meningkat sekitar 0,25 volt setiap penurunan nilai satu unit pH. Tegangan keluaran sensor akan menurun sekitar 0,25 volt setiap kenaikan nilai satu unit pH. List program akuisisinya dapat dilihat seperti *script* di bawah ini.

```

For I = 1 To 60
  V_sensor = Getadc(1)
  Teg_sensor = V_sensor / 1023
  Teg_sensor = Teg_sensor * 5
  V_ph = Teg_sensor * -3.838
  V_ph = V_ph + 13.720
  V_ph1 = V_ph1 + V_ph
  V_ph_rata2 = V_ph1 / I
  Ph = Fusing(v_ph_rata2 , "#.##")
  Print Ph
  Wait 1
  Upperline
  Lcd Ph
  Lowerline
  Lcd V_ph
Next

```

Pada *script* akuisisi pengukuran pH digunakan fungsi *for next*, yaitu proses yang dilakukan berulang sampai nilai pengulangan yang ditentukan, pada *script* di atas jumlah pengulangan proses perhitungan sebanyak 60 kali diwakili oleh variabel "I". Hal ini dilakukan untuk mendapatkan data yang lebih presisi dan stabil. Nilai pH didapatkan dengan mengalikan nilai tegangan keluaran sensor dengan nilai *slope* dan ditambahkan dengan nilai *offset* sensor. Adapun nilai *slope* dan nilai *offset* didapat dari kalibrasi sensor dengan menggunakan cairan pH *buffer* 4, 7, 10.

Pengukuran pH air hujan dilakukan satu kali sehari. Pembacaan pH air hujan dilakukan hanya jika terjadi hujan pada hari sebelumnya. Adapun *script* programnya seperti dibawah ini.

```

Call Frekuensi_reset

Wait 60
Enable Interrupts

If Count_s > 1.0 Then
Set Portf.2 'open outlet
Wait 3
Reset Portf.2 'close outlet
Wait 1
Set Portf.1 'open inlet
Wait 4
Reset Portf.1 'close inlet

'Baca PH
For I = 1 To 60
V_sensor = Getadc(1)
Teg_sensor = V_sensor / 1023
Teg_sensor = Teg_sensor * 5
V_ph = Teg_sensor * -3.838
V_ph = V_ph + 13.720
V_ph1 = V_ph1 + V_ph
V_ph_rata2 = V_ph1 / I
Ph = Fusing(v_ph_rata2 , "#.##")
Print Ph
Wait 1
Upperline
Lcd Ph
Lowerline
Lcd V_ph
Next

```

```

Set Portf.2          'open outlet
Wait 5
Set Portd.7          'motor pump on (bilas sensor)
Wait 3
Reset Portd.7        'motor pump off
Wait 2
Reset Portf.2        'close outlet
Set Portd.7
                    'motor pump on (rendam sensor dengan aquades
Waitms 1500
Reset Portd.7        'motor pump off
Print #12 , Time$ ; "    " ; Count_save ; "mm" ; "    "
; Ph ; "mm" `simpan data
End If

```

*Script* di atas adalah sub program seutuhnya proses pembacaan pH. Sub program diawali dengan membaca curah hujan, jika hari sebelumnya terjadi hujan dan lebih dari 1 mm sub program akan di eksekusi. Set PortF.2 akan mengaktifkan *solenoid valve* saluran keluar sampel air hujan, hal ini menyebabkan terbuangnya *destiled water* yang berfungsi merendam *probe sensor* pH. Setelah 3 (tiga) detik *solenoid valve* saluran keluar sampel air hujan akan menutup kembali. Set PortF.1 , wait 4 akan membuka *solenoid valve* saluran masuk selama 4 (empat) detik, menyebabkan sampel air hujan yang berada di tempat penampungan sementara akan turun ke wadah dimana sensor pH berada. Setelah 4 (empat) detik *solenoid valve* saluran masuk akan menutup kembali. Setelah itu baru dilakukan proses pengukuran kadar pH sampel air hujan yang sudah ditampung.

Setelah pengukuran pH sampel air hujan selesai, *solenoid valve* saluran keluar akan terbuka dengan perintah “Set PortF.2”. setelah 5 detik (“wait 5”) *motor pump* aktif dengan perintah “Set Portd.7”. *Motor pump* memompa air *aquades (destiled water)* yang berada di tampungan (*reservoir*) terpisah menuju sensor pH, air ini berfungsi mencuci atau membilas *probe sensor* pH setelah pengukuran pH sampel air hujan dilakukan. Hal ini terjadi selama 3 detik sesuai dengan perintah pada program “wait 3”, setelah itu *motor pump* akan mati kembali dengan perintah “reset PortD.7”. Setelah 2 detik *solenoid valve* saluran keluar akan tertutup di lanjutkan dengan mengaktifkan kembali *motor pump* selama 1,5 (satu setengah) detik guna memompa *destiled water* yang ada di

*reservoir* untuk keperluan merendam sensor pH. Hal ini diperlukan untuk menjaga kelembaban elektroda sensor pH. Dengan menjaga kelembaban elektroda sensor dapat memperpanjang usia pemakaian sensor dan menjaga waktu respon sensor sesuai dengan kondisi awal. Proses terakhir adalah menyimpan data pengukuran ke *SD Card* yang ada di data logger dengan format txt.

### 3.2.3. Pengambilan Sampel Hujan

Pengembangan Sistem Peralatan Pengambil Sampel Air Hujan Otomatis dirancang untuk mengambil sampel air hujan secara otomatis. Tutup corong pengambil sampel air hujan hanya akan terbuka saat terjadi hujan dan akan tertutup kembali bila hujan telah berhenti. Sistem pengaturan buka/tutup untuk penampangan air hujan ini diatur secara otomatis melalui sebuah mikrokontroler yang terintegrasi dengan pengukuran curah hujan yang sedang terjadi.

Setiap tipping dari sensor curah hujan secara otomatis memicu program di mikrokontroler untuk melakukan proses menggerakkan motor DC secara *forward* sehingga tutup dari corong akan terbuka. Proses ini baru akan berhenti apabila sensor "*limit switch 1*" tertekan akibat putaran motor DC tadi. Bila sensor "*limit switch 1*" dalam kondisi aktif, maka motor DC akan berhenti berputar. Selama masih terjadi hujan motor DC akan tetap pada posisinya atau penutup corong dalam kondisi membuka. Apabila dalam waktu 2 menit (atau sesuai *setting*) tidak terjadi hujan, maka motor akan bergerak *reverse* (menutup) hingga menyentuh sensor "*limit switch 2*". Pergerakan motor DC secara *forward* atau *reverse* ini dilakukan oleh mikrokontroler dengan melakukan perubahan polaritas yang dikirim ke rangkaian penggerak motor DC.

```

If Count_reset > 0 Then
  If Open_str = 0 Then
    While Pind.6 = 1
      Cls
      Locate 1 , 1
      Lcd "mtr Open"
      Waitms 20
      Set Portf.3
      Reset Portf.4
      Wend
      Reset Portf.3

```

```

Open_str = 1
Cls
End If
End If

```

Dari program di atas dapat diketahui jika terdeteksi hujan, mikrokontroler akan memeriksa apakah penutup corong dalam keadaan tertutup atau terbuka dari variabel “open\_str”, jika dalam keadaan tertutup (if Open\_str=0) maka akan menggerakkan motor secara *forward* “PinD.6=1” sehingga membuka penutup corong. Pada saat yang bersamaan proses membuka tutup corong akan ditampilkan di LCD dengan tulisan yang tampil “mtr Open”. Motor DC akan berhenti berputar saat menyentuh *limit switch 1*.

```

If Detik > 22500 Then
If Open_str = 1 Then
Stop Timer1
Cls
Upperline
Lcd "CLOSE_MOTOR"
While Pind.5 = 1
Upperline
Lcd "CLOSE_MOTOR"
Waitms 100
Set Portf.4
Reset Portf.3
Wend
Start Timer1
Reset Portf.4
'For P = 90 To 145 Step 1
Cls
Detik = 0
D_time = 0
Open_str = 0
Count_lama = Count1
End If
End If

```

Jika dalam waktu yang sudah ditentukan tidak terdeteksi hujan motor DC akan bergerak *reverse* dan pada saat yang bersamaan akan tampil tulisan ‘Close\_Motor’, motor DC akan berhenti berputar saat menyentuh *limit switch 2*. Rangkaian penggerak motor menggunakan sebuah *IC Motor Dirve L298N*. Rangkain penggerak motor DC ini dapat mengontrol sampai 2 (dua) buah motor DC sekaligus. Dibawah ini adalah skematik dari rangkaian penggerak motor DC.



```

End If

If Jm = 1 Then
    Sk1 = _hour
    If _min > 58 Then
        If _sec > 58 Then Call Save
    End If
End If

Selang = Selang1 - Sk1

If Selang = 0 Then
    If _sec > 58 Then
        Locate 1 , 1
        Print #1 , Time$
        Locate 2 , 1
        Print #12 , Time$ ; " " ; Count_save ; "mm"
    End If
End If

-----

Sub Save()
    Upperline
    Print #12 , Time$ ; " " ; Count_save ; "mm"
    Wait 1
    If Mnt = 1 Then
        Selang1 = _min + T
        Cls
    End If

    If Jm = 1 Then
        Selang1 = _hour + T
    End If
End Sub

```

Proses penyimpanan data ke *SD Card* dilakukan berdasarkan pengkondisian waktu. Data pengukuran yang disimpan ke dalam *SD Card* dengan perintah "Print #1" antara lain adalah : waktu penyimpanan data, didapatkan dengan cara menyertakan tanda waktu yang diambil dari RTC "Time\$", kemudian data hujan itu sendiri "Count\_save" dan tegangan baterai ". Berdasarkan pengkondisian waktu, data pengukuran akan disimpan di *SD Card* dengan selang waktu tiap 1 menit. Program dirancang untuk menyimpan data setiap penunjukan detik lebih dari 58, pada saat kondisi terpenuhi maka program akan memanggil sub program Save. Urutan data yang disimpan adalah waktu penyimpanan data dan jumlah curah hujan dengan format file .txt.

### 3.2.5 Penyimpanan Data Pengukuran pH Air Hujan

Pengukuran pH air hujan dilakukan hanya satu kali dalam sehari dan juga hanya jika terjadi hujan pada hari sebelumnya. Penyimpanan data pengukuran pH air hujan dilakukan sesaat setelah dilakukan pengukuran. *Script* program yang digunakan sama seperti pada bagian pengukuran pH air hujan. Cuplikan program penyimpanan data pengukuran pH air hujan seperti dibawah ini.

```
Reset Portd.7                `motor pump off
Print #12 , Time$ ; "    " ; Count_save ; "mm" ; "    "
; Ph ; "mm" `simpan data ke sd card
End If
```

Setelah proses pengukuran pH air hujan selesai maka dilakukan proses penyimpanan data pengukuran ke *SD Card*. Adapun yang disimpan adalah waktu pengukuran, jumlah curah hujan terakhir yang diukur dan nilai pH air hujan.

### 3.2.6. Tampilan Data Pengukuran di LCD 16x2

Bagian cukup penting adalah menampilkan data yang telah diolah kedalam tampilan yang mudah dimengerti oleh manusia umum/pengamat. Salah satu tampilan yang umum digunakan adalah melalui *liquid crystal display* (LCD). Untuk menampilkan data akuisisi dari 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.2 , Rs = Pc.0           'LCD
Config Lcd = 16 * 2
Cursor Off

Sub Lcd_display
If Detik < 20000 Then
Upperline
Lcd Time$
Lowerline
Lcd "RR = " ; Count1_s ; "mm"
End If
End Sub
```

Yang pertama kali harus dilakukan agar bisa menampilkan data hasil pengukuran 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. Untuk menampilkan data yang sudah disimpan dilakukan dengan memanggil kembali variabel dimana data tersebut disimpan. Pada program di atas data yang ditampilkan adalah waktu pada bagian baris pertama LCD “upperline, Lcd Time\$” dan pada bagian baris kedua adalah data curah hujan “Lowerline, Lcd “RR=”; Count1\_s ; “mm””.

### 3.3. Komunikasi Data ke Komputer

Sistem aplikasi yang dirancang pada Pengembangan Sistem Peralatan Pengambil Sampel Air Hujan Otomatis adalah sistem aplikasi yang dapat digunakan untuk menampilkan data pengamatan, pengambil data yang tersimpan di mikrokontroler, mengolah data dengan 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 #1 , Time$ ; " " ; Count_save ; "mm" ; " " ; Ph
; "pH unit"
```

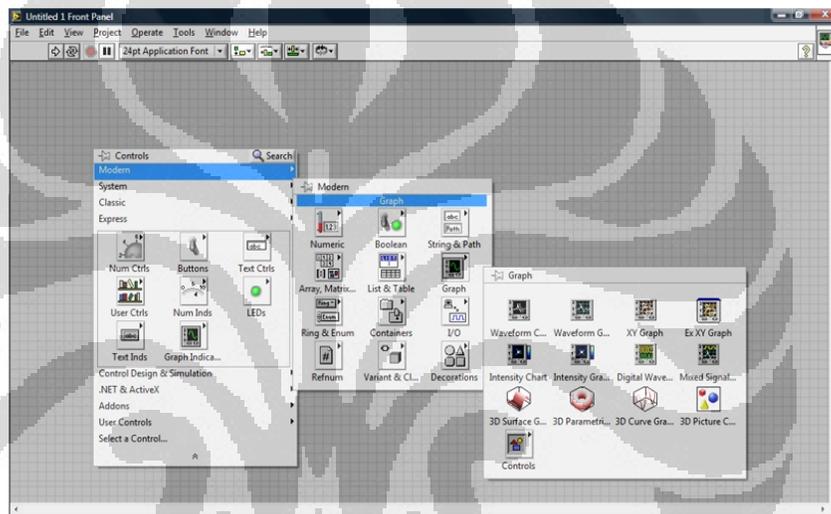
*Script* diatas memerintahkan pada mikrokontroler untuk mengirim data yang berada pada alamat *time* di RTC, Count\_save dan Ph di mikrokontroler ke port serial 1 di pin Tx (PortD.3) agar dapat diterima oleh komputer melalui komunikasi serial dengan antarmuka RS232. Hasil pengiriman data tersebut diterima oleh komputer sebagai satu deret data sebagai berikut:

```
23:08:59  0.0 mm  7 pH unit
```

Dimana 22:03:24 menunjukkan jam:menit:detik, 0.0 menunjukkan data curah hujan, 7 menunjukkan data pH air hujan.

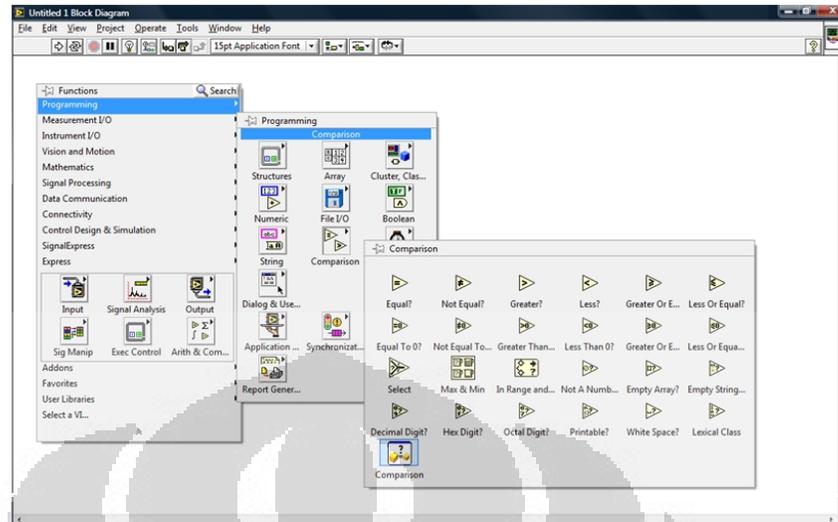
Program aplikasi “Pengembangan Sistem Peralatan Pengambil Sampel Air Hujan Otomatis” dibuat dengan menggunakan *software LabView Professional Development system version 8.5* dari *National Instruments*. Pada *software LabView* terdapat dua bagian yang harus dikerjakan, yaitu:

- **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 3.9. dibawah ini.



Gambar 3.9. 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 3.10 dibawah ini.



Gambar 3.10. Contoh Tampilan di *block diagram labview* versi 8.5

Tahap selanjutnya dalam pembuatan program aplikasi di komputer ini adalah pembuatan program di bagian *front panel* yang berfungsi sebagai monitor dan tampak muka dari program aplikasi Pengembangan Sistem Peralatan Pengambil Sampel Air Hujan Otomatis. Perancangan tampilan program dapat disesuaikan dengan keinginan dan kebutuhan, diusahakan tampilan dibuat semudah mungkin untuk pembacaan data, sehingga siapapun yang melihat dapat dengan mudah memahami data apa yang terdapat pada program tampilan. Dengan desain tampilan yang sederhana, mudah dioperasikan dan tidak sulit dipahami, siapa saja dapat mengerti dengan mudah walaupun yang mengamati belum memiliki latarbelakang pendidikan meteorologi dan klimatologi dan kualitas udara. Rancangan yang didesain pada bagian *front panel* sebagai tampilan dilayar komputer dapat dilihat pada Gambar 3.11, dibawah ini.



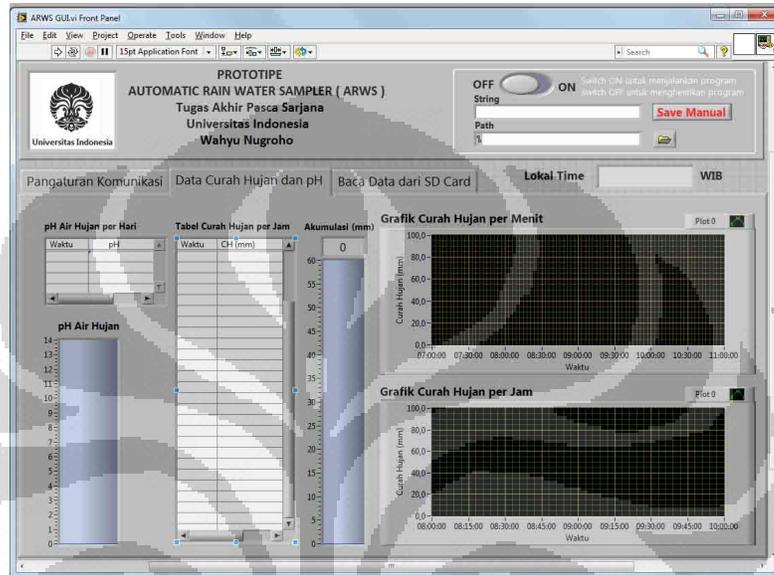
Gambar 3.11. Desain tampilan Pengembangan Sistem Peralatan Pengambil Sampel Air Hujan Otomatis di PC.

Pada Gambar 3.11, dapat dilihat tampilan yang dirancang pada sistem Pengembangan Sistem Peralatan Pengambil Sampel Air Hujan Otomatis . Desain tampilan Pengembangan Sistem Peralatan Pengambil Sampel Air Hujan Otomatis dibuat dalam bentuk tabulasi.

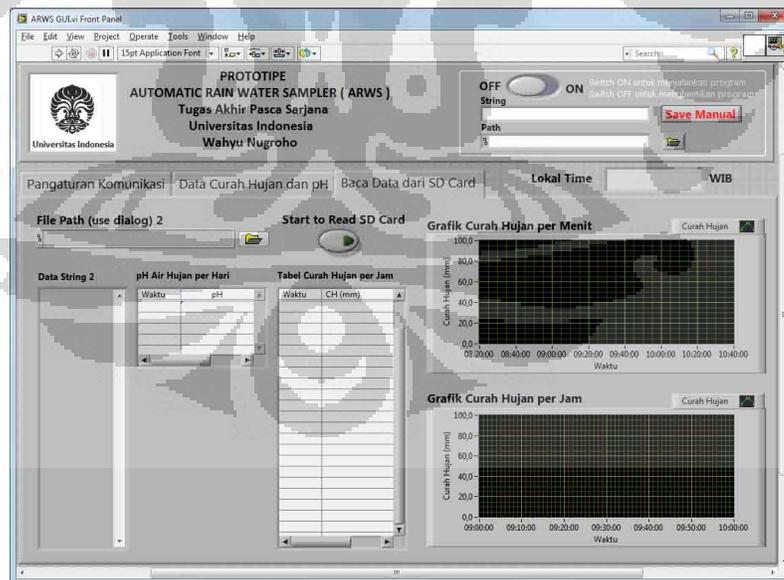
Desain tampilan program aplikasi di *front panel* dibuat dalam 3 (bagian) bagian utama, yaitu:

- **Bagian Pengaturan Komunikasi**, pada bagian ini diperuntukan untuk pengaturan komunikasi serial yang digunakan. Yang bisa diatur antara lain *port* komunikasi yang digunakan pada komputer, *baud rate*, *data bit*, *parity*, *flow control* dan *stop bit*. Pada tampilan bagian pengaturan komunikasi diberikan keterangan standar pengaturan komunikasi seperti terlihat pada Gambar 3.11.
- **Bagian *display measurement***, berfungsi untuk menampilkan data dari pengukuran. Data yang ditampilkan pada bagian ini adalah animasi pH air hujan, animasi akumulasi curah hujan, tabel pH air hujan, tabel curah hujan, dan grafik curah hujan seperti terlihat pada Gambar 3.12.

- **Bagian baca data dari SD Card**, berfungsi untuk menampilkan data yang disimpan di *SD Card*. Pada bagian ini data yang ditampilkan adalah data yang sudah tersimpan sebelumnya. Data akan ditampilkan hampir sama dengan bagian *display measurement* dan lebih jelasnya bisa dilihat seperti pada Gambar 3.13.



Gambar 3.12. Bagian *display measurement*



Gambar 3.13. Bagian baca data dari *SD Card*

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 data pengukuran disimpan dalam folder *C:\arws\data* dengan nama file: *Tahun Bulan Tanggal.txt*, contohnya: *12-5-16.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 dengan mudah untuk merubahnya. Perubahan kecil pada alamat *file* akan menyebabkan data tidak tersimpan atau tersimpan tetapi di tempat yang tidak diketahui.

### 3.4. Komunikasi Data SMS

Pengembangan Sistem Peralatan Pengambil Sampel Air Hujan Otomatis menggunakan modem GSM sebagai media komunikasi. Modem GSM menggunakan produk dari *Wavecom* dengan tipe *Fastrack Supreme* terlihat seperti Gambar 3.13. dibawah ini.



Gambar 3.14. Modem GSM *Wavecom Fastrack Supreme*

*Data* yang tersimpan didalam data logger “Pengembangan Sistem Peralatan Pengambil Sampel Air Hujan Otomatis” akan dikirim ke nomor telpon yang sudah ditentukan melalui SMS dalam interval waktu tertentu. Data yang tersimpan di data logger dikirim ke modem GSM maupun ke komputer menggunakan protocol komunikasi RS-232.

Pengembangan Sistem Peralatan Pengambil Sampel Air Hujan Otomatis dirancang tidak hanya dapat mengirim data ke komputer melalui komunikasi serial tetapi juga dapat mengirimkan data secara periodik ke pusat data ataupun nomor telepon genggam yang sudah ditentukan pada pengaturan melalui modem GSM dengan mengirimkan SMS. Dalam penelitian ini diatur pengiriman data setiap 3 (tiga) jam dimulai dari pukul 7.00 waktu lokal. Program pengiriman data melalui SMS terlihat pada list program berikut.

```

`SMS GETWAY

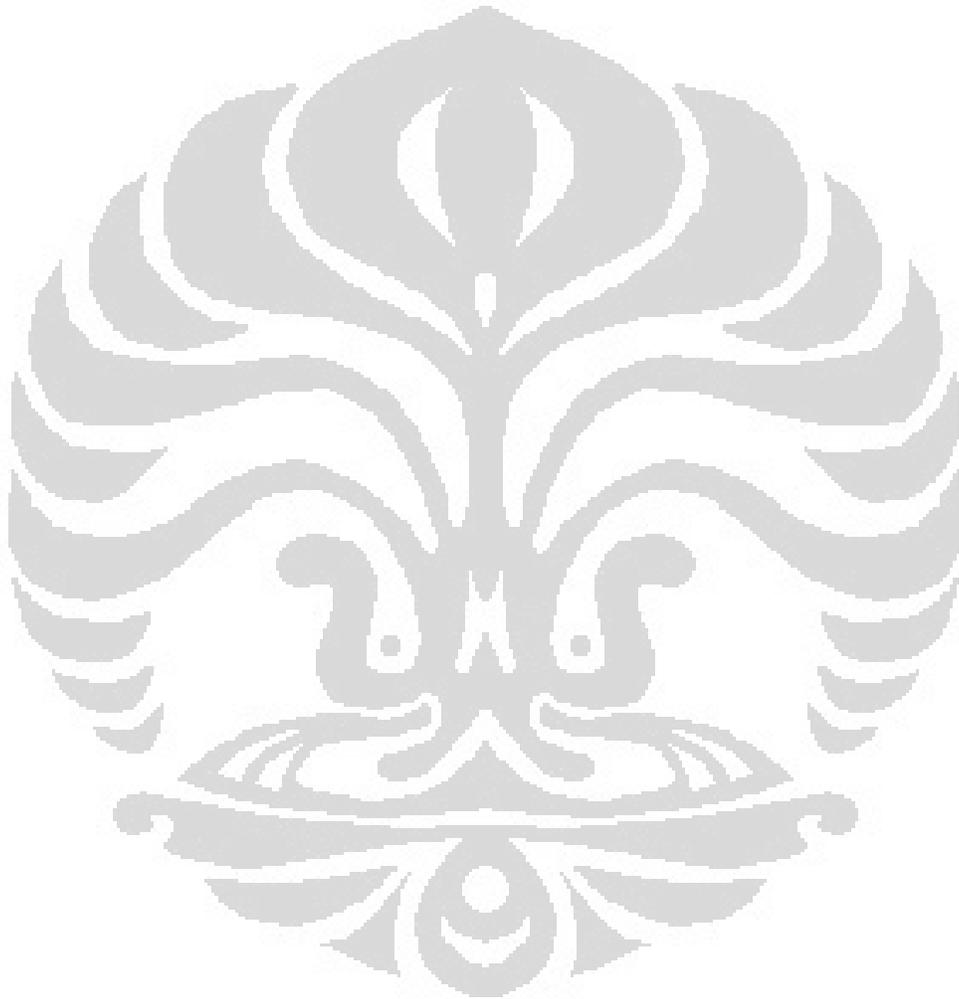
  If _hour = 7 Or _hour = 10 Or _hour = 13 Or _hour = 16
Or _hour = 19 Or _hour = 22 Or _hour = 01 Or _hour = 04
Then
  If _min = 2 Then
    Count_rain = Count1
    Call Sms_rain_update
  End If
End If

Sms_rain_update():
Cls
  Disable Urxc
  Wait 5
  Upperline
  Lcd Time$
  Locate 2 , 1
  Lcd "RR = " ; Count1_s ; "mm" ; " " ; "SMS "
  Wait 5
  Print "AT+CMGS=" ; Chr(34) ; "08159992722" ;
Chr(34) ; Chr(13)
  Wait 3
  Print "ARWS " ; Date$ ; "__" ; Time$ ; " rainfall
= " ; Count_save ; "mm" ; " Volt Battrey = " ; V_bat ;
Chr(26)
  Enable Urxc
  Cls
  Wait 60
End Sub

```

Pada program diatas dapat dilihat bahwa data akan dikirim setiap 3 jam dimulai dari pukul 7 pagi waktu lokal. Data akan dikirim pada pukul 7, 10, 13, 16, 19, 22, 1, dan 4. Jika terpenuhi kondisi waktu pengiriman maka program akan menjalankan sub program sms\_rain\_update. Pada sub program dilakukan mikrokontroler akan memberikan perintah kirim data serial ke modem dimana didalam data terdapat perintah "AT Comand" yaitu perintah-perintah khusus untuk

modem. Pada program diatas modem akan mengirimkan SMS ke nomor telepon genggam 08159992722 dan isi dari SMS nya adalah tanggal, waktu, jumlah curah hujan dan tegangan baterai. Data yang akan tampil pada telepon genggam adalah seperti berikut : ARWS 16 05 12\_19:02:26 rainfall = 0.6mm Volt Battery = 12.0.



## BAB IV PEMBAHASAN

Kontrol kualitas (*quality control*) terhadap akuisisi data yang dihasilkan dari Pengembangan Sistem Peralatan Pengambil Sampel Air Hujan Otomatis dilakukan dengan uji presisi dan kalibrasi di Laboratorium Kalibrasi Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika. Pengujian dilakukan dengan metode standard kalibrasi sesuai ISO/IEC:17025-2005 yang telah diterapkan di laboratorium kalibrasi 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 Pengembangan Sistem Peralatan Pengambil Sampel Air Hujan Otomatis.

### 4.1. Data Pengukuran Curah Hujan dengan Tipping Bucket

Pengukuran curah hujan dilakukan dengan menggunakan *rain gauge* tipe *tipping bucket* produksi environdata dengan resolusi 0.2 mm. Pengujian data akuisisi dilakukan di laboratorium kalibrasi PUSINREKAL BMKG dengan alat *rain gauge kalibrator* dari Hanil.lab - Korea Selatan. Proses kalibrasi dapat dilihat seperti pada gambar 4.1 dengan hasil dari pengujian data akuisisi penakar hujan diperlihatkan pada table 4.1.



Gambar 4.1. Pengujian akuisisi data penakar hujan di lab.KALIBRASI BMKG

Proses pengujian data akuisisi penakar hujan di laboratorium KALIBRASI BMKG seperti gambar 4.2, dilakukan dengan membandingkan data pengukuran dari Pengembangan Sitem Peralatan Pengambil Sampel Air Hujan Otomatis 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 dalam penakar hujan dengan variasi intensitas hujan 40 mm/jam bertahap sampai 250 mm/jam. Variasi intensitas hujan ini sangat penting dilakukan untuk mengetahui kemampuan alat Pengembangan Sitem Peralatan Pengambil Sampel Air Hujan Otomatis dalam mengukur intensitas hujan ringan (*drizzel*) sampai hujan lebat (*shower*), dan data hasil pengujian tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1. Data Hasil Pengujian Penakar Hujan Tipping Bucket

No Data	Intensitas (mm/jam)	Standard (mm)	ARWS (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 seperti pada tabel 4.1 diatas, diketahui bahwa data akuisisi Pengembangan Sitem Peralatan Pengambil Sampel Air Hujan Otomatis 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 terjadi kesalahan hitung (*counting*) maupun

terjadinya signal ganda (*cloning signal*). Dengan demikian maka tidak diperlukan koreksi terhadap *script* program di mikrokontroler.

#### 4.2. Data Pengukuran pH Air Hujan dengan Sensor Vernier pH-BTA

Pengukuran pH air yang telah di akuisisi dalam mikrokontroler perlu dilakukan pengujian agar diketahui tingkat keakuratannya. Proses pengujian ini dilakukan di laboratorium kalibrasi BMKG dengan pH *buffer* 4, pH *buffer* 7, dan pH *buffer* 10 standar yang digunakan sebagai pembanding. pH *buffer* yang digunakan adalah produk *Thermo Scientific* dengan ketertelusuran kalibrasi ke NIST *Standard Reference Material*, pH *buffer* dapat dilihat seperti pada gambar 4.2. dibawah ini.



Gambar 4.2. pH *buffer* 4, 7 dan pH *buffer* 10 dari *Thermo Scientific*

Pengujian pembacaan sensor pH dilakukan 5 kali pembacaan pada titik titik pengujian. Pada pengujian pertama yang dibaca adalah tegangan output yang dihasilkan dari sensor terhadap nilai pH *buffer*. Data hasil pengujian tegangan keluaran sensor pH terhadap pH *buffer* dapat dilihat pada tabel 4.2.

Dapat diketahui dari *datasheet* spesifikasi sensor, bahwa pada pH *buffer* 7 sensor akan menghasilkan tegangan keluaran sebesar 1,75 volt. Setiap penurunan

nilai pH maka tegangan keluaran akan meningkat sebesar 0,25 volt setiap satu unit nilai pH dan sebaliknya setiap kenaikan nilai pH maka tegangan akan menurun sebesar 0,25 volt setiap satu unit nilai pH.

Tabel 4.2. Data hasil pengujian keluaran tegangan sensor pH terhadap pH *buffer* 4, 7 dan 10

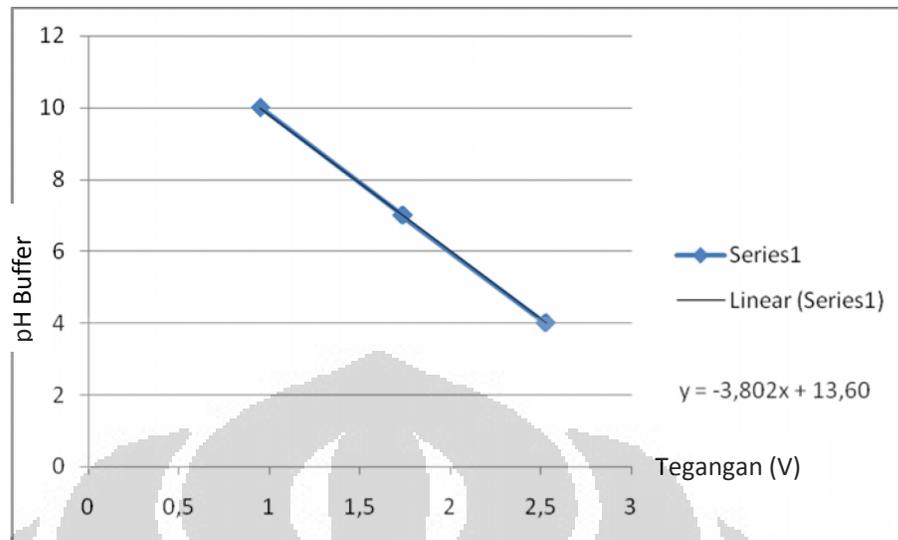
pH buffer	v_out sensor (volt)
4	2,52
4	2,53
4	2,53
4	2,53
4	2,53
7	1,73
7	1,74
7	1,73
7	1,74
7	1,74
10	0,95
10	0,95
10	0,95
10	0,95
10	0,95

Dari data pengujian tegangan keluaran sensor terhadap pH *buffer* di atas maka dapat dicari formula persamaan untuk mengkonversi tegangan keluaran dari sensor menjadi satuan pH unit. Formula persamaan bisa didapat dengan menggunakan aplikasi *microsoft excel* dengan menggunakan fungsi *scatter chart*. Dari data pengujian dimasukkan ke dalam fungsi *scatter chart* akan tampak seperti pada gambar 4.3.

Formula persamaan yang didapatkan dari hasil pengujian adalah

$$y = -3,802 + 13,60 \quad (4.1)$$

Persamaan ini kemudian dimasukkan kedalam program mikrokontroler, sehingga keluaran dari sensor sudah berupa pH satuan unit. Setelah diprogram kedalam mikrokontroler maka dilakukan pengujian kembali untuk mengetahui seberapa besar penyimpangan yang terjadi pada pembacaan dari keluaran sensor. Hasil dari pengujian kembali keluaran sensor pH terhadap nilai pH *buffer* dapat dilihat pada tabel 4.3.



Gambar 4.3. Grafik pengujian nilai tegangan keluaran sensor terhadap nilai pH *buffer*

Tabel 4.3. Data pengujian keluaran nilai sensor pH terhadap pH *buffer*

pH Buffer	pH Sensor	Koreksi pH Sensor	Rata-rata
4	4,01	-0,01	-0,004
4	4,01	-0,01	
4	4	0	
4	4	0	
4	4	0	
7	7,02	-0,02	-0,012
7	7,01	-0,01	
7	7,02	-0,02	
7	7,01	-0,01	
7	7	0	
10	9,98	0,02	0,014
10	9,98	0,02	
10	9,99	0,01	
10	9,99	0,01	
10	9,99	0,01	
Koreksi rata-rata			-0,00067

Berdasarkan hasil pengujian diketahui bahwa data dari sensor pH *Vernier* pH-BTA hanya memiliki rata-rata penyimpangan sebesar 0.00067 pH unit, sehingga tidak

perlu dilakukan koreksi pada *script* program di mikrokontroler. Hal ini dikarenakan toleransi penyimpangan yang masih diperbolehkan oleh *World Meteorological Organization* (WMO) dan BMKG untuk pengukuran pH pada pengamatan meteorologi/klimatologi adalah sebesar  $\pm 0,05 - 0,1$ pH unit.

### 4.3. Pengiriman Data Pengukuran Melalui SMS

Hasil pengukuran data curah hujan dan pH akan tersimpan langsung di data logger. Data yang tersimpan di data logger akan dikirim secara kontinu setiap 3 jam sekali sesuai dengan program yang dibuat ke nomor telepon genggam yang sudah ditentukan sebelumnya. Berikut adalah hasil dari pengiriman data melalui SMS pada Gambar 4.4.



Gambar 4.4. Pengiriman data pengukuran melalui SMS

Pada Gambar 4.4. adalah *screenshot* SMS yang diterima dari data logger yang dikirim secara kontinu setiap 3 jam selama 1 hari. Pada program pengiriman data melalui SMS, data akan dikirim setiap 3 jam sekali mulai dari pukul 7 dan berlanjut setiap penambahan 3 jam berikutnya dan pengiriman terjadi pada saat menit ke 2. Dari hasil sesuai data pada Gambar 4.4. dapat dilihat bahwa terjadi selang waktu pengiriman data rata-rata sebesar 13 detik sampai data pengukuran diterima di telepon genggam yang dituju.

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Pengembangan Sitem Peralatan Pengambil Sampel Air Hujan Otomatis telah berhasil dibuat dengan baik dengan dibuktikan dari hasil pengujian data akuisisi di laboratorium kalibrasi BMKG. Dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa :

- Sitem Peralatan Pengambil Sampel Air Hujan Otomatis merupakan sistem pengambilan sampel air hujan otomatis yang telah terintegrasi dengan pengukuran pH air hujan serta dilengkapi sistem komunikasi menggunakan SMS sebagai media pengiriman data.
- Alat ini merupakan rancangan pengembangan dari alat pengambilan sampel air hujan yang dipakai oleh BMKG.
- Pembaruan pengaturan penyimpanan data.
- Pembaruan proses penyimpanan data, pengiriman data curah hujan dan pengukuran pH air hujan secara otomatis menggunakan sistem komunikasi ke nomor telepon genggam yang sudah ditentukan.
- Dapat memperkuat sistem pengamatan klimatologi dan kualitas udara di Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG).
- Pengukuran dengan Pengembangan Sitem Peralatan Pengambil Sampel Air Hujan Otomatis lebih mudah, akurat dan cepat.
- Pengukuran curah hujan tidak ditemui penyimpangan hingga intensitas hujan sebesar 250 mm/jam (batas simulasi maksimum pada alat kalibrator).
- Pengukuran pH air hujan dengan sensor pH *Vernier* pH-BTA didapat penyimpangan pengukuran sebesar 0.00067 pH unit namun tidak perlu dilakukan pengaturan ulang pada *offset* perhitungan di mikrokontroler karena nilai penyimpangan masih masuk dalam nilai toleransi pengukuran

pH berdasarkan ketentuan *World Meteorological Organization* (WMO) dan BMKG yaitu sebesar  $\pm 0,05 - 0,1$  pH unit.

- Pengiriman data hasil pengukuran curah hujan dan tingkat keasaman air hujan dapat dikirim dengan baik dan data yang diterima sesuai dengan data yang dikirim. Waktu pengiriman data yang diperlukan rata-rata adalah 13 detik.

Berdasarkan nilai hasil pengujian Pengembangan Sitem Peralatan Pengambil Sampel Air Hujan Otomatis di laboratorium Kalibrasi BMKG, rancangan alat ini sudah memenuhi kriteria yang ditetapkan oleh WMO dan BMKG.

## 5.2 Saran

Rancangan Pengembangan Sitem Peralatan Pengambil Sampel Air Hujan Otomatis ini dibuat oleh penulis dalam jangka waktu dan biaya yang sangat terbatas, sehingga masih banyak ditemukan kekurangan-kekurangan yang dapat mempengaruhi kesempurnaan dari ide rancangan yang sesungguhnya. Berdasarkan hal tersebut maka penulis mengharapkan agar ide rancangan ini dapat dikembangkan lebih lanjut untuk mendapatkan kesempurnaan rancangan yang diharapkan. Beberapa saran untuk pengembangan penelitian lebih lanjut antara lain :

- Penambahan penggunaan cairan *buffer* sensor pH sebagai perendam sensor jika sedang tidak digunakan untuk mempertahankan tingkat keakurasian sensor lebih lama.
- Penambahan pengukuran parameter konduktivitas air sesuai dengan ketentuan WMO.
- Penambahan tombol pengoperasian alat secara manual untuk keperluan pemeliharaan.
- Sistem kalibrasi sensor otomatis.

## 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. MCS. Electronics. (1999). *Tutorial Bascom-AVR (Version 1.0.0.8)*. Almere, Holland: Author.
5. MCS. Electronics. (2009). *BASCOM-AVR user manual (Version 1.11.9.4)*. Almere, Holland: Author.
6. <http://www.sensorland.com/HowPage037.html>. *Understanding pH measurement.*
7. <http://www.ph-meter.info/pH-electrode-construction>. *pH-electrode-construction.*
8. National Instruments. (2003). *Introduction to LabVIEW™ Six-Hour Course*. Texas, USA: Author
9. Clark, Cory L. (2005). *LabVIEW digital signal processing and digital communication*. The McGraw-Hill Companies, Inc. New York.
10. Jeffrey Travis, James Kring. (2007). *LabVIEW for Everyone: Graphical Programming Made Easy and Fun (3rd ed.)*. Prentice Hall. Indiana, USA.
11. Seinfeld, John H., Pandis, Spyros N. (2006). *Atmospheric Chemistry and Physics - From Air Pollution to Climate Change (2nd Edition)*.
12. Pujo Satrio, (2011). *Pengembangan Mekanik Alat Sampling Hujan Asam Sekuensial*. FMIPA IPB, Bogor: Author
13. Stand D. Tomich, M. Terry Dana. (1990). *Computer-Controlled Automated Rain Sampler (CCARS) for Rainfall Measurement and Sequential Sampling*. Journal of Atmospheric and Ocean Technology, USA: Author

14. Donald F. Gatz, Richard F. Selman, Richard K. Langs, dan Richard B. Holtzman. (1970). *An Automatic Sequential Rain Sampler*. Journal of Applied Meteorology, USA:Author
15. World Meteorological Organization. (2004). *Manual for The GAW Precipitation Chemistry Program*. Geneva, Switzerland: Author.
16. [http://id.wikipedia.org/wiki/Presipitasi\\_\(meteorologi\)](http://id.wikipedia.org/wiki/Presipitasi_(meteorologi)). *Presipitasi (meteorology)*.
17. <http://wawan-junaidi.blogspot.com/2009/08/dampak-hujan-asam.html>. *Dampak Hujan Asam*.



## Features

- High-performance, Low-power Atmel® AVR® 8-bit Microcontroller
- Advanced RISC Architecture
  - 133 Powerful Instructions – Most Single Clock Cycle Execution
  - 32 x 8 General Purpose Working Registers + Peripheral Control Registers
  - Fully Static Operation
  - Up to 16MIPS Throughput at 16MHz
  - On-chip 2-cycle Multiplier
- High Endurance Non-volatile Memory segments
  - 128Kbytes of In-System Self-programmable Flash program memory
  - 4Kbytes EEPROM
  - 4Kbytes Internal SRAM
  - Write/Erase cycles: 10,000 Flash/100,000 EEPROM
  - Data retention: 20 years at 85°C/100 years at 25°C<sup>(1)</sup>
  - Optional Boot Code Section with Independent Lock Bits
    - In-System Programming by On-chip Boot Program
    - True Read-While-Write Operation
    - Up to 64Kbytes Optional External Memory Space
    - Programming Lock for Software Security
    - SPI Interface for In-System Programming
- QTouch® library support
  - Capacitive touch buttons, sliders and wheels
  - QTouch and QMatrix acquisition
  - Up to 64 sense channels
- 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
  - Two 8-bit Timer/Counters with Separate Prescalers and Compare Modes
  - Two Expanded 16-bit Timer/Counters with Separate Prescaler, Compare Mode and Capture Mode
  - Real Time Counter with Separate Oscillator
  - Two 8-bit PWM Channels
  - 6 PWM Channels with Programmable Resolution from 2 to 16 Bits
  - Output Compare Modulator
  - 8-channel, 10-bit ADC
    - 8 Single-ended Channels
    - 7 Differential Channels
    - 2 Differential Channels with Programmable Gain at 1x, 10x, or 200x
  - Byte-oriented Two-wire Serial Interface
  - Dual Programmable Serial USARTs
  - Master/Slave SPI Serial Interface
  - Programmable Watchdog Timer with 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
  - Software Selectable Clock Frequency
  - ATmega103 Compatibility Mode Selected by a Fuse
  - Global Pull-up Disable
- I/O and Packages
  - 53 Programmable I/O Lines
  - 64-lead TQFP and 64-pad QFN/MLF
- Operating Voltages
  - 2.7 - 5.5V ATmega128L
  - 4.5 - 5.5V ATmega128
- Speed Grades
  - 0 - 8MHz ATmega128L
  - 0 - 16MHz ATmega128



8-bit Atmel  
Microcontroller  
with 128KBytes  
In-System  
Programmable  
Flash

ATmega128  
ATmega128L

Rev. 2467X-AVR-06/11



NB: Data selengkapnya disertakan dalam CD



**DS1307**

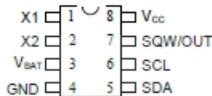
**64 x 8 Serial Real-Time Clock**

[www.maxim-ic.com](http://www.maxim-ic.com)

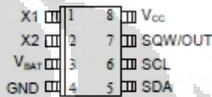
**FEATURES**

- 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<sub>CC</sub> - Primary Power Supply
- X1, X2 - 32.768kHz Crystal Connection
- V<sub>BAT</sub> - +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 CD



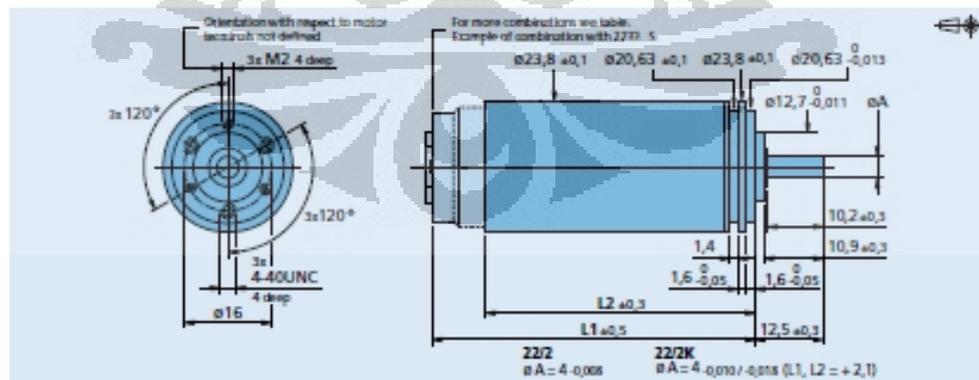
Spur Gearheads

0,1 Nm

For combination with  
DC-Micromotors  
Brushless DC-Motors  
Stepper Motors

Series 22/2		22/2	22/2K							
Housing material		metal	metal							
Geartrain material		metal	metal							
Recommended max. Input speed for:		4 000 rpm	4 000 rpm							
– continuous operation		≤ 3°	≤ 3°							
Backlash, at no-load		sintered bearings	ball bearings, preloaded							
Bearings on output shaft		≤ 3 N	≤ 100 N							
Shaft load, max.:		≤ 5 N	≤ 5 N							
– radial (6 mm from mounting face)		≤ 50 N	≤ 5 N							
– axial		≤ 0,04 mm	≤ 0,03 mm							
Shaft play		≤ 0,2 mm	≤ 0 mm							
– radial (6 mm from mounting face)		- 30 ... + 100 °C	- 30 ... + 100 °C							
– axial										
Operating temperature range										
<b>Specifications</b>										
Number of gear stages		2	3	4	5	6	7	8	9	10
Continuous torque	mNm	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Intermittent torque	mNm	400	400	400	400	400	400	400	400	400
Weight without motor, ca.	g	58	68	72	77	82	88	93	98	103
Efficiency, max.	%	90	86	81	73	66	59	53	48	43
Direction of rotation, drive to output		=	≠	=	≠	=	≠	=	≠	=
Reduction ratio <sup>1)</sup> (rounded)		3,1:1 5,4:1	9,7:1	17,2:1 30,7:1	54,6:1 97,3:1	173:1 308:1	548:1 975:1	1 734:1 3 088:1	5 490:1 9 780:1	17 386:1 30 969:1
L2 [mm] = length without motor		40,8	46,6	49,5	52,4	55,3	58,2	61,1	64,0	66,9
L1 [mm] = length with motor										
	2224R...SR	45,4	50,0	53,6	56,5	59,4	62,3	65,2	68,1	71,0
	2230FR...S	51,2	55,8	58,4	62,3	65,2	68,1	71,0	73,9	76,8
	2232U...SR	53,4	58,0	61,6	64,5	67,4	70,3	73,2	76,1	79,0
	2233FR...S	54,0	58,6	62,2	65,1	68,0	70,9	73,8	76,7	79,6
	2232U...BSL	52,3	61,9	65,5	68,4	71,3	74,2	77,1	80,0	82,9
	2248U...BSL	72,9	77,5	81,1	84,0	86,9	89,8	92,7	95,6	98,5
	AM2224...14	48,9	53,5	57,1	60,0	62,9	65,8	68,7	71,6	74,5

<sup>1)</sup> The reduction ratios are rounded; the exact values are available on request or at [www.faulhaber.com](http://www.faulhaber.com).



NB: Data selengkapnya disertakan dalam CD

Bulletin 52, Issue 4 Export: 22/4/2008

## TIPPING BUCKET RAINGAUGE

# Model TB3

**Special points of interest:**

- World standard 200mm catch
- Accuracy not affected by rainfall intensity
- Bucket sizes: 0.01 inch/ 0.2mm/ 0.5mm/ 1.0mm
- Long term stable calibration
- Leaf filter resists blocking
- Optional Internal Data Logger, with no external power requirement
- In-built discharge outlets at base for water collection and analysis
- Dual output signal for data collection and transmission
- World class meteorological instrument
- Easy to service with low maintenance requirement

### INTRODUCTION

The Hydrological Services Tipping Bucket Rain gauge is recognised as the world standard for measuring rainfall and precipitation in remote and unattended locations. The integrated syphon mechanism delivers high levels of accuracy across a broad range of rainfall intensities. Each unit consists of a collector funnel with leaf filter, an integrated syphon control mechanism, an outer enclosure with quick release fasteners, and base which houses the tipping bucket mechanism. The unit includes dual output reed switches with varistor protection as well as dual rainfall discharge outlets for water collection and/or analysis.



***TB3 Rain gauge***



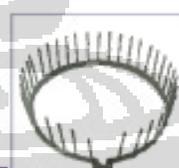
***ML1 Data Logger***



***Pole Mount Bracket Model TB334***



***Field Calibrator Model FCD***



***Bird Guard Model TB333***

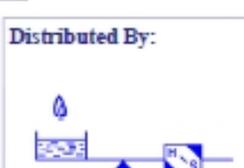
**Inside this issue:**

Special point of interest	1
Introduction	1
Photos	1
Operation	2
Specifications	2

**Designed & Manufactured By**  
**Hydrological Services Pty Ltd**

Address:  
48-50 Scrivener Street  
Liverpool, NSW, 2170, Australia  
Ph. 61 2 9601 2022 Fax. 61 2 9602 6971  
Web: [www.hydrologicalservices.com](http://www.hydrologicalservices.com)  
Email: [sales@hydrologicalservices.com](mailto:sales@hydrologicalservices.com)

**Distributed By:**





NB: Data selengkapnya disertakan dalam CD



## pH Sensor (Order Code PH-BTA)

Our pH Sensor can be used for any lab or demonstration that can be done with a traditional pH meter. This sensor offers the additional advantages of automated data collection, graphing, and data analysis. Typical activities using our pH sensor include studies of household acids and bases, acid-base titrations, monitoring pH change during chemical reactions or in an aquarium as a result of photosynthesis, investigations of acid rain and buffering, and investigations of water quality in streams and lakes.

### Collecting Data with the pH Sensor

This sensor can be used with the following interfaces to collect data:

- Vernier LabQuest<sup>®</sup> 2 or original LabQuest<sup>®</sup> as a standalone device or with a computer
- Vernier LabQuest<sup>®</sup> Mini with a computer
- Vernier LabPro<sup>®</sup> with a computer or TI graphing calculator
- Vernier Go!<sup>®</sup>Link
- Vernier EasyLink<sup>®</sup>
- Vernier SensorDAQ<sup>®</sup>
- CBL 2<sup>™</sup>
- TI-Nspire<sup>™</sup> Lab Cradle

Here is the general procedure to follow when using the pH Sensor:

1. Connect the pH Sensor to the interface.
2. Start the data-collection software<sup>1</sup>.
3. The software will identify the pH Sensor and load a default data-collection setup. You are now ready to collect data.

**Important:** Do not fully submerge the sensor. The handle is not waterproof.

### Data-Collection Software

This sensor can be used with an interface and the following data-collection software.

- **Logger Pro 3** This computer program is used with LabQuest 2, LabQuest, LabQuest Mini, LabPro, or Go!Link.
- **Logger Lite** This computer program is used with LabQuest 2, LabQuest, LabQuest Mini, LabPro, or Go!Link.
- **LabQuest App** This program is used when LabQuest 2 or original LabQuest is used as a standalone device.

<sup>1</sup> If you are using Logger Pro 2 with either a ULI or SBI, the sensor will not auto-ID. Open an experiment file for the pH Sensor in the Probes & Sensors folder.

NB: Data selengkapnya disertakan dalam CD

## Lampiran 6 : Datasheet pH Buffer 4

ORION MATERIAL SAFETY DATA SHEET  
ORION RESEARCH INCORPORATED  
THE SCHRAFFT CENTER  
529 MAIN STREET, BOSTON, MA 02129 USA  
TELEPHONE 617-242-3900  
I. PRODUCT IDENTIFICATION

-----  
PRODUCT NAME: ORION APPLICATION SOLUTION PH 4.01 BUFFER  
CATALOG NO.: 910104 OR 330004 EFFECTIVE DATE: 08/26/92  
HAZARDOUS SHIPMENT LABELING: DOT: NONE IATA: NONE  
PREPARED BY: THOMAS F. FLYNN TITLE: QUALITY ASSURANCE CHEMIST  
APPROVED BY: LYNN ORLOWITZ TITLE: DIRECTOR REGULATORY MATTERS  
II. HAZARDOUS INGREDIENTS (IDENTITY INFORMATION)

-----  
HAZARDOUS COMPONENTS\* CAS NO. % OSHA PEL ACGIH TLV LD 50 MG/KG  
SPECIFIC CHEMICAL IDENTITY:  
COMMON NAME(S)  
POTASSIUM HYDROGEN PHTHALATE(KHP) 877-24-7 1.01 NONE NONE NA\*  
AMARANTH RED DYE  
(C<sub>20</sub>H<sub>11</sub>N<sub>2</sub>O<sub>10</sub>S<sub>2</sub>\*3NA) 915-67-3 0.0005 NONE NONE 1,000(IPR-MUS)  
\*DEIONIZED WATER (H<sub>2</sub>O) 7732-18-5 98.99 NA NA 190,000(IPR-MUS)

NB: Data selengkapnya disertakan dalam CD

## Lampiran 7 : Datasheet pH Buffer 7

ORION MATERIAL SAFETY DATA SHEET  
ORION RESEARCH INCORPORATED  
THE SCHRAFFT CENTER  
529 MAIN STREET, BOSTON, MA 02129 USA  
TELEPHONE 617-242-3900  
I. PRODUCT IDENTIFICATION

-----  
PRODUCT NAME: ORION APPLICATION SOLUTION PH 7.00 BUFFER  
CATALOG NO.: 910107 OR 330007 EFFECTIVE DATE: 06/01/91  
HAZARDOUS SHIPMENT LABELING: DOT: NA IATA: NA  
PREPARED BY: THOMAS F. FLYNN TITLE: QUALITY ASSURANCE CHEMIST  
APPROVED BY: LYNN ORLOWITZ TITLE: DIRECTORY REGULATORY MATTERS  
II. HAZARDOUS INGREDIENTS (IDENTITY INFORMATION)

-----  
HAZARDOUS COMPONENTS\* CAS NO. % OSHA PEL ACGIH TLV LD 50 MG/KG  
SPECIFIC CHEMICAL IDENTITY:  
COMMON NAME(S)  
POTASSIUM PHOSPHATE (KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>) 7778-77-0 0.284 NONE NONE NONE LISTED  
SODIUM PHOSPHATE (NA<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub>) 7558-79-4 0.413 NONE NONE 298 (IVN-DOG)  
SODIUM CHROMATE (NA<sub>2</sub>CR<sub>2</sub>O<sub>7</sub>) 7775-11-3 0.013 50 MG/M<sup>3</sup> 50 MG/M<sup>3</sup> 57 (IPR-RAT)  
POTASSIUM DICHROMATE (K<sub>2</sub>CR<sub>2</sub>O<sub>7</sub>) 778-50-9 .00305 50 MG/M<sup>3</sup> 50 MG/M<sup>3</sup> 37 (IPR-RAT)  
\*\*DEIONIZED WATER (H<sub>2</sub>O) 7732-18-5 99.28645 NONE NONE 190,000 (IPR-MUS)

NB: Data selengkapnya disertakan dalam CD

## Lampiran 8 : Datasheet pH Buffer 10

ATI ORION MATERIAL SAFETY DATA SHEET  
ORION RESEARCH INCORPORATED  
THE SCHRAFFT CENTER  
529 MAIN STREET, BOSTON, MA 02129 USA  
TELEPHONE 617-242-3900  
I. PRODUCT IDENTIFICATION

-----  
PRODUCT NAME: ORION APPLICATION SOLUTION PH 10.01 BUFFER  
CATALOG NO. 910110  
EFFECTIVE DATE: 07/20/93  
HAZARDOUS SHIPMENT LABELING: DOT: NA IATA: NA  
PREPARED BY: TITLE: QUALITY ASSURANCE CHEMIST  
APPROVED BY: LYNN ORLOWITZ TITLE: DIRECTOR REGULATORY MATTERS  
II. HAZARDOUS INGREDIENTS (IDENTIFY INFORMATION)

-----  
HAZARDOUS COMPONENTS\* CAS NO. % OSHA PEL ACGIH TLV LD 50 MG/KG  
SPECIFIC CHEMICAL IDENTITY:  
COMMON NAME(S)  
SODIUM BICARBONATE (NAHCO<sub>3</sub>) 144-55-8 0.209 NONE NONE 4220(ORL-RAT)  
SODIUM CARBONATE (NA<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>) 497-19-8 0.264 NONE NONE 117(PR-MUS)  
METHYLPARABEN (CGH<sub>8</sub>O<sub>3</sub>) 99-76-3 0.001 NONE NONE NA  
FD&C BLUE (C<sub>37</sub>H<sub>36</sub>N<sub>2</sub>O<sub>8</sub>S<sub>3</sub>\*2NA) 384445-9 0.0005 NONE NONE 5.5 G/KG  
(SEN-RAT) LDLO  
\*\* DEIONIZED WATER (H<sub>2</sub>O) 7732-18-5 99.526 NONE NONE 190,000(PR-MUS)

NB: Data selengkapnya disertakan dalam CD