

Rancang Bangun Maritime Automatic Weather Station

Yanu Arizal¹ dan Made Dwi Jendra P¹

¹Stasiun Klimatologi Lombok Barat

Abstrak. Pengamatan parameter cuaca merupakan hal yang penting dalam memprakirakan cuaca dan melakukan analisa untuk mengetahui fenomena cuaca yang terjadi, minimnya pengamatan cuaca maritim di BMKG merupakan salah satu faktor dari tingkat akurasi prakiraan cuaca yang dikeluarkan BMKG. Diperlukan alat atau instrumen pemantau parameter cuaca maritim yang bekerja otomatis merekam data pengamatan untuk mempermudah pengamatan cuaca. Rancangan alat Maritime Automatic Weather Station terdiri dari beberapa pengukuran parameter cuaca seperti suhu udara, kelembaban udara, tekanan udara, suhu air laut, arah angin dan kecepatan angin. Perangkat keras terdiri atas sensor-sensor yaitu SHT11, BMP180, DS18B20, HCSR04, Wind Speed, Wind Direction dan juga perangkat keras lainnya yaitu minimum sistem ATmega 2560, Atmega 328, modul RTC3231, SD-Card, Telemetry 3DR, dan LCD 20x4 untuk menampilkan data, sedangkan perangkat lunak untuk membangun sistem terdiri dari Arduino IDE dan LabView. Data dari sensor-sensor akuisisi data diolah menggunakan mikrokontroler sehingga menghasilkan data parameter cuaca, selanjutnya data parameter tersebut dikirim menggunakan komunikasi nirkabel dan di tampilkan dalam aplikasi yang dibangun.

Kata Kunci: SHT11, BMP180, DS18B20, HCSR04, Wind Speed, Wind Direction, mikrokontroler.

Abstract. Abstract Observation of weather parameters are important for forecasting and analysing weather to determine the weather phenomenon, the lack of maritime weather observations in BMKG is one of the factors of the accuracy of weather forecasts issued by BMKG. Therefore, it required a tool or instrument to monitoring maritime meteorological parameters that work automatically to record data and facilitate weather observation. The design of Maritime Automatic weather station consists of several meteorological parameters such as air temperature, air humidity, air pressure, sea water temperature, wind direction and wind speed. The hardware consists of several sensors such as SHT11,

BMP180, DS18B20, HCSR04, Wind Speed, Wind Direction and other supporting devices like ATmega 2560 and Atmega 328 minimum system, RTC3231, SD-Card, Telemetry 3DR, and LCD 20X4 to display data, while for the software consists of Arduino IDE to build the system and LabView. Data from sensors is processed using a microcontroller to generate weather parameter data, then they will be transmitted using wireless communication and displayed in software application.

Keywords: SHT11, BMP180, DS18B20, HCSR04, Wind Speed, Wind Direction, microcontroller.

Pendahuluan

Indonesia merupakan sebuah negara kepulauan dengan dua pertiga luas lautan lebih besar daripada daratan, sebuah negara yang memiliki laut yang luas, Indonesia juga bisa disebut sebagai negara maritim. Pengamatan atau observasi cuaca sangatlah diperlukan untuk keselamatan manusia, di mana terdapat unsur cuaca yang harus diamati dan dijadikan sebagai bahan untuk memprakirakan cuaca, prakiraan tersebut bisa dimanfaatkan untuk mengurangi atau bahkan menghindari resiko buruk yang diakibatkan oleh cuaca itu sendiri.

Pengamatan cuaca diperlukan sebuah alat atau *instrument* yang ditempatkan dalam suatu lokasi tertentu untuk mewakili kondisi lingkungan di sekitarnya atau dapat disebut sebagai stasiun pengamatan. Menurut (Kanton, 2009) Kerapatan jaringan stasiun pengamatan dan keakuratan data akan menentukan hasil prakiraan cuaca yang baik. Oleh karena itu penulis akan membuat "Rancang Bangun *Maritime Automatic Weather Station*" yang diharapkan dapat semakin meningkatkan kerapatan jaringan, karena masih banyak daerah yang belum terdapat jaringan stasiun pengamatan khususnya pengamatan untuk cuaca maritim.

Metodologi

Perancangan Sistem

Automatic Weather Station (AWS) didefinisikan sebagai stasiun meteorologi yang melakukan pengamatan dan mengirim secara otomatis (WMO, 2008).

Perancangan program akuisisi untuk masing-masing Parameter/sensor dilakukan dengan mempertimbangkan ketentuan-ketentuan pengamatan yang telah ditetapkan WMO dan BMKG (Ibnu, 2010). Perancangan sebuah sistem AWS maritim dibangun dibagi dua bagian utama dalam perancangan yaitu hardware dan software. Yaitu mulai dari blok diagram AWS maritim, mikrokontroller yang akan digunakan beserta sensor-sensor, rangkaian sistem AWS, akuisisi data serta juga menjelaskan perencanaan tampilan softwarenya dan juga sistem akuisisi data sensor.

Akuisisi Data Sensor

Sistem akuisisi data sensor merupakan hal penting dalam membangun sistem M-AWS (*Maritime Automatic Weather Station*) dimana dalam pembacaan data dari sensor-sensor algoritma perhitungan harus sesuai yang diberikan oleh *datasheet* sensor. Berikut proses pembacaan akuisisi data dari sensor-sensor yang digunakan:

Akuisisi Data Sensor SHT11

Sensor SHT11 adalah suatu modul chip multi sensor suhu dan kelembaban yang menghasilkan keluaran digital, berdasarkan spesifikasi dari *datasheet* sensirion menghasilkan kesimpulan. Untuk membaca nilai suhu dan kelembaban pertama-tama adalah menentukan resolusi bit pengukuran sensor. Pada program ini resolusi bit dipilih 14 bit untuk suhu dan 12 bit untuk kelembaban yang merupakan *default* dari resolusi pengukuran SHT11 setelah itu melakukan pengukuran dengan memberikan perintah *command* untuk pembacaan suhu perintah "00011" sedangkan untuk pembacaan kelembaban menggunakan perintah "00101" pada pin DATA sensor.

Command	Code
Reserved	0000x
Measure Temperature	00011
Measure Humidity	00101
Read Status Register	00111
Write Status Register	00110
Reserved	0101x-1110x
Soft reset, resets the interface, clears the status register to default values wait minimum 11 ms before next command	11110

Gambar 1. *Command List* untuk SHT11.

(Sumber Sensirion, 2008. *Datasheet Humidity dan Temperature*)

Setelah memberikan *command* selanjutnya SHT11 melakukan pengukuran dan akan memberikan nilai ke mikrokontroller. Setelah menerima kode biner

mikrokontroller selanjutnya akan mengubah biner ke desimal (val) dan dimasukkan ke perhitungan temperatur:

$$\begin{aligned} \text{Temperature} &= d_1 + d_2 * SO_T \\ &= -40 + 0,01 * \text{val} \end{aligned}$$

VDD	d1 [°C]	d1 [°F]
5V	-40.00	-40.00
4V	-39.75	-39.55
3.5V ⁽³⁾	-39.66	-39.39
3V ⁽³⁾	-39.60	-39.28
2.5V ⁽³⁾	-39.55	-39.19

SO _T	d2 [°C]	d2 [°F]
14bit	0.01	0.018
12bit	0.04	0.072

Gambar 2. Perhitungan suhu untuk SHT11.

(Sumber Sensirion, 2008. *Datasheet Humidity dan Temperature*)

Berikut ini adalah contoh pembacaan data suhu Kode biner:

$$0001110001000011 = 7235$$

$$\begin{aligned} \text{Temp} &= -40 + 0,01 * \text{val} \\ &= -40 + 0,01 * 7235 \\ &= 32,35 \text{ C} \end{aligned}$$

Sedangkan perhitungan untuk kelembaban SHT11 adalah:

$$\begin{aligned} RH &= c_1 + c_2 * SO_{RH} + c_3 * SO_{RH}^2 \\ &= -4 + 0,0405 * \text{val} + (-0,0000028) * \text{val}^2 \end{aligned}$$

SO _{RH}	c1	c2	c3
12 bit	-4	0.0405	-2.8 * 10 ⁻⁶
8 bit	-4	0.648	-7.2 * 10 ⁻⁴

Gambar 3. Perhitungan Kelembaban SHT11.

(Sumber Sensirion, 2008. *Datasheet Humidity dan Temperature*)

Berikut ini adalah contoh pembacaan data kelembaban Kode biner:

$$0000011100011001 = 1817$$

$$\begin{aligned} RH &= -4 + 0,0405 * 1817 + (-0,0000028) * 3301489 \\ &= 60,34 \% \end{aligned}$$

Akuisisi Data Sensor DS18B20

Sensor DS18B20 merupakan sebuah modul keluaran Dallas Semiconductor memiliki protocol 1Wire artinya proses pembacaan data dari sensor ke mikrokontroller hanya membutuhkan 1 kabel saja untuk antar mukanya, output dari sensor ini telah berupa suhu dalam satuan celcius, di mana dalam pembacaan sensor nya pertama-tama adalah mengalamatkan sensor pada mikrokontroller, selanjutnya mikrokontroller memberikan perintah reset bus, setelah itu melakukan inialisasi addrees 1 wire 0xCC perintah convert nilai suhu dengan perintah 0xBE, melakukan reset bus, membaca data dari strachpad berupa data 16 bit MSB dan LSB pada ROM di dalam chip sensor dengan perintah *tempsensor.read* setelah mendapatkan data dikonveriskan ke nilai desimal setelah itu dilakukan perhitungan di bawah ini :

Temperature = data [1] (MSB) + (LSB) / 16

Berikut adalah contoh dimana penerimaan data dari rom 111100111 maka perhitungannya:

111100111 = 487

Temperature = 487/16

= 30,4375 C

TEMPERATURE (°C)	DIGITAL OUTPUT (BINARY)	DIGITAL OUTPUT (HEX)
+125	0000 0111 1101 0000	07D0h
+85*	0000 0101 0101 0000	0550h
+25.0625	0000 0001 1001 0001	0191h
+10.125	0000 0000 1010 0010	00A2h
+0.5	0000 0000 0000 1000	0008h
0	0000 0000 0000 0000	0000h
-0.5	1111 1111 1111 1000	FFF8h
-10.125	1111 1111 0101 1110	FF5Eh
-25.0625	1111 1110 0110 1111	FE6Fh
-55	1111 1100 1001 0000	FC90h

Gambar 4. Perbandingan data relationship DS18B20.

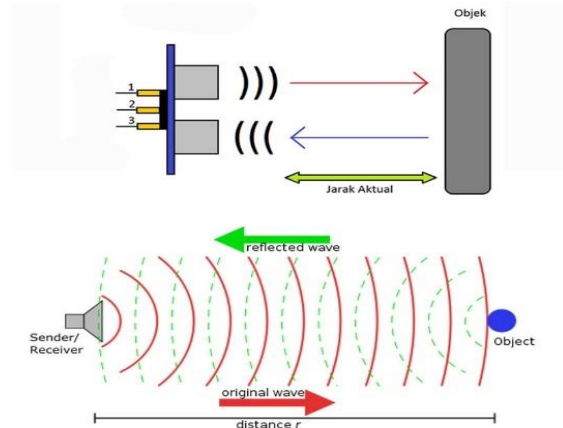
(Sumber 1-Wire Digital Thermometer www.maximintegrated.com)

Akuisisi Data Sensor HCSR04

Sensor ultrasonik HCSR04 keluaran elecfreaks, untuk mendapatkan nilai jarak sensor mengeluarkan gelombang ultrasonik yang dibangkitkan melalui sebuah alat yang disebut Piezoelektrik dengan frekuensi tertentu.

Piezoelektrik ini menghasilkan gelombang ultrasonik berfrekuensi 40kHz. Secara umum, alat ini akan menembakkan gelombang ultrasonik menuju suatu area atau suatu target. Setelah gelombang menyentuh permukaan target, maka akan memantulkan kembali gelombang tersebut. Gelombang pantulan dari target akan ditangkap oleh sensor, kemudian sensor menghitung selisih antara waktu pengiriman gelombang dan waktu gelombang pantul diterima.

Cara menggunakan alat ini adalah ketika kita memberikan tegangan positif pada pin Trigger selama 10µs, maka sensor akan mengirimkan 8 step sinyal ultrasonik dengan frekuensi 40kHz. Selanjutnya sinyal akan diterima pada pin Echo. Untuk mengukur jarak benda yang memantulkan sinyal tersebut, maka selisih waktu ketika mengirim dan menerima sinyal digunakan untuk menentukan jarak benda tersebut. Berikut adalah contoh perhitungan mengukur jarak dari sensor:



Gambar 5. Perhitungan Jarak untuk HCSR04. (Sumber www.howtomechatronics.com/wp-content/uploads/2015/07/Ultrasonic-Sensor-Equations.png)

Percobaan jarak sensor HCSR04 dengan benda adalah 100 cm diketahui pembacaan waktu pada mikrokontroler adalah 5882µs, maka perhitungannya sebagai berikut:

$$S = t \times V/2$$

Dimana :

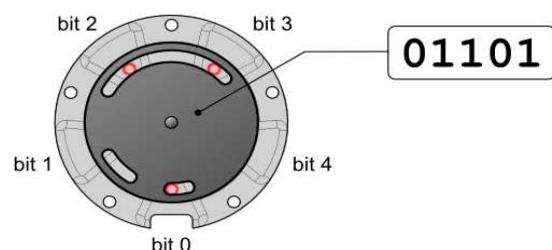
s = adalah jarak sensor dengan titik pantulan

t = timer pembacaan mikrokontroler (µs)

v = kecepatan suara(m/s)

Akuisisi Data Sensor Wind direction

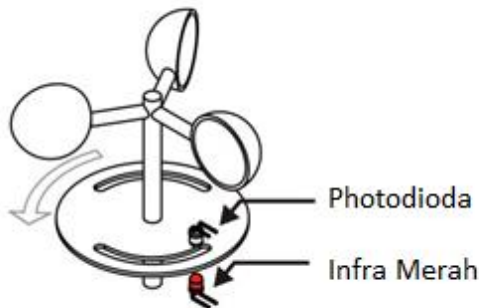
Pada sistem yang dibangun untuk sensor wind direction menggunakan metode *grey code encoder* yaitu mengkodekan nilai nilai bit-bit sehingga menghasilkan nilai derajat, untuk sensor nya menggunakan 5 (lima) pasang *photodiode* dan *infrared* atau bisa disebut dengan *optocoupler*. Data analog dari *optocoupler* selanjutnya diubah menjadi sinyal digital menggunakan ADC (Analog to Digital Converter) dari mikrokontroler sehingga menghasilkan nilai binary yang nantinya nilai *binary* tersebut akan diubah menjadi 0° sampai 348°. Berikut adalah bentuk rotary encodernya



Gambar 6. Perhitungan nilai derajat *wind direction*. (Sumber <http://www.yotopuce.com/EN/article/how-to-measure-wind-part-1>)

Akuisisi Data Sensor Wind Speed

Untuk sensor *wind speed* sama halnya dengan *wind direction*, sensor yang digunakan adalah *optocoupler* di mana untuk windspeed hanya menggunakan 1 buah *optocoupler*, sinyal dari *optocoupler* diubah ke dalam sinyal digital sehingga menghasilkan pulsa “010101”. Data tersebut diubah menggunakan perhitungan di bawah ini menggunakan *Mikrokontroller*:



Gambar 7. Perhitungan nilai wind speed.

(Sumber_ <http://www.yotopuce.com/EN/article/how-to-measure-wind-part-1>)

Berikut adalah contoh perhitungan konversi nilai kecepatan angin menggunakan Mikrokontroller. Pertama adalah mencari rotasi permenit atau RPM :

$$\text{RPM} = ((\text{counter}/4) * 60) / (\text{period}/1000)$$

Setelah mengetahui nilai RPM langkah selanjutnya adalah mengubah nilai RPM ke dalam m/s dimana perhitungannya adalah sebagai berikut:

$$\text{m/s} = ((2 * \pi * \text{radius} * \text{RPM})/60) / 1000$$

setelah mengetahui nilai kecepatan dalam m/s langkah selanjutnya adalah mengkonversi nilai tersebut ke dalam knot, perhitungan konversi sebagai berikut

$$\text{knot} = (((2 * \pi * \text{radius} * \text{RPM})/60) / 1000) * 1.94).$$

Akuisisi Data Sensor BMP180

Sensor tekanan BMP180 adalah sensor keluaran BOSCH SENSORTTEC yang telah dikalibrasi oleh pabrikan, sensor BMP180 juga dapat untuk mengukur suhu tetapi dalam penelitian ini hanya parameter tekanan yang digunakan, pengaksesan data tekanan dengan menggunakan komunikasi I2C, untuk mengetahui nilai tekanan pertama-tama adalah dengan membaca nilai variabel-variabel yang telah disimpan di EEPROM sensor, berikut di bawah ini adalah gambar nilai variabelnya

Read calibration data from the EEPROM of the BMP180		
read out EEPROM registers, 16 bit, MSB first		
AC1 (0xAA, 0xAB)	(16 bit)	
AC2 (0xAC, 0xAD)	(16 bit)	
AC3 (0xAE, 0xAF)	(16 bit)	
AC4 (0xB0, 0xB1)	(16 bit)	
AC5 (0xB2, 0xB3)	(16 bit)	
AC6 (0xB4, 0xB5)	(16 bit)	
B1 (0xB6, 0xB7)	(16 bit)	
B2 (0xB8, 0xB9)	(16 bit)	
MB (0xBA, 0xBB)	(16 bit)	
MC (0xBC, 0xBD)	(16 bit)	
MD (0xBE, 0xBF)	(16 bit)	

Gambar 8. Variabel EEPROM BMP180.

(Sumber_ https://aebst.resource.bosch.com/media/_tech/media/datasheets/BSTBMP180DS000.pdf)

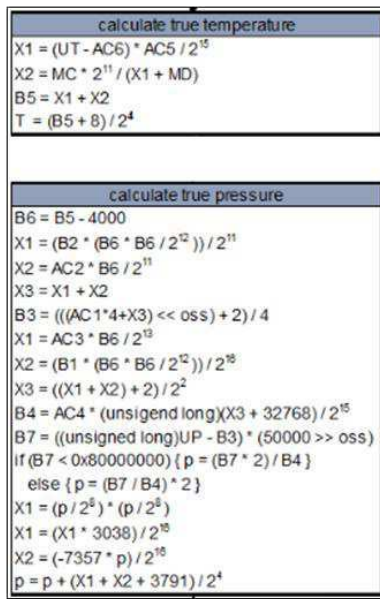
Setelah membaca nilai variabel kalibrasi selanjutnya menghitung nilai *uncompensated temperature (UT)* dan *uncompensated pressure (UP)* yang nantinya UT dan UP merupakan nilai awal untuk menghitung nilai suhu dan tekanan yang sebenarnya, berikut adalah proses mendapatkan nilai UT dan UP.

read uncompensated temperature value	
write 0x2E into reg 0xF4, wait 4.5ms	
read reg 0xF6 (MSB), 0xF7 (LSB)	
UT = MSB << 8 + LSB	
read uncompensated pressure value	
write 0x34+(0x05<<6) into reg 0xF4, wait	
read reg 0xF6 (MSB), 0xF7 (LSB), 0xF8 (XLSB)	
UP = (MSB<<16 + LSB<<8 + XLSB) >> (8-0x05)	

Gambar 10. Perhitungan UT dan UP

(Sumber_ https://aebst.resource.bosch.com/media/_tech/media/datasheets/BSTBMP180DS000.pdf)

Setelah mendapatkan nilai-nilai variabel diatas maka langkah selanjutnya adalah melakukan perhitungan untuk menentukan nilai suhu dan tekanan yang sebenarnya berikut adalah perhitungan untuk mencari nilai suhu dan tekanan.

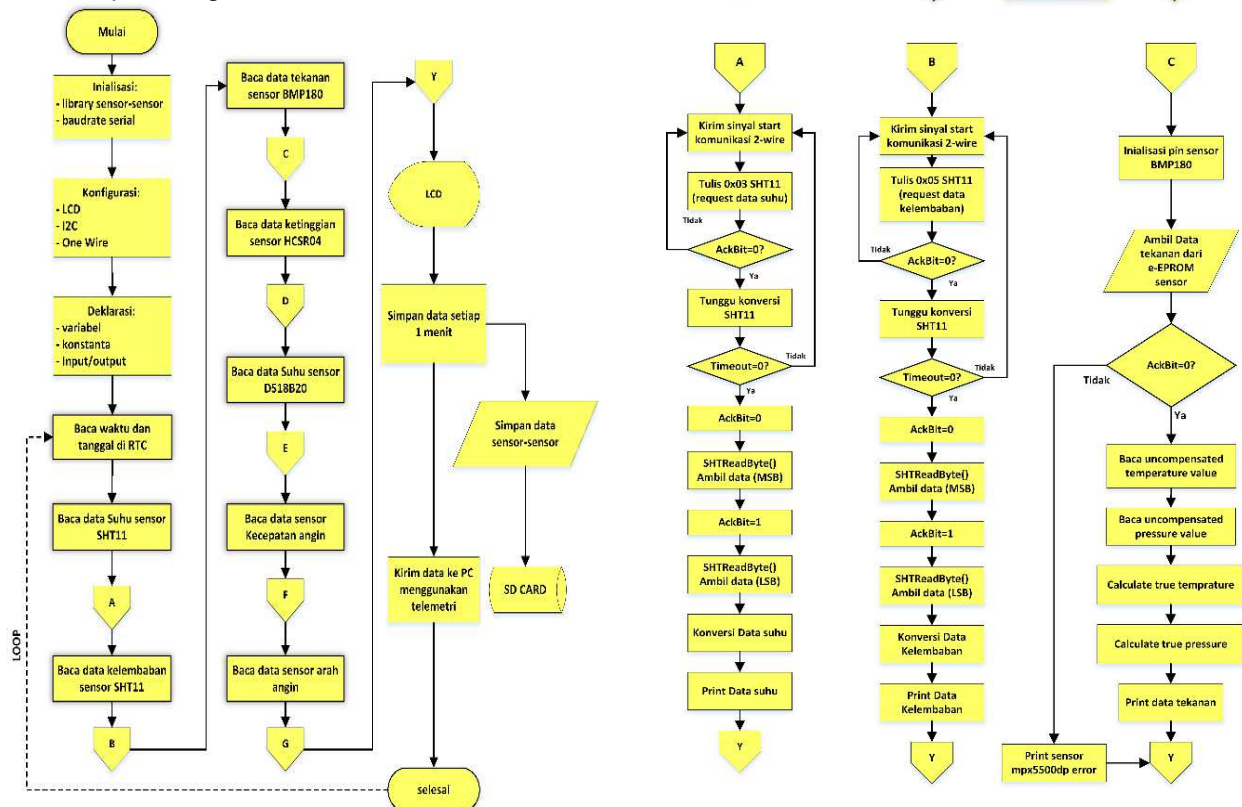


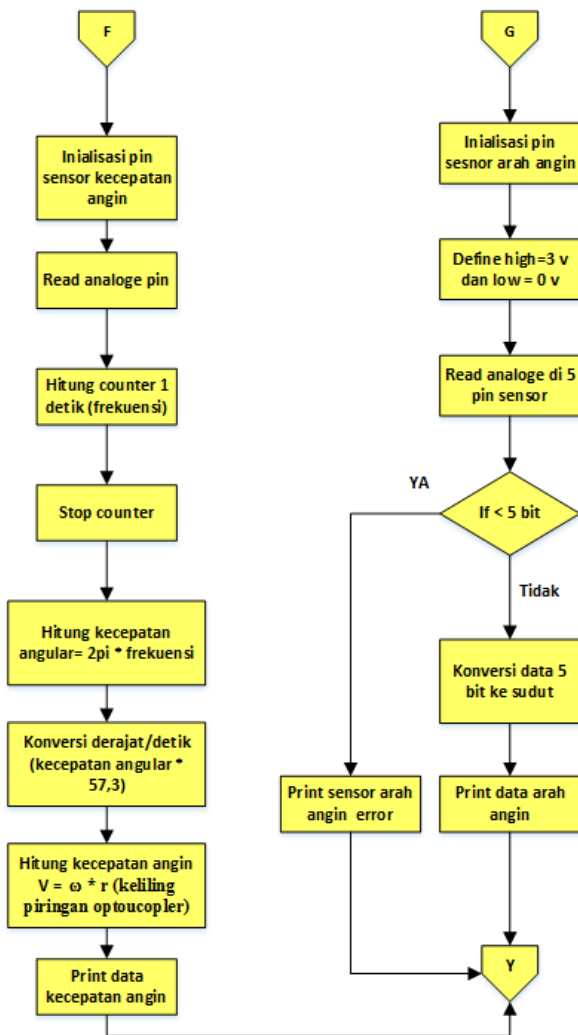
Gambar 11. Perhitungan tekanan

(Sumber https://aebst.resource.bosch.com/media/_tech/media/datasheets/BSTBMP180DS000.pdf)

Blok Diagram Alat

Diagram alir akuisi data merupakan hal yang penting dalam pembuatan sistem automatic weather system maritime karena dapat mempermudah dalam merancang sebuah sistem. Diagram alir penelitian ini secara keseluruhan dapat dilihat seperti diagram alir di bawah ini:





Gambar 12. Blok Diagram Sistem.

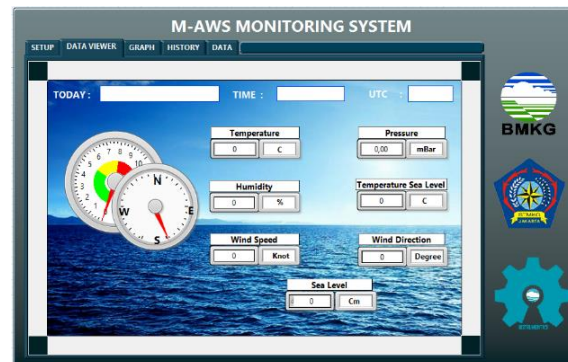
Hasil dan Pembahasan

Hasil perancangan sistem adalah terbentuknya sebuah sistem pengamatan cuaca otomatis tetap maritim dengan parameter suhu udara, kelembaban udara, tekanan udara, arah dan kecepatan angin, water level atau ketinggian air laut, dan suhu air laut. Memiliki komunikasi nirkabel, untuk data hasil pengamatan bisa dilihat pada layar lcd 20x4, terdapat penyimpanan sementara atau memory sebesar 8gb digunakan untuk membackup data apabila dalam komunikasi data telemetry mengalami gangguan. Berikut hasil dari perancangan sistem yang telah dibuat.



Gambar 13. Hasil perancangan sistem Perangkat keras.

Berikut merupakan hasil program interface yang dibuat Menggunakan LabView dengan metode *real time transceiver* untuk menampilkan data dari hardware melalui komunikasi nirkabel:



Gambar 14. Rancangan tampilan Software.

Pengujian dilakukan dengan menggunakan metode kalibrasi yang telah diterapkan di laboratorium Pusat Laboratorium Kalibrasi Peralatan Meteorologi BMKG Pusat, dengan berpedoman pada Peraturan Kepala Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika Nomor 23 Tahun 2015 (Tata Cara Tetap Pelaksanaan Kalibrasi Peralatan Pengamatan Meteorologi, Klimatologi Dan Geofisika).

Tujuan dilakukan Kalibrasi digunakan untuk mengetahui perbandingan nilai simpangan dari data yang dihasilkan alat dan nilai yang dikeluarkan oleh alat operasional yang telah dikalibrasi, di mana hasil pengujian selanjutnya dapat digunakan untuk memberikan nilai koreksi pada sistem maritime automatic weather station (M-AWS)

Pengujian Sensor Suhu SHT11 dan Sensor DS18B20

Pengujian parameter suhu udara, kelembaban udara, tekanan udara, suhu air laut, arah dan kecepatan angin dilakukan di pusat lab kalibrasi peralatan meteorologi BMKG pusat, kalibrasi sensor suhu udara SHT11 menggunakan *chamber Kalibrator Theodor Friedrichs*, dengan

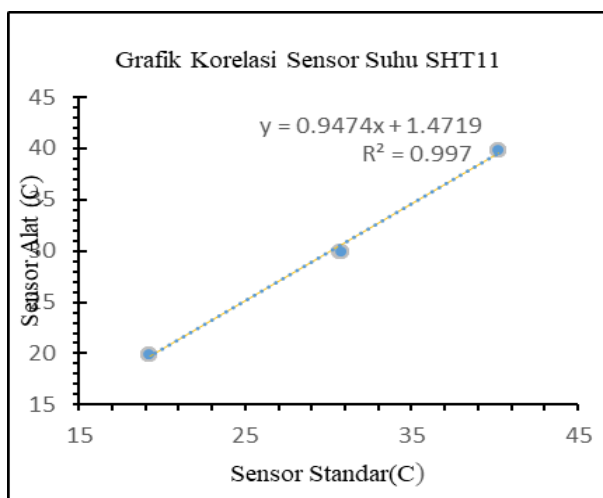
sensor standar Fluke Hart Scientific Thermometer Type 1502A. Proses pengambilan suhu dilakukan dengan mengambil tiga set poin, yaitu 20 °C, 30 °C dan 40 °C.



Gambar 15. Proses kalibrasi Suhu Sensor SHT11 dan DS18B20.

Tabel 1. Data hasil kalibrasi sensor suhu SHT11

Set point	Standar			Alat	
	Data	Koreksi	temp	Data	Koreksi
20C	19.93	-0.003	19.93	19.16	-0.8
	19.94	-0.003	19.94	19.18	-0.8
	19.95	-0.003	19.95	19.20	-0.7
	19.95	-0.003	19.95	19.23	-0.7
30C	29.93	-0.005	29.93	30.66	0.7
	29.94	-0.005	29.94	30.70	0.8
	29.95	-0.005	29.95	30.75	0.8
	29.95	-0.005	29.95	30.75	0.8
40C	39.90	-0.008	39.89	40.19	0.3
	39.90	-0.008	39.89	40.19	0.3
	39.89	-0.008	39.88	40.18	0.3
	39.88	-0.008	39.87	40.16	0.3
Rata-Rata Koreksi				0.11	



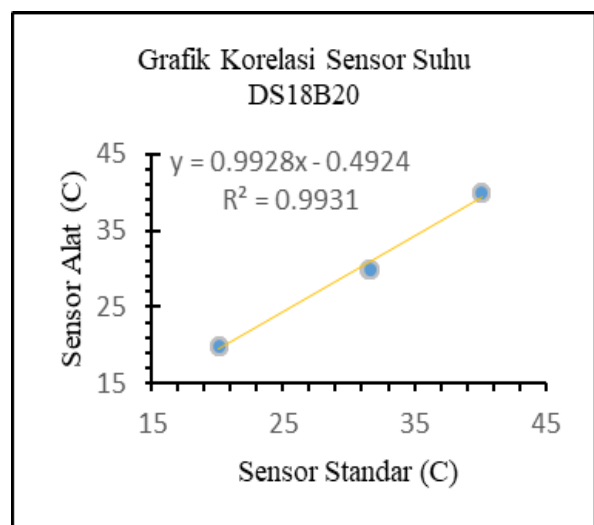
Gambar 16. Grafik Korelasi Sensor SHT11 dengan Standar.

Berdasarkan Gambar 16, grafik tersebut memiliki hubungan kuat antara sensor dengan alat standar, dan dari hasil kalibrasi Tabel 1 dapat diketahui bahwa data dari sensor suhu udara SHT11 memiliki penyimpangan rata-rata sebesar 0.11°C, sehingga tidak perlu memberikan nilai koreksi pada sistem dikarenakan penyimpangan masih berada dalam toleransi yang dikeluarkan oleh WMO dan BMKG untuk parameter suhu udara adalah sebesar 0.2°C.

Kalibrasi sensor suhu air DS18B20 menggunakan *chamber* Kalibrator *Theodor Friedrichs*, menggunakan sensor standar *Fluke Hart Scientific Thermometer Type 1502A*. Proses pengambilan suhu dilakukan dengan mengambil tiga set poin, yaitu 20 °C, 30 °C dan 40 °C.

Tabel 2. Data Hasil Kalibrasi Sensor DS18B20

Set point	Standar			Alat	
	Data	Koreksi	temp	Data	Koreksi
20C	19.93	-0.003	19.93	20.12	0.19
	19.93	-0.003	19.93	20.12	0.19
	19.92	-0.003	19.92	20.19	0.27
	19.92	-0.003	19.92	20.19	0.27
30C	29.95	-0.005	29.95	31.56	1.62
	29.95	-0.005	29.95	31.56	1.62
	29.96	-0.005	29.96	31.69	1.74
	29.97	-0.005	29.97	31.69	1.73
40C	39.90	-0.008	39.89	40.13	0.24
	39.91	-0.008	39.90	40.13	0.23
	39.90	-0.008	39.89	40.13	0.24
	39.90	-0.008	39.89	40.13	0.24
Rata-Rata Koreksi				0.7	



Gambar 17. Grafik Korelasi Sensor DS18B20 dengan Standar.

Hasil kalibrasi diketahui bahwa data dari sensor suhu air DS18B20 memiliki penyimpangan sebesar 0.7°C. Berdasarkan gambar 17 diketahui bahwa sensor memiliki hasil yang cukup linier, namun masih diluar toleransi nilai yang diperbolehkan WMO dan BMKG yaitu sebesar 0.2. Sehingga perlu memberikan nilai koreksi pada sistem.

Pengujian Sensor Kelembaban SHT11

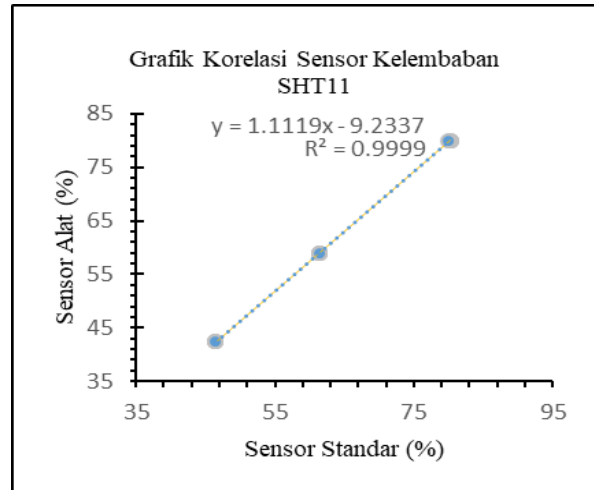
Kalibrasi sensor SHT11 untuk parameter kelembaban menggunakan *chamber Kalibrator Theodor Friedrichs*, dengan menggunakan sensor standar Fluke Hart Scientific Thermometer Type 1502A. Proses pengambilan suhu dilakukan mengambil tiga set poin, yaitu 40%, 60% dan 80%.



Gambar 18. Proses kalibrasi kelembaban.

Tabel 3. Data Hasil Kalibrasi Sensor Kelembaban

Set point	Standar			Alat	
	Data	Koreksi	RH	Data	Koreksi
40%	42.50	-0.01	42.49	46.45	3.96
	42.50	-0.01	42.49	46.45	3.96
	42.47	-0.01	42.46	46.42	3.96
	42.48	-0.01	42.47	46.43	3.96
60%	58.89	-0.03	58.86	61.37	2.51
	58.90	-0.03	58.87	61.37	2.50
	58.90	-0.03	58.87	61.37	2.50
	58.90	-0.03	58.87	61.40	2.53
80%	80.04	-0.05	79.99	80.29	0.30
	80.04	-0.05	79.99	80.29	0.30
	80.03	-0.05	79.98	80.17	0.19
	80.04	-0.05	79.99	80.00	0.01
Rata-Rata Koreksi				2.22	



Gambar 19. Grafik Koefisien Korelasi Sensor SHT11 dengan standar.

Hasil kalibrasi pada Tabel 3 maka dapat diketahui bahwa data dari Sensor Kelembaban udara SHT11 memiliki penyimpangan rata-rata sebesar 2.22%, Sehingga tidak perlu memberikan nilai koreksi pada sistem dikarenakan penyimpangan masih berada dalam toleransi yang dikeluarkan oleh WMO dan BMKG untuk parameter kelembaban udara adalah sebesar 3%.

Pengujian Sensor Tekanan BMP180

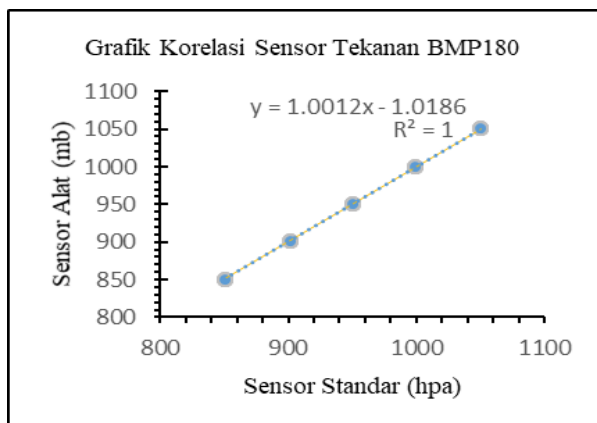
Kalibrasi sensor tekanan BMP180 menggunakan *chamber Kalibrator Theodor Friedrichs*, menggunakan sensor standar paroscientificsc. Proses pengambilan data tekanan udara dilakukan dengan mengambil 5 (lima) set poin, yaitu 850 hpa, 900 hpa, 950 hpa, 1000 hpa dan 1050 hpa.



Gambar 20. Proses kalibrasi Tekanan Sensor BMP180.

Tabel 4. Data Hasil Kalibrasi Sensor BMP180

Set point	Standar (Hpa)		Alat (Hpa)	
	Data	Pressure	Data	Koreksi
850	850.36	850.39	850.41	0.02
	850.36	850.39	850.40	0.01
	850.36	850.39	850.39	0.00
	850.36	850.39	850.36	-0.03
900	901.66	901.69	901.56	0.10
	901.66	901.69	901.66	0.00
	901.66	901.69	901.65	0.01
	901.66	901.69	901.66	0.00
950	950.05	950.07	950.02	-0.05
	950.05	950.07	950.04	-0.03
	950.05	950.07	950.02	-0.05
	950.05	950.07	950.05	-0.02
1000	999.53	999.57	999.42	-0.15
	999.53	999.57	999.43	-0.14
	999.53	999.57	999.42	-0.15
	999.53	999.57	999.45	-0.12
1050	1050.50	1050.55	1050.30	-0.24
	1050.50	1050.55	1050.30	-0.24
	1050.50	1050.55	1050.30	-0.24
	1050.50	1050.55	1050.27	-0.27
Rata-Rata Koreksi				-0.07

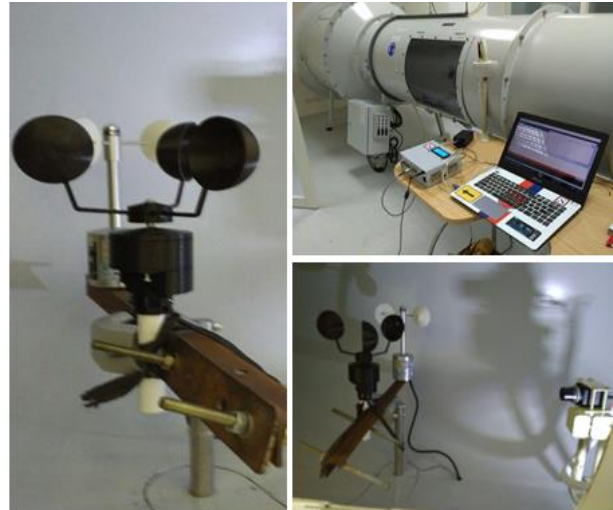


Gambar 21. Grafik Koefisien Korelasi Sensor BMP180 dengan standar.

Dari Tabel 4 diketahui bahwa data dari Sensor Tekanan udara BMP180 memiliki penyimpangan rata-rata sebesar 0,079 hpa, sehingga tidak perlu memberikan nilai koreksi pada sistem dikarenakan penyimpangan masih berada dalam toleransi yang dikeluarkan oleh WMO dan BMKG untuk parameter Tekanan udara adalah sebesar 0,1 hpa.

Pengujian Sensor Wind Speed

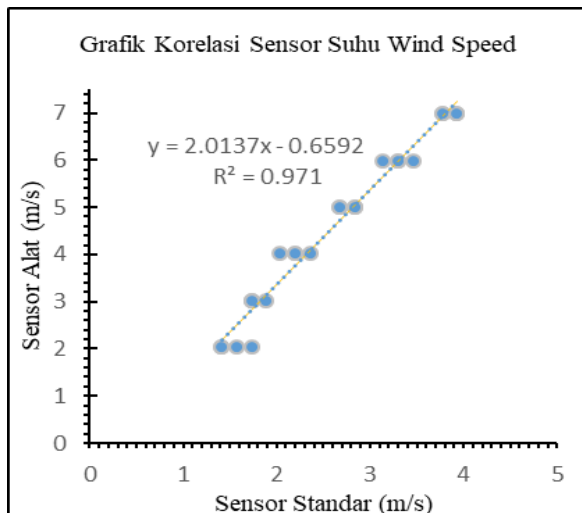
Kalibrasi sensor Wind speed menggunakan Wind tunnel Kalibrator Theodor Friedrichs, menggunakan sensor standar. Dengan memberikan set point sebesar 2, 3, 4, 5, 6, 7 m/s.



Gambar 22. Proses kalibrasi Sensor Wind Speed

Tabel 5. Data Hasil Kalibrasi Sensor Wind Speed

Set point	Standar			Alat	
	Data	Koreksi	m/s	Data	Koreksi
2m/s	2.05	-0.02	2.03	1.41	0.64
	2.05	-0.02	2.03	1.73	0.32
	2.05	-0.02	2.03	1.57	0.48
	2.05	-0.02	2.03	1.41	0.64
3m/s	3.04	-0.03	3.01	1.88	1.16
	3.04	-0.03	3.01	1.73	1.31
	3.04	-0.03	3.01	1.73	1.31
	3.04	-0.03	3.01	1.73	1.31
4m/s	4.02	0.00	4.02	2.04	1.98
	4.02	0.00	4.02	2.20	1.82
	4.02	0.00	4.02	2.36	1.66
	4.02	0.00	4.02	2.20	1.82
5m/s	5.01	0.00	5.01	2.83	2.18
	5.01	0.00	5.01	2.67	2.34
	5.01	0.00	5.01	2.67	2.34
	5.01	0.00	5.01	2.83	2.18
6m/s	5.99	0.00	5.99	3.30	2.69
	5.99	0.00	5.99	3.14	2.85
	5.99	0.00	5.99	3.30	2.69
	5.99	0.00	5.99	3.46	2.53
7m/s	6.98	0.01	6.99	3.93	3.05
	6.98	0.01	6.99	3.77	3.21
	6.98	0.01	6.99	3.77	3.21
	6.98	0.01	6.99	3.93	3.05
Rata-Rata Koreksi					2.22

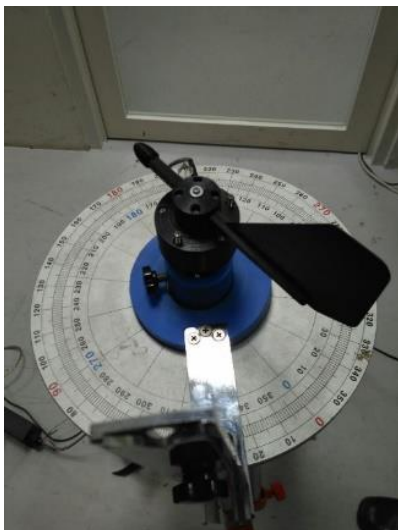


Gambar 23. Grafik Koefisien Korelasi Sensor Wind Speed dengan standar.

Dari Tabel 5 diketahui bahwa data dari sensor wind speed memiliki treshhold nilai sebesar 2 m/s yang artinya bahwa sensor wind speed memiliki skala awal pembacaan sebesar 2 m/s. Dari gambar 19 diketahui bahwa sensor memiliki akurasi data yang linier dengan sensor standar tetapi juga sensor ini memiliki penyimpangan rata-rata 1.95 m/s, dikarenakan penyimpangan dalam toleransi yang dikeluarkan oleh WMO dan BMKG untuk parameter kecepatan angin adalah sebesar 0.5 m/s maka perlu dilakukan nya koreksi pembacaan dalam sistem.

Pengujian sensor Wind Direction

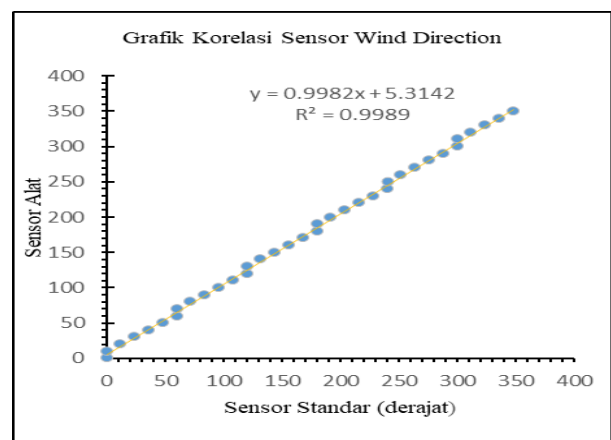
Kalibrasi sensor Wind direction menggunakan cara manual menggunakan busur, berikut adalah gambar kalibrasinya.



Gambar 24. Proses kalibrasi Wind Direction

Tabel 6. Hasil Kalibrasi Sensor wind Direction

No	Standar (derajat)	Alat (derajat)	Koreksi
1	0	0	0
2	10	0	-10
3	20	12	-8
4	30	24	-6
5	40	36	-4
6	50	48	-2
7	60	60	0
8	70	60	-10
9	80	72	-8
10	90	84	-6
11	100	96	-4
12	110	108	-2
13	120	120	0
14	130	120	-10
15	140	132	-8
16	150	144	-6
17	160	156	-4
18	170	168	-2
19	180	180	0
20	190	180	-10
21	200	192	-8
22	210	204	-6
23	220	216	-4
24	230	228	-2
25	240	240	0
26	250	240	-10
27	260	252	-8
28	270	264	-6
29	280	276	-4
30	290	288	-2
31	300	300	0
32	310	300	-10
33	320	312	-8
34	330	324	-6
35	340	336	-4
36	350	348	-2



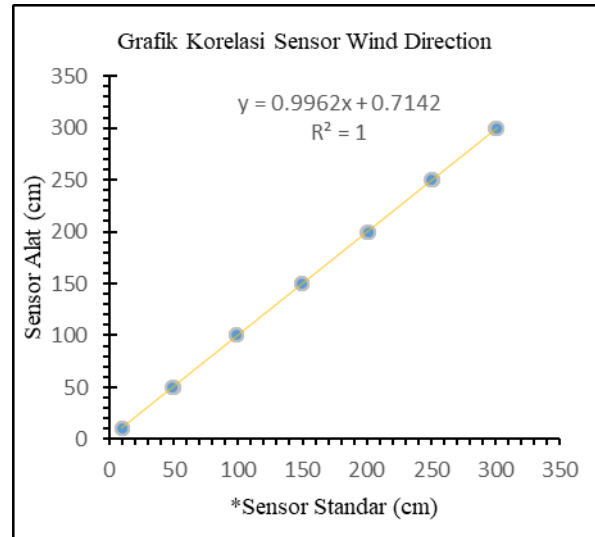
Gambar 25. Grafik Koefisien Korelasi Sederhana Sensor Wind direction

Tabel 6 dapat diketahui bahwa data dari Sensor wind direction memiliki penyimpangan yang berbeda hal ini dikarenakan sensor wind direction memiliki resolusi sebesar 12 derajat. Standar penyimpangan yang ditetapkan BMKG adalah sebesar 5 derajat. Sehingga perlu adanya sensor yang memiliki resolusi 1 derajat untuk pengukurannya.

Pengujian Sensor HCSR04

Pengujian Sensor HCSR04 untuk parameter ketinggian air dilakukan di lab Instrumentasi STMKG dengan menggunakan mistar standar. Proses pengujian ini dilakukan dengan menggunakan beberapa sampel jarak yaitu 10 cm, 50 cm, 100 cm, 150 cm, 200 cm, 250 cm, 300 cm.

Set point	Standar (derajat)	Alat (derajat)	Koreksi
10cm	10	10	0
	10	10	0
	10	10	0
	10	10	0
50cm	50	50	0
	50	50	0
	50	49	1
	50	49	1
100cm	100	99	1
	100	99	1
	100	99	1
	100	99	1
	100	99	1
150cm	150	149	1
	150	149	1
	150	149	1
	150	149	1
200cm	200	200	0
	200	201	-1
	200	200	0
	200	201	-1
250cm	250	250	0
	250	251	-1
	250	251	-1
	250	250	0
300cm	300	300	0
	300	300	0
	300	301	-1
	300	301	-1
Rata-Rata Koreksi			1



Gambar 26. Grafik Koefisien Korelasi Sederhana Sensor HCSR04.

Hasil dari pengujian terlihat dalam Gambar 26 dari pengujian ini didapatkan nilai perbandingan antara sensor jarak HCSR04 dengan alat standar memiliki akurasi data yang linier.

Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian dan analisa dalam penelitian ini dapat disimpulkan bahwa:

- Pengukuran suhu udara dengan sensor SHT11 diperoleh penyimpangan pengukuran sebesar 0,11 °C dan untuk kelembaban udara penyimpangan sebesar 2,22 %.
- Pengukuran suhu air laut dengan sensor DS18B20 diperoleh penyimpangan sebesar 0,7 °C.
- Pengukuran tekanan udara dengan sensor BMP180 diperoleh penyimpangan pengukuran sebesar 0,07 hpa.
- Pengukuran kecepatan angin dengan menggunakan sensor *wind speed* diperoleh penyimpangan yang besar yaitu 1,95 m/s dan memiliki treshhold yang cukup besar yaitu 2,05 m/s atau 3,98 knot.
- Pengukuran Arah angin dengan menggunakan sensor *wind direction* ditemukan bahwa sensor memiliki resolusi sebesar 12 derajat.
- Sedangkan untuk pengukuran jarak dengan sensor HCSR04 didapatkan nilai *error* sebesar 1 cm.

Berdasarkan hasil pengujian di atas maka dapat diketahui bahwa alat *Maritime Automatic Weather Station (M-AWS)* telah bekerja dengan baik dan telah memenuhi toleransi yang diberikan oleh WMO dan BMKG

Daftar Pustaka

- Ahmad, A. 2007. Another Perspective in Generating and Using Gray Code-word. *Jurnal Elekrika*. 9(2).
- Bosch Sensortec. 2015. Datasheet BMP180. https://aebst.resource.bosch.com/media/_tech/media/datasheets/BST-BMP180-DS000.pdf, diakses 3 Februari 2016)
- Geneva. 2008. *Guide To Meteorological Instruments And Methods of Observation Sevent Edition*. World Meteorological Organization. Switzerland.
- Lukito, Ibnu Sofwan. 2010. *Automatic Evaporation Station (AES)*. Tesis. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Indonesia.
- Toruan, Kanton Lumban. 2009. *Automatic Weather Station (AWS) Berbasis Mikrokontroler*. Tesis. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Indonesia.
- Peraturan Kepala Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika Nomor 23 Tahun 2015. Tata Cara Tetap Pelaksanaan Kalibrasi Peralatan Pengamatan Meteorologi, Klimatologi Dan Geofisika.
- Sensirion. 2008. Datasheet SHT1x (SHT10, SHT11, SHT15) Humidity & Temperature Sensor. (https://www.sparkfun.com/datasheets/Sensor/s/SHT1x_datasheet.pdf, diakses tanggal 17 Januari 2016)
- Maximintegrated. 2015. Datasheet DS18B20 High-Precision 1-Wire Digital Thermometer. 19-5474, Rev 3, 4/15 (<https://datasheets.maximintegrated.com>, diakses 3 Pebruari 2016)