



**TUGAS AKHIR - TF 181801**

**PERANCANGAN SISTEM AKUISISI DATA  
DENGAN FILTER MENGGUNAKAN  
KOMBINASI *WAVELET TRANSFORM* DAN  
KALMAN FILTER UNTUK  
MENINGKATKAN KINERJA  
*BUOYWEATHER STATION TYPE II***

**Muhammad Isa Al-Rasyid  
NRP. 0231154000087**

**Dosen Pembimbing :  
Dr. Ir. Syamsul Arifin, M.T.**

**DEPARTEMEN TEKNIK FISIKA  
Fakultas Teknologi Industri  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya  
2019**

*Halaman ini sengaja dikosongkan*



**TUGAS AKHIR - TF 181801**

**PERANCANGAN SISTEM AKUISISI DATA  
DENGAN FILTER MENGGUNAKAN KOMBINASI  
WAVELET TRANSFORM DAN KALMAN FILTER  
UNTUK MENINGKATKAN KINERJA  
BUOYWEATHER STATION TYPE II**

**Muhammad Isa Al-Rasyid  
NRP. 0231 15 40000 087**

**Dosen Pembimbing :  
Dr.Ir Syamsul Arifin, MT**

**DEPARTEMEN TEKNIK FISIKA  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA  
2019**

***Halaman ini sengaja dikosongkan***



**FINAL PROJECT - TF 181801**

**DESIGN OF DATA ACQUISITION SYSTEM WITH  
FILTER USING COMBINATION WAVELET  
TRANSFORM AND KALMAN FILTER TO IMPROVE  
PERFORMANCE OF BUOYWEATHER STATION  
TYPE II**

***Muhammad Isa Al-Rasyid  
NRP. 0231 15 40000 087***

***Supervisors :  
Dr.Ir Syamsul Arifin, MT***

**ENGINEERING PHYSICS DEPARTMENT  
Faculty of Industrial Technology  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya  
2019**

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Muhammad Isa Al-Rasyid

NRP : 0231 15 40000 087

Departemen : Teknik Fisika FTI – ITS

Dengan ini menyatakan bahwa tugas akhir saya yang berjudul PERANCANGAN SISTEM AKUISISI DATA DENGAN FILTER MENGGUNAKAN KOMBINASI *WAVELET TRANSFORM* DAN *KALMAN FILTER* UNTUK MENINGKATKAN KINERJA *BUOYWEATHER STATION TYPE II* adalah bebas dari plagiasi , Apabila pernyataan ini tidak terbukti benar, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya

Surabaya, 1 Agustus 2019  
Yang membuat pernyataan,



Muhammad Isa Al-Rasyid

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

**LEMBAR PENGESAHAN  
TUGAS AKHIR**

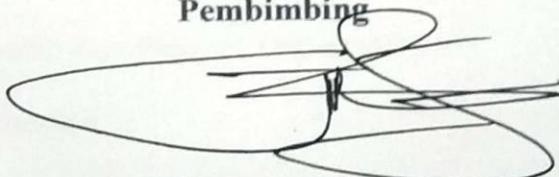
**PERANCANGAN SISTEM AKUISISI DATA  
DENGAN FILTER MENGGUNAKAN KOMBINASI  
WAVELET TRANSFORM DAN KALMAN FILTER  
UNTUK MENINGKATKAN KINERJA  
BUOYWEATHER STATION TYPE II**

**Oleh:**

**Muhammad Isa Al-Rasyid  
NRP.0231154000087**

**Surabaya, 23 Juli 2019**

**Menyetujui,  
Pembimbing**



**Dr. Ir Svamsul Arifin, M.T.  
NIP 19630907 198903 1 004**

**Mengetahui,  
Kepala Departemen  
Teknik Fisika FTI-ITS**



**Agus Muhammad Hatta, S.T., M.Si., Ph.D.  
NIPN. 19780902 200312 1 002**

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

**PERANCANGAN SISTEM AKUISISI DATA  
DENGAN FILTER MENGGUNAKAN KOMBINASI  
WAVELET TRANSFORM DAN KALMAN FILTER  
UNTUK MENINGKATKAN KINERJA  
BUOYWEATHER STATION TYPE II**

**TUGAS AKHIR**

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
pada  
Program Studi S-1 Departemen Teknik Fisika  
Fakultas Teknologi Industri  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

**MUHAMMAD ISA AL-RASYID**

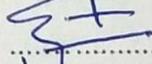
**NRP.02311540000087**

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir :

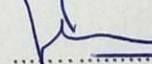
1. *Dr. Ir Syamsul Arifin, M.T*

.....(Pembimbing)

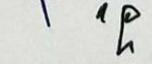
2. *Dr. Suyanto, S.T, M.T.*

.....(Penguji I)

3. *Prof. Dr. Ir. Aulia Siti Aisjah, M.T.*

.....(Penguji II)

4. *Erna Septyaningrum, S.T, M.T.*

.....(Penguji III)

**SURABAYA**

**23 Juli 2019**

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

**PERANCANGAN SISTEM AKUISISI DATA  
DENGAN FILTER MENGGUNAKAN KOMBINASI  
WAVELET TRANSFORM DAN KALMAN FILTER  
UNTUK MENINGKATKAN KINERJA  
BUOYWEATHER STATION TYPE II**

**Nama** : Muhammad Isa Al-Rasyid  
**NRP** : 0231 15 40000 087  
**Departemen** : Teknik Fisika FTI-ITS  
**Dosen Pembimbing** : Dr.Ir Syamsul Arifin, MT

**ABSTRAK**

*Abstrak- Buoyweather merupakan sistem yang terdiri dari beberapa sensor variable cuaca dan pengolahan data yang dapat dikirimkan secara wireless ke work station. Beberapa variabel cuaca diantaranya suhu, kelembaban, tekanan, kecepatan angin, arah angin, dan ketinggian gelombang laut. Variabel-variabel tersebut nantinya akan melalui proses akuisisi data, yaitu diukur, dikumpulkan, diolah, dan dikirimkan menuju ground segment(sistem monitor) untuk ditampilkan hasilnya. Beberapa variabel cuaca diantaranya suhu, kelembaban, tekanan, kecepatan angin, arah angin, dan ketinggian gelombang laut. Variabel-variabel tersebut nantinya akan melalui proses akuisisi data, yaitu diukur, dikumpulkan, diolah, dan dikirimkan menuju ground segment(sistem monitor) untuk ditampilkan hasilnya. Sebuah sistem pengukuran tentunya memiliki beberapa kendala diantaranya adalah noise atau gangguan dalam proses pengukuran atau pengiriman data. Banyak cara untuk mengendalikan noise pada sistem pengukuran salah satunya adalah dengan filter sinyal, dengan dilakukan analisa performansi dari pembacaan sensor dengan memberikan kombinasi algoritma Wavelet Transform dan Kalman, diharapkan dapat memberikan perfomansi yang lebih baik. Hasil pembacaan setelah diberikan filter gabungan mengalami perbedaan nilai standard deviasinya terhadap data raw nya.*

Didapatkan nilai perbedaan deviasi standard untuk sensor suhu sebesar 0.062 °C, untuk sensor kelembaban sebesar 1.394 %Rh, untuk sensor tekanan sebesar 0.007 kPa, untuk sensor kecepatan angin sebesar 0.2 m/s dan untuk arah angin sebesar 0.12 °. *Sensor suhu, tekanan, kecepatan angin mengalami penurunan standard deviasi sedangkan sensor kelembaban dan arah angin mengalami kenaikan standard deviasi. Sehingga dapat disimpulkan penggunaan kombinasi filter kalman dan wavelet lebih baik untuk sensor suhu, tekanan dan kecepatan angin.*

***Kata Kunci :*** *Akuisisi data, filter kalman, wavelet denoising, standar deviasi*

**DESIGN OF DATA ACQUISITION SYSTEM WITH  
FILTER USING COMBINATION WAVELET  
TRANSFORM AND KALMAN FILTER TO  
IMPROVE PERFORMANCE OF BUOYWEATHER  
STATION TYPE II**

**Name** : Muhammad Isa Al-Rasyid  
**NRP** : 0231 15 40000 087  
**Department** : Teknik Fisika FTI-ITS  
**Supervisor** : Dr. Ir Syamsul Arifin, MT

**ABSTRACT**

*Abstract- Buoyweather is a system that consists of several weather variable sensors and data processing that can be sent wirelessly to the work station. Some weather variables include temperature, humidity, pressure, wind speed, wind direction and sea wave height. These variables will go through the data acquisition process, which is measured, collected, processed, and sent to the ground segment (system monitor) to show the results. Some weather variables include temperature, humidity, pressure, wind speed, wind direction and sea wave height. These variables will go through the data acquisition process, which is measured, collected, processed, and sent to the ground segment (system monitor) to show the results. A measurement system certainly has several obstacles including noise or interference in the process of measuring or sending data. There are many ways to control noise in a measurement system, one of which is a signal filter, by analyzing performance from sensor readings by providing a combination of Wavelet Transform and Kalman algorithms, which are expected to provide better performance. The reading results after being given a combined filter experience a difference in the standard deviation value of the raw data. The value of the difference in standard deviation for the temperature sensor is 0.062 °C, for the humidity sensor is 1.394% Rh, for the pressure sensor is 0.007 kPa, for the wind speed sensor is 0.2 m / s and for the wind direction is 0.12 °. Temperature, pressure, and wind*

*speed sensors have decreased deviation standards while sensors humidity and wind direction have increased standard deviation. So it can be concluded that the use of a combination of kalman and wavelet filters is better for sensors temperature, pressure, and wind speed.*

**Keywords:** *Data acquisition, kalman filter, wavelet denoising, deviasi standard*

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT atas limpahan rahmat dan hidayah-nya serta shalawat dan salam kepada Nabi Muhammad SAW sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul **PERANCANGAN SISTEM AKUISISI DATA DENGAN FILTER MENGGUNAKAN KOMBINASI WAVELET TRANSFORM DAN KALMAN FILTER UNTUK MENINGKATKAN KINERJA BUOYWEATHER STATION TYPE II** . Penulis telah banyak mendapatkan bantuan dari berbagai pihak dalam menyelesaikan tugas akhir ini. Penulis mengucapkan terima kasih kepada

1. Bapak Agus Muhammad Hatta, ST, MSi, Ph.D selaku ketua jurusan Teknik Fisika ITS, Bapak Ir Roekmono, MT selaku dosen wali penulis yang telah sabar memberi dukungan , bimbingan serta ilmu yang sangat bermanfaat selama ini
2. Bapak Dr. Ir. Syamsul Arifin , MT selaku dosen pembimbing yang senantiasa memberikan motivasi, bimbingan dan arahan dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
3. Bapak Dr. Suyanto, ST, MT selaku kepala Laboratorium Komputasi dan Sistem Cyber Fisik yang telah memberikan saran dan prasarana guna menunjang pelaksanaan tugas akhir ini
4. Bapak dan ibu dosen Teknik Fisika yang telah memberikan ilmu selama kuliah
5. Bapak dan Ibu, Adik tercinta yang senantiasa memberikan dukungan, semangat dan doa kepada penulis yang menjadikan motivasi terbesar penulis.
6. Teman-teman seperjuangan dalam mengerjakan tugas akhir tim *buoyweather* dan Maulana Erryan yang telah membantu dalam menyediakan prasarana.

Penulis menyadari bahwa penulisan laporan tugas akhir ini tidaklah sempurna. Oleh karena itu sangat diharapkan kritik dan saran yang membangun dari semua pihak sehingga mencapai sesuai yang lebih baik lagi. Penulis juga berharap semoga laporan ini dapat menambah wawasan yang bermanfaat bagi pembacanya

Surabaya, April 2019

Penulis

## DAFTAR ISI

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI.....	vii
LEMBAR PENGESAHAN.....	ix
TUGAS AKHIR.....	ix
ABSTRAK.....	xiii
<i>ABSTRACT</i> .....	xv
KATA PENGANTAR.....	xvii
DAFTAR ISI.....	xix
DAFTAR GAMBAR.....	xxi
DAFTAR TABEL.....	xxiii
BAB I <u>P</u> ENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan.....	4
1.5 Sistematika Laporan.....	4
BAB II <u>T</u> INJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Sistem Pengukuran.....	5
2.2 Sistem Akuisisi Data.....	10
2.3 Sensor.....	11
2.4 Mikrokontroler.....	18
2.5 <i>Noise</i> dan Filter Sinyal.....	20
2.6 Transformasi <i>Wavelet</i> .....	22

2.7	<i>Kalman</i> Filter .....	25
BAB III METEDOLOGI PENELITIAN .....		31
3.1	Tahapan Penelitian.....	31
3.2	Perancangan Sistem Akuisisi Data dan Kombinasi Filter <i>Kalman</i> dan <i>Wavelet</i> .....	33
3.3	Perancangan Sensor dan Integrasi dengan Mikrokontroller .....	34
3.4	Pengambilan Data Sensor dan Kalibrasi.....	39
3.5	Perancangan Algoritma Filter .....	45
3.6	Pengambilan Data Uji Dinamis .....	48
BAB IV ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN.....		51
4.1	Analisa Data .....	51
4.2	Pembahasan .....	67
BAB V KESIMPULAN.....		71
5.1	Kesimpulan .....	71
5.2	Saran .....	71
DAFTAR PUSTAKA .....		73
LAMPIRAN.....		77
BIODATA PENULIS .....		89

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1	Sistem pengukuran secara umum (Daulay, n.d.) .....	5
Gambar 2. 2	Diagram blok sistem pengukuran pada <i>buoyweather</i> .....	6
Gambar 2. 3	Linearitas (Webedw, 2010) .....	10
Gambar 2. 4	Sistem akuisisi data (Batubara, n.d.) .....	11
Gambar 2. 5	Sensor DHT11 (Mouser Electronics, 2019) .	13
Gambar 2. 6	Sensor BMP085 (BOSCH Sensortec, 2008) .....	15
Gambar 2. 7	<i>Wind Vane</i> (EQUINOX, 2009) .....	16
Gambar 2. 8	Anemometer (dfrobot, n.d.).....	17
Gambar 2. 9	Arduino due (botshop, n.d.).....	19
Gambar 2. 10	Proses filter sinyal (Morris, 2011) .....	21
Gambar 2. 11	Transformasi <i>Wavelet</i> dengan Metode Filter Bank (Eko Sedyono, 2009).....	23
Gambar 2. 12	Siklus kerja <i>kalman</i> filter diskrit.....	26
Gambar 2. 13	Skema lengkap operasi <i>kalman filter</i> (Qomarudin, 2019).....	27
Gambar 3. 1	Tahapan Penelitian .....	32
Gambar 3. 2	Tahapan perancangan system akuisisi data dan kombinasi filter <i>kalman</i> dan <i>wavelet</i> .....	34
Gambar 3. 3	Tahapan perancangan sensor dan integrasi dengan mikrokontroler .....	35
Gambar 3. 4	Wiring Sensor Suhu dan Kelembaban.....	36
Gambar 3. 5	Wiring sensor tekanan.....	37
Gambar 3. 6	Wiring sensor kecepatan angin.....	38
Gambar 3. 7	Wiring sensor arah angin.....	38
Gambar 3. 8	Tahap Pengambilan Data dan Kalibrasi .....	40
Gambar 3. 9	Kalibrator Suhu .....	41
Gambar 3. 10	Kalibrator Kelembaban.....	42

Gambar 3. 11 Kalibrator kecepatan udara (Lutron Electronic, 2015).....	44
Gambar 3. 12 Tahap perancangan algoritma kombinasi filter <i>kalman</i> dan <i>wavelet</i> .....	47
Gambar 3. 13 Proses pengambilan data uji dinamis .....	49
Gambar 4. 1 Hasil uji sensor dan kalibrator suhu.....	52
Gambar 4. 2 Hasil uji sensor dan kalibrator kelembaban ....	54
Gambar 4. 3 Hasil uji sensor dan validator tekanan .....	55
Gambar 4. 4 Hasil uji sensor dan kalibrator arah angin.....	57
Gambar 4. 5 Hasil uji sensor dan kalibrator kecepatan angin .....	58
Gambar 4. 6 Hasil uji sensor dan kalibrator kompas .....	59
Gambar 4. 7 Sinyal uji <i>raw</i> , <i>kalman</i> , kombinasi <i>kalman wavelet transform</i> pada sensor suhu .....	61
Gambar 4. 8 Sinyal uji <i>raw</i> , <i>kalman</i> , kombinasi <i>kalman wavelet transform</i> pada sensor kelembaban ...	62
Gambar 4. 9 Sinyal uji <i>raw</i> , <i>kalman</i> , kombinasi <i>kalman wavelet transform</i> pada sensor tekanan .....	63
Gambar 4. 10 Sinyal uji <i>raw</i> , <i>kalman</i> , kombinasi <i>kalman wavelet transform</i> pada sensor arah angin .....	65
Gambar 4. 11 Sinyal uji <i>raw</i> , <i>kalman</i> , kombinasi <i>kalman wavelet transform</i> pada sensor kecepatan angin .....	66

## DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1	Spesifikasi Sensor DHT11 (Mouser Electronics, 2019).....	14
Tabel 2. 2	Spesifikasi Sensor BMP085 (BOSCH Sensortec, 2008).....	15
Tabel 2. 3	Spesifikasi Sensor JL-FS2 (EKT, 2009).....	16
Tabel 2. 4	Spesifikasi Sensor EQ-FST 202 (EQUINOX, 2009).....	17
Tabel 2. 5	Spesifikasi Arduino due .....	19
Tabel 4. 1	Hasil pengujian sensor dan kalibrator suhu..	53
Tabel 4. 2	Hasil pengujian sensor dan kalibrator kelembaban.....	53
Tabel4. 3	Hasil pengujian sensor dan validator tekanan .....	55
Tabel 4. 4	Hasil pengujian sensor dan kalibrator arah angin.....	56
Tabel 4. 5	Hasil pengujian sensor dan kalibrator kecepatan angin.....	57
Tabel 4. 6	Hasil pengujian sensor dan kalibrator kompas .....	59
Tabel 4. 7	Hasil pengujian <i>filter</i> kombinasi <i>kalman</i> dan <i>wavelet transform</i> terhadap sensor suhu .....	60
Tabel 4. 8	Hasil pengujian <i>filter</i> kombinasi <i>kalman</i> dan <i>wavelet transform</i> terhadap sensor kelembaban.....	62
Tabel 4. 9	Hasil pengujian <i>filter</i> kombinasi <i>kalman</i> dan <i>wavelet transform</i> terhadap sensor tekanan .....	64

Tabel 4. 10	Hasil pengujian <i>filter</i> kombinasi <i>kalman</i> dan <i>wavelet transform</i> terhadap sensor arah angin .....	64
Tabel 4. 11	Hasil pengujian <i>filter</i> kombinasi kalman dan <i>wavelet transform</i> terhadap sensor kecepatan angin.....	66
Tabel 4. 12	Hasil standard deviasi <i>filter</i> sensor suhu, kelembaban, tekanan.....	67
Tabel 4. 13	Hasil standard deviasi <i>filter</i> sensor kecepatan angin dan arah angin .....	67
Tabel 4. 14	Perbedaan nilai uji dinamis.....	69

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Indonesia adalah negara Kepulauan Nusantara yang Saat ini secara geografis merupakan negara kepulauan terbesar di dunia, memiliki luas laut sebesar 5,8 Juta km<sup>2</sup> yang terdiri dari laut territorial dengan luas 0.8 juta km<sup>2</sup>, laut nusantara 2.3 juta km<sup>2</sup> dan zona ekonomi eksklusif 2,7 juta km<sup>2</sup>. Indonesia juga memiliki pulau sebanyak 17.480 pulau dan garis pantai sepanjang 95.181 km (Departemen Kelautan dan Perikanan, 2008). Pulau yang banyak dan lautan yang luas menjadikan banyak sekali aktivitas yang dilakukan di perairan . Kegiatan pelayaran dan profesi nelayan tentunya perlu didukung dengan adanya pemantauan cuaca dan kondisi keadaan laut yang dilakukan dengan media stasiun cuaca milik Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG). Stasiun cuaca ini bekerja dalam sistem instrumentasi yang didukung oleh sensor, sistem transmisi, monitoring dan akuisisi data, sehingga nantinya mampu memberikan informasi dan prediksi cuaca maritim (Aji, 2013). Salah satu stasiun cuaca ini adalah *buoyweather*.

*Buoyweather* merupakan sistem yang terdiri dari beberapa sensor variabel cuaca dan pengolahan data yang dapat dikirimkan secara *wireless* ke *work station* di darat (Pitartyanti, 2014) agar dapat memperoleh informasi kondisi cuaca yang diperlukan. Iklim adalah rata-rata keadaan cuaca dalam waktu yang cukup lama. Iklim merupakan fenomena alam yang digerakkan oleh gabungan beberapa unsur, yaitu radiasi matahari, temperatur, kelembaban, awan, hujan, evaporasi, tekanan udara, dan angin (Miftahuddin, 2016). Menurut Indeks Iklim Melaut (IIM), kondisi iklim/cuaca yang mempengaruhi kelimpahan stok ikan ialah kecepatan

angin, Suhu Permukaan Laut (SPL), dan curah hujan (Aldrian, 2008). Gelombang terjadi akibat adanya gaya-gaya alam yang bekerja di laut seperti tekanan, gelombang disebabkan adanya stress dari angin yang bekerja pada permukaan laut. Jadi, apabila kekuatan angin besar, maka gelombang yang terjadi juga besar (Supiyati, 2008). Badai yang kuat biasanya menimbulkan penurunan suhu permukaan laut. Suhu udara permukaan mempunyai peran banyak dalam perpindahan bahang laut-atmosfer (Wirjohamidjojo, 2008). Pada penelitian ini diambil beberapa variabel cuaca diantaranya suhu, kelembaban, tekanan, kecepatan angin, dan arah angin hal ini dikarenakan tujuan dari *bouyweather* untuk memprediksi cuaca maritim guna membantu nelayan dan pelayaran. Variabel-variabel tersebut telah cukup diambil sebagai variabel penelitian untuk memprediksi cuaca maritim. Variabel-variabel tersebut nantinya akan melalui proses akuisisi data, yaitu diukur, dikumpulkan, diolah, dan dikirimkan menuju *ground segment* (sistem monitor) untuk ditampilkan hasilnya. Sistem akuisisi data dapat didefinisikan sebagai suatu sistem yang berfungsi untuk mengambil, mengumpulkan dan menyiapkan data, hingga memprosesnya untuk menghasilkan data yang dikehendaki (Ardiansyah, 2011)

Beberapa penelitian telah dilakukan yang berhubungan dengan akuisisi data pada *buoyweather* diantaranya (Arizal, 2016) menggunakan tipe sensor cuaca yang berbeda dengan peneliti, (Redhianto, 2016) menggunakan filter kalman untuk mengurangi *error* pembacaan, (Sanjaya, 2018) menggunakan filter *wavelet* mengurangi *error* pembacaan. Pada penelitian-penelitian yang telah dilakukan cukup banyak mengalami perkembangan dan penyempurnaan cara pengolahan data. Dalam melakukan pengukuran diperlukan keakuratan dan nilai yang terukur. Hal ini diperlukan karena informasi

yang diperlukan akan digunakan sebagai informasi cuaca. Sebuah sistem pengukuran tentunya memiliki beberapa kendala diantaranya adalah *noise* atau gangguan dalam proses pengukuran atau pengiriman data. Banyak cara untuk mengendalikan *noise* pada sistem pengukuran salah satunya adalah dengan *filter* sinyal yang berguna untuk mereduksi *error* pembacaan. (Measurement Computing, 2012)

Terdapat banyak metode algoritma *filter* yang digunakan untuk meningkatkan akurasi dari pembacaan sensor, salah satunya adalah metode *wavelet transform*. Berdasarkan hasil dari penelitian *buoyweather* tahun 2018 sebelumnya menjelaskan bahwa penggunaan satu filter masih dirasa kurang untuk mendapatkan performansi yang lebih baik dalam menangani *noise* sehingga ditambahkan satu filter *kalman*. Oleh karena itu pada tugas akhir ini akan dilakukan analisa performansi dari pembacaan sensor dengan memberikan kombinasi algoritma *wavelet transform* dan *kalman*, sehingga dapat memberikan performansi yang lebih baik.

## 1.2 Rumusan Masalah

Adapun permasalahan yang diangkat dalam tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

- a. Apakah algoritma filter kombinasi *wavelet* dan *kalman* dapat diterapkan pada system akuisisi data *buoyweather station type II* ?
- b. Apakah kombinasi *filter* menggunakan algoritma *wavelet transform* dan *kalman* dapat digunakan sepenuhnya untuk meningkatkan kinerja sensor cuaca maritim pada *buoyweather station type II* ?

## 1.3 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah yang diangkat adalah sebagai berikut:

- a. Variabel yang akan dibahas adalah suhu udara, kelembapan udara, tekanan udara, kecepatan angin, dan arah angin.
- b. Metode yang digunakan untuk analisa performansi adalah *kalman* filter dan *wavelet transform*.
- c. *Software* yang digunakan adalah *matlab* dan *arduino IDE*.
- d. Sistem komunikasi menggunakan serial.

#### **1.4 Tujuan**

Adapun tujuan dari Tugas Akhir ini adalah adalah :

- a. Mengetahui algoritma filter kombinasi *wavelet* dan *kalman* dapat diterapkan pada system akuisisi data *buoyweather station type II*.
- b. Mengetahui kombinasi *filter* menggunakan algoritma *wavelet transform* dan *kalman* dapat digunakan sepenuhnya untuk meningkatkan kinerja sensor cuaca maritim pada *buoyweather station type II*.

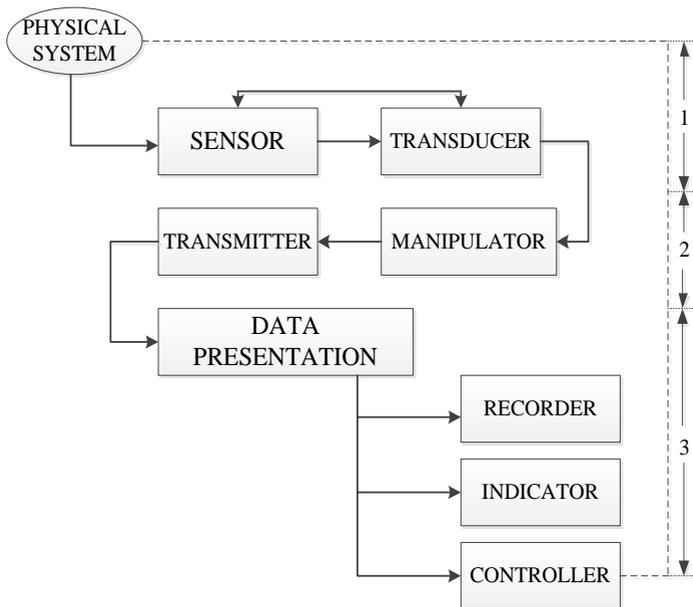
#### **1.5 Sistematika Laporan**

Pada laporan ini terdiri dari lima bab, diantaranya bab pertama merupakan pendahuluan yang berisi mengenai latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan, dan sistematika laporan. Bab kedua adalah tinjauan pustaka yang berisi mengenai dasar teori. Bab ketiga adalah metode penelitian yang berisi mengenai *flowchart* dan langkah-langkah penelitian. Bab empat adalah analisa data dan pembahasan yang berisi tentang hasil pengujian yang telah dilakukan dan data yang didapatkan kemudian dilakukan analisa dan pembahasan. Bab 5 adalah kesimpulan dan saran yang berisi kesimpulan dari penelitian yang dilakukan dan saran untuk pengembangan dan penelitian selanjutnya.

## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Sistem Pengukuran

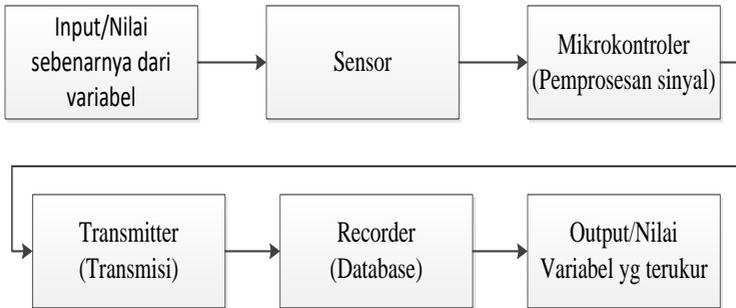
Pengukuran berarti membandingkan sesuatu yang telah ditentukan sebagai standard dengan sesuatu yang belum diketahui untuk mendapatkan besaran kuantitatif dari sesuatu yang diukur tersebut. Teknik pengukuran adalah cara-cara guna mendapatkan hasil pengukuran yang setepat-tepatnya atau mengurangi kesalahan-kesalahan yang mungkin timbul pada pengukuran. Diagram blok sistem pengukuran secara umum dapat dilihat pada Gambar 2.1



**Gambar 2. 1** Sistem pengukuran secara umum (Daulay, n.d.)

Secara umum sistem pengukuran pada *buoyweather* (pada Gambar 2.2) dibagi menjadi

- *Input*
- *Input devices* (sensor)
- Pemrosesan sinyal (mikrokontroler)
- Transmisi
- *Recorder* (*database*)
- *Output*



**Gambar 2. 2** Diagram blok sistem pengukuran pada *buoyweather*

### 2.1.1 Karakteristik Statik Sistem Pengukuran

Karakteristik statik merupakan sifat yang berhubungan antara masukan dan keluaran untuk masukan (beban) yang tidak berubah menurut waktu dan sudah mencapai kondisi yang mantap. Dengan diketahui karakteristik statik, maka kesalahan-kesalahan dapat diketahui dalam pengukuran atau dalam pengendalian proses, sehingga dapat dihilangkan. Karakteristik statik sendiri memiliki beberapa parameter, yaitu.

#### a. *Error*

Kesalahan dalam sistem pengukuran disebut *error*. *Error* terbagai menjadi dua, yaitu *error* yang muncul

selama proses pengukuran dan error yang muncul akibat sinyal pengukuran dipengaruhi oleh gangguan (*noise*) selama pengiriman sinyal dari titik pengukuran ke penerima sinyal. Dalam pengukuran yang ideal nilai yang terukur sama dengan nilai yang sebenarnya. Untuk menghitung *error* dapat digunakan persamaan 2.1.

$$Error = \text{Nilai terukur} - \text{Nilai Sebenarnya} \quad (2.1)$$

#### b. Standar Deviasi

Standar deviasi dalam ilmu statistika yang sering disebut sebagai simpangan baku, biasanya dilambangkan dengan huruf S yang menggambarkan tingkat penyebaran data dari nilai rata-rata. Persamaan yang digunakan untuk menghitung standar deviasi dapat dilihat pada persamaan 2.2 dibawah ini.

$$\delta = \sqrt{\sum \frac{(Xi - \bar{X})^2}{(n-1)}} \quad (2.2)$$

Simbol  $\delta$  yang tertulis pada persamaan. Merupakan standar deviasi. Beberapa penulis menuliskan standar deviasi menggunakan simbol huruf D. Simbol Xi merupakan hasil dari *output* pengukuran sedangkan simbol  $\bar{X}$  atau X bar merupakan rata-rata hasil pengukuran Untuk simbol huruf n merupakan jumlah dari data hasil pengukuran.

#### c. Range

*Range* merupakan selisih nilai maksimum dan minimum yang dapat diukur oleh alat. Sebagai contoh thermometer *range* dan *subdivision* °C *maximum error* °C - 0,5 to + 40,5 x 0,1 0,2. Artinya kisaran pengukuran – 0,5 sampai 40,5 °C, skala interval 0,1 °C dan kesalahan maksimum 0,2 °C.

#### .d. Akurasi

Akurasi (ketelitian) yaitu ketepatan alat ukur dalam memberikan hasil pengukuran. Ketelitian pengukuran atau pembacaan merupakan hal yang sifatnya relatif pada pengukuran, ketelitian dipengaruhi kesalahan statis, kesalahan dinamis, *drift* atau sifat berubah, reproduksibilitas dan non ketelitian yang didefinisikan sebagai kedekatan (*closeness*) pembacaan terhadap harga standar yang diterima atau harga benar.

Dari hasil percobaan, ketelitian dipengaruhi oleh batas-batas kesalahan intrinsik, batas variasi pada indikasi, ketidak stabilan listrik nol (*electrical zero*) dan lingkungan. Harga kesalahan ini sama dengan derajat kesalahan pada hasil akhir.

Ada beberapa cara menyatakan akurasi, yaitu

1. Dalam variabel pengukuran  
Contoh ; Termometer skala  $0^{\circ}\text{F} - 100^{\circ}\text{F}$  dengan akurasi  $1^{\circ}\text{F}$ . Artinya jika pengukuran menunjukkan  $60^{\circ}\text{F}$ , maka nilai sebenarnya adalah  $59^{\circ}\text{F} - 61^{\circ}\text{F}$
2. Dalam presentase *span*  
Contoh : *pressure transmitter range* 100 – 400 psi. akurasi 0,5 % *span* akurasi =  $0,5\% \times (400 - 100) = 1,5$  psi. Jika pengukuran menunjukkan 200 psi, maka sebenarnya adalah 198,5 – 201,5 psi
3. Dalam presentase skala maksimum  
contoh : voltmeter skala maksimum 200 V dg akurasi 1% FS (*full scale*) akurasi =  $1\% \times 200 = 2$  V
4. Dalam presentase pembacaan  
Contoh : Level transmiter mempunyai akurasi 5 % *output* jika sinyal menunjukkan 40 %, maka akurasi adalah  $40 \times 5\% = 2\%$ , sehingga nilai sebenarnya 38 – 42 % jika sinyal menunjukkan

60 %, maka akurasi adalah  $60 \times 5 \% = 3 \%$ , sehingga nilai sebenarnya  $57 - 63 \%$

e. Presisi

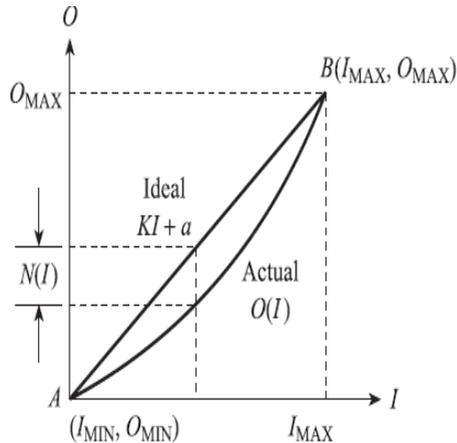
Presisi merupakan kemampuan sistem pengukuran untuk menampilkan ulang output yang sama pada pengukuran berulang. Sebagai contoh voltmeter mempunyai *repeatability* 0,2 %. jika pengukuran sebenarnya 100 v, maka ketika pengukuran diulang – ulang ( *miss* 20 kali) maka pembacaan akan berkisar 99,8 – 100,2 V.

f. Linearitas

Pengukuran yang baik adalah jika input pengukuran memberikan output yang sebanding lurus. Dimana penyimpangan dari garis linier disebut linieritas. Linieritas didefinisikan sebagai kemampuan untuk mereproduksi karakteristik input secara simetris, dan ini dapat dirumuskan sebagai  $y = mx + c$ , dengan y output, x input m kemiringan dan c titik potong. Linieritas dinyatakan sebagai prosentase penyimpangan dari harga linier, yaitu deviasi maksimum kurva *output* dari *best-fit* garis lurus selama kalibrasi. Dimana y dapat di asumsikan sebagai O ideal, m dapat diasumsikan sebagai K, x dapat disumsikan sebagai I dan c dapat disumsikan sebagai  $\alpha$ . Kurva linieritas dapat dilihat pada Gambar 2.3, Sehingga di dapatkan persamaan

$$O \text{ ideal} = KI + \alpha \quad (2.3)$$

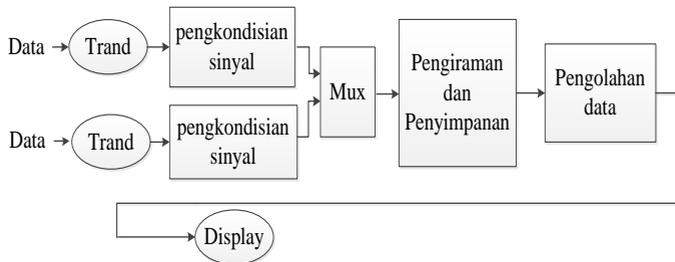
Dimana K merupakan hubungan nilai *span output* per *Span input* yaitu koefisien regresi yang menunjukkan angka peningkatan ataupun penurunan *variabel dependen* dan  $\alpha$  adalah nilai  $O_{\min}$  dikurangi nilai K dan  $I_{\min}$  yang merupakan harga konstanta.



**Gambar 2. 3** Linearitas (Webedw, 2010)

## 2.2 Sistem Akuisisi Data

Sistem akuisisi data atau *Data-Acquisition System* (DAS) secara aktual berupa *interface* antara lingkungan analog dengan lingkungan digital (Setyawan, 2008) Lingkungan analog meliputi transduser dan pengkondisi sinyal dengan segala kelengkapannya, sedangkan lingkungan digital meliputi *Analog to Digital Converter* (ADC) dan selanjutnya *digital processing* atau *command unit* yang dilakukan oleh mikroprosesor atau sistem berbasis mikroprosesor. Sistem dengan *one-way* mempunyai struktur yang sederhana. Sistem dengan struktur *one-way* ini dapat berupa *open-loop*, dimana fungsi dari sistem ini terbatas yaitu hanya untuk pembacaan besaran fisik yang diukur secara digital untuk selanjutnya ditampilkan pada LCD, CRT, dan sebagainya serta merekamnya sebagai *off-line processing* (berupa file pada disk) atau mencetaknya pada printer (Setyawan, 2008)



**Gambar 2. 4** Sistem akuisisi data (Batubara, n.d.)

Sistem akuisisi pada Gambar 2.4 data terdiri dari sejumlah elemen atau komponen yang saling berhubungan satu dengan yang lain melakukan suatu kerja sehingga tujuan atau fungsi sistem dapat tercapai. Elemen-elemen *Data Acquisition System* yang saling berhubungan satu dengan lain adalah transduser, penguat operasional, *instrumentasi amplifier*, *Analog to Digital Converter (ADC)*, *Digital to Analog Converter (DAC)*, *filter*, dan prosesor data digital (perangkat komputer).

### 2.3 Sensor

Sensor dan transduser adalah elemen pertama pada sistem pengukuran. Sensor adalah perangkat yang menerima rangsangan dan merespons dengan sinyal listrik (Fraden, 2004). *Input* dari sensor adalah *true value* dari sistem yang di ukur dan *outputnya* tergantung pada nilai input tersebut. Variabel keluaran dari sensor yang diubah menjadi besaran listrik disebut transduser. Sensor dan transduser dapat di klasifikasikan berdasarkan pada sinyal outputnya apakah listirik, mekanik, termal atau optikal. Sensor-sensor yang digunakan dalam sistem pengukuran dapat dibagi berdasarkan cara sensor mengirim informasi ke mikrokontroler, terdapat dua jenis yaitu analog dan digital. Sensor elektronik atau sensor elektrokimia di mana konversi data dan transmisi data berlangsung secara digital disebut sebagai sensor digital. Dalam sensor

digital, sinyal yang diukur secara langsung dikonversi menjadi output sinyal digital di dalam sensor digital itu sendiri. Dan sinyal digital ini ditransmisikan melalui kabel secara digital. Kerja sebuah sensor adalah menangkap fenomena/besaran fisis atau kimia (atau yang lain) dan mengirim informasi yang dapat diolah/dikenali oleh kontroler. Jika saat ini bekerja dengan sistem kendali berbasis elektrik atau listrik, maka segala jenis sensor harus mengeluarkan informasi pendeteksian/pengukuran berupa besaran listrik. Besaran listrik tersebut umumnya berupa tegangan (voltage) dan arus (current). Sensor analog merupakan sensor yang hasil pendeteksian berupa rentang nilai tertentu dalam bentuk tegangan dan arus listrik.

a. Suhu dan Kelembapan

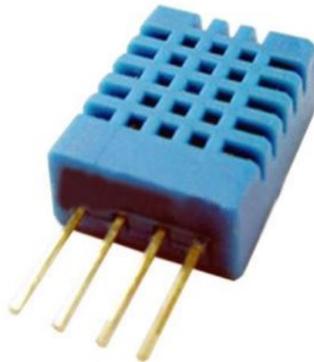
Suhu udara adalah keadaan panas udara yang di sebabkan oleh panas matahari. Factor-faktor yang mempengaruhi banyak sedikitnya panas matahari yang di terima oleh bumi adalah keadaan awan, keadaan bidang permukaan, sudut sinar datang, dan lamanya penyinaran matahari. Pada umumnya untuk mengetahui suhu udara di perlukan sebuah alat ukur suhu yang disebut termometer.

Kelembaban udara adalah tingkat kebasahan udara karena dalam udara air selalu terkandung dalam bentuk uap air. Kandungan uap air dalam udara hangat lebih banyak daripada kandungan uap air dalam udara dingin. Kalau udara banyak mengandung uap air didinginkan maka suhunya turun dan udara tidak dapat menahan lagi uap air sebanyak itu. Uap air berubah menjadi titik-titik air. Udara yan mengandung uap air sebanyak yang dapat dikandungnya disebut udara jenuh.

Alat yang digunakan untuk mengukur suhu dan kelembaban digunakan satu jenis sensor yaitu DHT11. DHT11 merupakan sebuah sensor yang telah terintegrasi

sehingga dapat melakukan pengukuran dua variabel sekaligus yaitu suhu dan kelembaban. Spesifikasi sensor DHT 11 ditampilkan pada Tabel 2.1.

Sensor DHT11 diperlihatkan pada Gambar 2.5 menggunakan komunikasi *Single Wire Two Way*. *Single Wire Two Way* digunakan untuk komunikasi dan sinkronisasi antara MCU dan Sensor DHT11. Satu proses komunikasi sekitar 4ms. Data terdiri dari bagian desimal dan integral. Transmisi data lengkap adalah 40bit, dan sensor mengirimkan bit data yang lebih tinggi terlebih dahulu. Ketika MCU mengirimkan sinyal *start*, DHT11 berubah dari mode *low-power-consumption* ke *running-mode*, menunggu MCU menyelesaikan sinyal awal. Setelah selesai, DHT11 mengirimkan sinyal respon dari data 40-bit yang mencakup informasi kelembaban dan suhu relatif ke MCU. Tanpa sinyal *start* dari MCU, DHT11 tidak akan memberikan sinyal respon ke MCU. Setelah data dikumpulkan, DHT11 akan berubah menjadi mode *low-power-consumption* hingga menerima sinyal awal dari MCU lagi (Mouser Electronics, 2019).



**Gambar 2. 5** Sensor DHT11 (Mouser Electronics, 2019)

**Tabel 2. 1** Spesifikasi Sensor DHT11 (Mouser Electronics, 2019)

Spesifikasi	Simbol	Nilai	Satuan
<i>Supply Voltage(Peak)</i>	VDD	3 - 5.5	Vdc
<i>Range operasi kelembaban</i>	Rh	20 to 90	% Rh
<i>Range operasi Suhu</i>	T	0 to +50	°C
Akurasi suhu	T	± 2	°C
Akurasi Kelembaban	Rh	± 5	% Rh

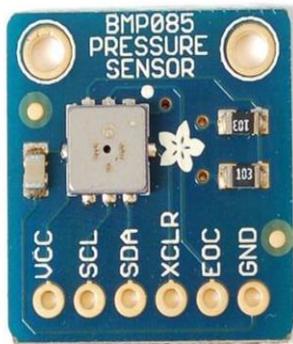
b. Tekanan

Tekanan udara adalah tenaga yang bekerja untuk menggerakkan massa udara dalam setiap satuan luas tertentu. Diukur dengan menggunakan barometer. Satuan tekanan udara adalah milibar (mb). Tekanan udara diukur berdasarkan tekanan gaya pada permukaan dengan luas tertentu, misalnya 1 cm<sup>2</sup>. Satuan yang digunakan adalah atmosfer (atm), millimeter kolom air raksa (mmHg) atau milibar (mbar). Tekanan udara normal adalah tekanan kolom udara setinggi lapisan atmosfer bumi pada garis lintang 45<sup>0</sup> dan suhu 0<sup>0</sup>C. Besarnya tekanan udara tersebut dinyatakan sebagai 1 atm. Tekanan sebesar 1 atm ini setara dengan tekanan yang diberikan oleh kolom air raksa setinggi 760 mm. Satuan tekanan selain dengan atm atau mmHg juga dapat dan sering dinyatakan dalam satuan kg/m<sup>2</sup>.

Penelitian ini juga digunakan pengukuran terhadap tekanan udara. Sensor yang digunakan adalah BMP085 (Gambar 2.6), jenis sensor inti tidak jauh berbeda dengan yang digunakan pada sensor kompas yaitu menggunakan komunikasi i2c (BOSCH, 2009). Spesifikasi sensor tekanan BMP085 diperlihatkan pada Tabel 2.2.

**Tabel 2. 2** Spesifikasi Sensor BMP085 (BOSCH Sensortec, 2008)

Spesifikasi	Nilai
<i>Supply voltage</i>	1.8-3.6 V
<i>Pressure Range</i>	300 – 1100 hPa
<i>Supply Current</i>	7 $\mu$ A
Akurasi Tekanan 700-1100 hPa 0 – 65 $^{\circ}$ C	$\pm$ 2.5 hPa



**Gambar 2. 6** Sensor BMP085 (BOSCH Sensortec, 2008)

c. Kecepatan dan Arah angin

Angin adalah udara yang bergerak akibat adanya perbedaan tekanan udara dengan arah aliran angin dari tempat yang memiliki tekanan tinggi ketempat yang bertekanan rendah atau dari daerah yang memiliki suhu rendah ke wilayah bersuhu tinggi. Angin bertiup diatas

permukaan bumi dan ditandai oleh fluktuasi acak oleh kecepatan dan arah.

Kecepatan angin adalah kecepatan udara yang bergerak secara horizontal. Kecepatan angin akan berbeda pada permukaan yang tertutup oleh vegetasi dengan ketinggian tertentu. Oleh karena itu, kecepatan angin dipengaruhi oleh karakteristik permukaan yang dilaluinya. Kecepatan angin juga disebabkan oleh pergerakan angin dari tekanan tinggi ke tekanan rendah, biasanya karena perubahan suhu. Kecepatan angin dapat diukur dengan alat yang disebut *anemometer*. Jenis *anemometer* yang paling banyak digunakan adalah *anemometer* mangkok (Gambar 2.8). Kecepatan angin yang terukur biasanya dilihat menggunakan satuan MPH (*mil per hour*) atau m/s (*meter per second*). Spesifikasi sensor kecepatan angin diperlihatkan pada Tabel 2.3.

**Tabel 2. 3** Spesifikasi Sensor JL-FS2 (EKT, 2009)

Spesifikasi	Nilai
<i>Supply voltage</i>	12-24 VDC
<i>Measurement range</i>	0-60 m/s
<i>Error System</i>	$\pm 3\%$



**Gambar 2. 7** Wind Vane (EQUINOX, 2009)

**Tabel 2. 4** Spesifikasi Sensor EQ-FST 202 (EQUINOX, 2009)

Spesifikasi	Nilai
<i>Supply voltage</i>	12-36 VDC
<i>Measurement range</i>	0-360 °
Akurasi	± 3%

Arah angin adalah penunjuk pergerakan angin. Arah angin adalah dari mana angin tersebut bertiup dan dinyatakan dengan sudut kompas. Misalnya, sudut 0 derajat atau 360 derajat menunjukkan utara (angin utara), sudut 90 derajat menunjukkan timur (angin timur) sudut 180 derajat menunjukkan selatan (angin selatan), dan sudut 270 derajat menunjukkan barat (angin barat). Sensor arah angin diperlihatkan pada Gambar 2.7.



**Gambar 2. 8** Anemometer (dfrobot, n.d.)

Sistem kerja dari sensor arah angin dan kecepatan angin berbeda dengan sensor-sensor sebelumnya. Jika pada sensor kecepatan angin sebelumnya merupakan sensor jenis digital, maka sensor kecepatan dan arah angin ini merupakan jenis analog untuk pemrosesan sinyalnya. Sensor kecepatan angin bekerja dengan input tegangan

12-24 VDC yang mana keluarannya berupa sinyal tegangan 0-5 VDC dan menggunakan mode koneksi *three wire systems*. Sensor arah angin juga memiliki sistem kerja yang sama dengan sensor kecepatan angin. Sensor ini memiliki rentang pengukuran delapan arah. Tegangan keluaran dari konverter akan dikonversi menjadi 8 arah mata angin. Spesifikasi sensor arah angin diperlihatkan pada Tabel 2.4

#### d. Kompas

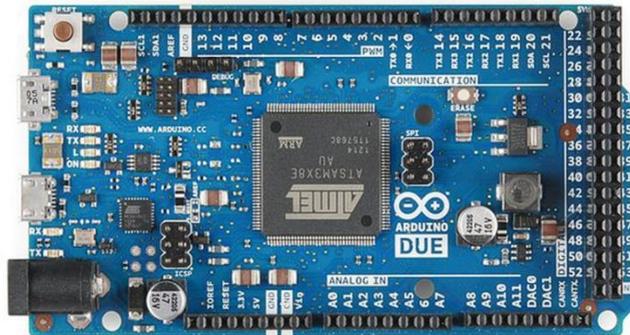
Kompas adalah alat navigasi untuk menentukan arah berupa sebuah panah penunjuk magnetis yang bebas menyelaraskan dirinya dengan medan magnet bumi secara akurat. Kompas memberikan rujukan arah tertentu, sehingga sangat membantu dalam bidang navigasi. Arah mata angin yang ditunjuknya adalah utara, selatan, timur dan barat.

### **2.4 Mikrokontroler**

Mikrokontroler adalah sebuah sistem komputer fungsional dalam sebuah chip. Di dalamnya terkandung sebuah inti prosesor, memori (sejumlah kecil RAM, memori program, atau keduanya), dan perlengkapan input *output*. Dengan kata lain, mikrokontroler adalah suatu alat elektronika digital yang mempunyai masukan dan keluaran serta kendali dengan program yang bisa ditulis dan dihapus dengan cara khusus, cara kerja mikrokontroler yang utama membaca dan menulis data.

Mikrokontroler merupakan komputer didalam chip yang digunakan untuk mengontrol peralatan elektronik, yang menekankan efisiensi dan efektifitas biaya. Secara harfiahnya bisa disebut “pengendali kecil” dimana sebuah sistem elektronik yang sebelumnya banyak memerlukan komponen-komponen pendukung seperti IC TTL dan

CMOS dapat direduksi/diperkecil dan akhirnya terpusat serta dikendalikan oleh mikrokontroler ini.



**Gambar 2. 9** Arduino due (botshop, n.d.)

Penelitian ini digunakan jenis mikrokontroler arduino due (Gambar 2.9). Arduino due memiliki berbagai macam jenis mikrokontroler yang dibedakan menurut banyak sedikitnya I/O (*input/output*) yang tersedia. Spesifikasi arduino due dapat dilihat pada Tabel 2.5.

**Tabel 2. 5** Spesifikasi Arduino due

Karakteristik	Spesifikasi
Mikrokontroler	AT91SAM3X8E
Tegangan operasi	3.3 V
Tegangan operasi (disarankan)	7 - 12 V
Tegangan masukan	6 – 20 V
Digital I/O Pin	54 (12 PWM <i>output</i> )
Analog input pin	12
Arus DC total per I/O pin	130 mA
Arus DC untuk 3.3 v pin	800 mA
Flash memory	512 KB
SRAM	96 KB
Clock Speed	84 MHz

## 2.5 Noise dan Filter Sinyal

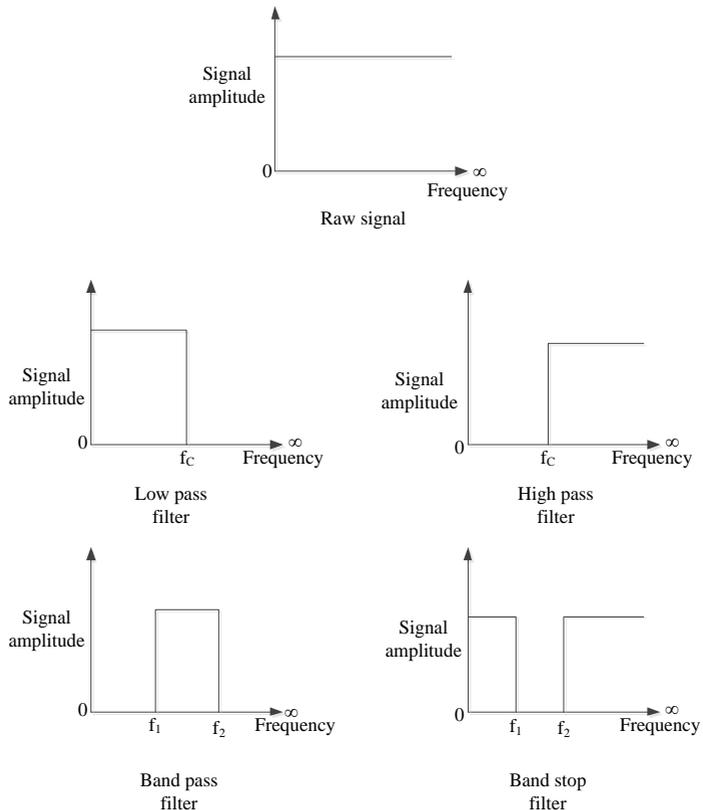
Seorang *engineer* seringkali sulit untuk memahami definisi matematika yang tepat dari sinyal dikarenakan sinyal mengalami perubahan sebagai fungsi waktu acak. Penyebab dari perubahan acak ini tidak jelas dan tidak dapat dideskripsikan dan sinyal itu sendiri hanya dilihat dari nilai rata-rata pengukuran.

Sebuah fungsi waktu acak bisa saja merupakan sebuah sinyal yang di inginkan, seperti sinyal suara atau video, atau sebuah sinyal yang tidak diinginkan yang tanpa disengaja bergabung pada sinyal yang diinginkan dan mempengaruhi sinyal tersebut. Definisi dari sinyal yang kita inginkan disebut sebagai *random signal* dan sinyal yang tidak diinginkan disebut *noise* (Etten, 2005).

*Error* pada sistem pengukuran sering terjadi pada saat sinyal listrik pada sensor terganggu oleh *noise*. *Noise* ini bersumber dari dua hal yaitu *circuit* pengukuran dan juga saat pergerakan dari sinyal terukur ke titik tertentu. Tujuan saat mendesain sebuah sistem pengukuran adalah untuk mengurangi *noise* sebaik mungkin. *Noise* dapat bersumber baik dari dalam atau luar sistem pengukuran.

Pemrosesan sinyal berfungsi untuk meningkatkan kualitas pembacaan dari sinyal pada keluaran sistem pengukuran, dan salah satu tujuannya adalah untuk menghilangkan *noise* dari sinyal pengukuran yang disebabkan oleh desain dari sistem pengukuran. Filter sinyal berisi pemrosesan sebuah sinyal dan menghilangkan sebuah pita frekuensi tertentu dalam sinyal yang dianggap sebagai *noise*. Pita frekuensi yang dihilangkan dapat berupa *low-frequency*, *high-frequency*, pada keduanya atau pada bagian tengah spektrum. Filter yang digunakan untuk setiap operasi ini disebut sebagai LPF (*Low Pass Filter*), HPF (*High Pass Filter*), BSF (*Band Stop Filter*) dan BPF (*Band Pass Filter*) filter ditunjukkan pada Gambar 2.10. LPF yaitu filter yang

hanya melewati frekuensi rendah, HPF yaitu filter yang hanya melewati frekuensi tinggi, BSF yaitu filter yang memilih frekuensi tertentu untuk tidak dilewatkan dan melewati frekuensi lain, BPF yaitu filter yang melewati frekuensi tertentu dan tidak melewati frekuensi lain (kebalikan dari BSF), APF (*All Pass Filter*) yaitu filter yang melewati semua frekuensi, fungsi filter ini hanya merubah fase dari input.



**Gambar 2.10** Proses filter sinyal (Morris, 2011)

Filter ada yang disebut frekuensi *cut off*, dimana frekuensi ini adalah frekuensi yang menjadi batas untuk melewati atau menghalangi sinyal masukan yang mempunyai frekuensi yang lebih tinggi maupun frekuensi yang lebih rendah dari frekuensi *cut off*. Contoh pada LPF jika diketahui bahwa frekuensi *cut off* adalah 1000Hz maka filter ini hanya melewati frekuensi dari 0 Hz hingga 1000 Hz, untuk frekuensi diatas 1000 Hz akan disaring/tidak dilewatkan.

## 2.6 Transformasi *Wavelet*

### 2.6.1 Metode Transformasi *Wavelet*

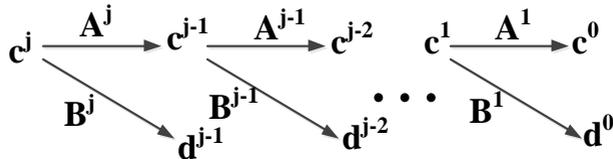
Transformasi *wavelet* merupakan uraian dari suatu sinyal atau citra menggunakan fungsi *wavelet*. Salah satu alasan mengapa transformasi *wavelet* menjadi begitu penting dalam berbagai bidang adalah karena sifat-sifat berikut:

- a. Waktu kompleksitasnya bersifat linear. Transformasi *wavelet* dapat dilakukan dengan sempurna dengan waktu yang bersifat linear.
- b. Koefisien-koefisien *wavelet* yang terpilih bersifat jarang. Secara praktis, koefisien-koefisien *wavelet* kebanyakan bernilai kecil atau nol. Kondisi ini sangat memberikan keuntungan terutama dalam bidang kompresi atau pemampatan data.
- c. *Wavelet* dapat beradaptasi pada berbagai jenis fungsi, seperti fungsi yang tidak kontinu, dan fungsi yang didefinisikan pada domain yang dibatasi (Sutarno, 2010)

Transformasi *wavelet* memiliki dua seri dalam pengembangannya yaitu *Continous Wavelet Transform* (CWT) dan *Discrete Wavelet Transform* (DWT). Semua fungsi yang digunakan dalam transformasi CWT dan DWT diturunkan dari *mother wavelet* melalui translasi atau pergeseran dan penskalaan atau kompresi. Proses

transformasi *wavelet* dilakukan dengan mengkonvolusi sinyal dengan data tapis atau dengan proses perata-rataan dan pengurangan secara berulang, yang sering disebut dengan metode filter bank (Gambar 2.11) (Sedyono, 2009).

Transformasi *wavelet* memiliki prinsip dasar membagi data menjadi komponen-komponen frekuensi yang berbeda. Proses ini dinamakan dekomposisi. Proses transformasi sinyal menjadi koefisien-koefisien *wavelet* diperoleh dengan filter menggunakan *highpass* filter dan *lowpass* filter yang kemudian di *downsampling*. Operasi *downsampling* adalah operasi untuk mengurangi sampel sinyal menjadi setengahnya dan tetap mempertahankan periodanya. *Downsampling* dapat dilakukan dengan cara menghilangkan titik-titik yang bernomor ganjil dan hanya akan mengambil sampel-sampel yang berindeks genap. Sedangkan untuk menggabungkan koefisien-koefisien *wavelet* dinamakan rekonstruksi. Proses ini merupakan kebalikan dari proses dekomposisi (Pramiswari, 2012)



**Gambar 2. 11** Transformasi *Wavelet* dengan Metode Filter Bank (Eko Sedyono, 2009)

### 2.6.2 *Wavelet Denoising*

*Wavelet denoising* bertujuan untuk menghapus *noise* pada sinyal sambil menjaga karakteristik sinyal, terlepas dari isi frekuensi. Semua filter *wavelet* menggunakan *wavelet* operasi *thresholding* untuk *denoising* (Kumar, 2011). Proses *denoising* merupakan proses *thresholding*, sehingga proses ini hanya dilakukan

untuk koefisien detail saja. Ada dua fungsi *thresholding* yang sering digunakan, yaitu *hard-thresholding*, dan *soft-thresholding*. Fungsi *hard-thresholding* digambarkan sebagai:

$$\eta_1(w) = wI(|w| > T) \quad (2.4)$$

dimana  $w$  adalah koefisien *wavelet*,  $T$  adalah *threshold*.

Fungsi *soft-thresholding* digambarkan sebagai:

$$\eta_2(w) = (w - \text{sgn}(w)T)I(|w| > T) \quad (2.5)$$

dimana  $\text{sgn}(x)$  adalah fungsi tanda  $x$ .

Aturan *soft-thresholding* lebih dipilih dibanding *hard-thresholding* (Sukanesh, 2009). Pada pemrosesan *thresholding* pada *wavelet*, tingkat keberhasilan *denoising* ditentukan oleh pemilihan parameter *threshold*. Nilai *threshold* yang terlalu kecil memberikan hasil *denoising* yang *under smooth* apabila jika nilai *threshold* yang terlalu tinggi maka akan memberikan hasil *denoising* yang *over smooth*. Adapun *rule threshold* yaitu

- 'rigrsure' - Aturan pemilihan ambang batas berdasarkan SURE (*a quadratic loss function*) untuk estimasi soft threshold. Dimulai dengan perkiraan risiko untuk nilai *threshold* tertentu,  $t$ , algoritma meminimalkan risiko di  $t$  untuk menghasilkan nilai batas *threshold*.
- 'heursure' - gabungan 'rigrsure' dan 'sqrtwolog'. Jika rasio *signal-to-noise* kecil, estimasi SURE diasumsikan memiliki *noise*. Dalam hal itu heursure digunakan.
- 'sqrtwolog' - *threshold* yang menghasilkan kinerja minimax dikalikan dengan faktor kecil yang proporsional dengan log (panjang (X)).
- 'minimaxi' - Ambang batas tetap yang dipilih untuk menghasilkan kinerja minimax untuk galat kuadrat rata-rata terhadap prosedur yang ideal. Prinsip minimax digunakan dalam statistik untuk merancang estimator. Sinyal *denoise* dapat

diasimilasi dengan estimator dari fungsi regresi yang tidak diketahui. Oleh karena itu, estimator minimax menyadari minimum dari kesalahan kuadrat rata-rata maksimum yang diperoleh untuk fungsi terburuk dalam set yang diberikan.

Penerapan *denoising* akan menggunakan *Mother wavelet daubechies*. *Wavelet daubechies* adalah pengembangan dari *wavelet Haar*. *daubechies 1 (db1)* dengan panjang filter 2 disebut juga *wavelet Haar* yang merupakan *high pass filter*. *Daubechies 2* disingkat (*db2*) adalah *wavelet daubechies* dengan banyak filter 4 yang *db3* adalah *wavelet daubechies* dengan banyak filter 6 dan seterusnya.

## **2.7 Kalman Filter**

### **2.7.1 Metode Kalman Filter**

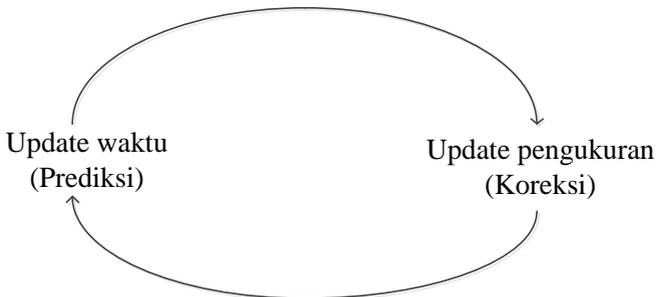
Kalman filter adalah salah satu metode yang dapat diterapkan pada metode pasif. *Kalman* filter merupakan estimator yang sangat efektif dalam mengestimasi *state* dinamika sistem yang melibatkan *white noise*. *Kalman* filter dapat menghilangkan *noise* dari suatu sinyal yang mengandung informasi dan mengambil informasi tersebut untuk diproses lebih lanjut (Kasiyanto, 2008). *Kalman* filter umumnya digunakan untuk menghapus *noise* tidak hanya pada sistem yang linier dengan meminimalkan nilai *kovarian error* estimasinya (Kleinbauer, 2004).

Metode *kalman* filter merupakan suatu metode yang dapat dipergunakan untuk mengestimasi variabel *state* dari sistem dinamik stokastik linier yang terkorupsi oleh *white noise*. *State* dari suatu sistem dapat diestimasi oleh *kalman* filter dengan memodelkan sistem tersebut terlebih dahulu. *State* vektor merupakan penggambaran dari suatu sistem dinamik dan mewakili derajat kebebasan (*degrees of freedom*) dari suatu benda. Elemen variabel

dari *state* vektor dapat bermacam - macam isinya, seperti posisi, kecepatan, akselerasi dan lainnya.

### 2.7.2 Algoritma *Kalman* Filter

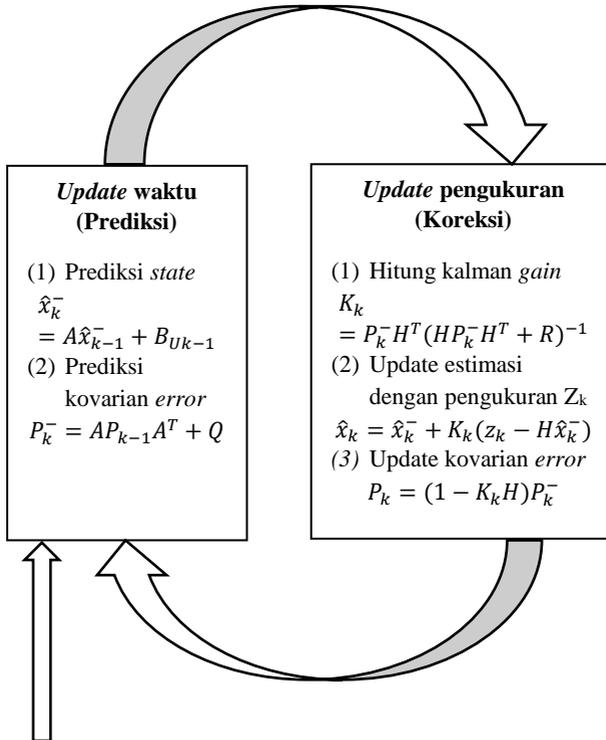
*Kalman* filter mengestimasi satu proses melalui mekanisme kontrol umpan-balik, filter mengestimasi *state* dari proses kemudian mendapat umpan balik berupa nilai hasil pengukuran yang bercampur *noise*. Persamaan untuk *kalman* filter dikelompokkan dalam dua bagian: persamaan *update* waktu dan persamaan *update* pengukuran dilihat pada Gambar 2.12. Persamaan *update* waktu bertugas untuk mendapatkan nilai pra-estimasi untuk waktu *step* selanjutnya. Persamaan *update* pengukuran bertugas untuk keperluan umpan balik, seperti memadukan hasil pengukuran terbaru dengan nilai pra-estimasi untuk mendapatkan nilai pasca-estimasi yang lebih baik.



**Gambar 2. 12** Siklus kerja *kalman* filter diskrit

*Update* waktu membuat prediksi nilai *state*. *Update* pengukuran, menyesuaikan nilai prediksi dengan nilai ukur aktual. Secara skematik, prosedur operasi filter *kalman* disajikan pada Gambar 2.13. Persamaan *update* waktu memproyeksikan (memprediksi) nilai *state* dan

estimasi kovarian dari waktu *step*  $k-1$  menuju *step*  $k$ . *Update* pengukuran adalah menghitung *Kalman Gain*,  $K_k$ . Selanjutnya mengukur nilai proses aktual, kemudian menghitung pasca-estimasi *state* dengan melibatkan nilai hasil pengukuran, kemudian mendapatkan nilai pasca-estimasi kovarian *error*.



Estimasi awal untuk  $\hat{x}_{k-1}^-$  dan  $P_{k-1}$

**Gambar 2. 13** Skema lengkap operasi kalman *filter* (Qomarudin, 2019)

Setelah menjalani satu siklus *update* waktu dan pengukuran, siklus ini diulang yang mana nilai pasca-estimasi sebelumnya digunakan untuk memprediksi nilai pra-estimasi yang baru. Sehingga jika disimpulkan langkah-langkah operasi filter *kalman* menjadi

- a) Berikan nilai  $Q$ ,  $R$ ,  $A$  dan  $B$  pada prediksi *state* persamaan (2.6) dan prediksi kovarian *error* persamaan (2.7) (*update* waktu)

$$\hat{x}_k^- = A\hat{x}_{k-1}^- + B_{U_{k-1}} \quad (2.6)$$

$$P_k^- = AP_{k-1}A^T + Q \quad (2.7)$$

$Q$  adalah kovarian gangguan pada proses,  $R$  adalah kovarian untuk gangguan pengukuran,  $A$  adalah matriks transisi *state*, dan  $B$  adalah matriks input.  $B$  bernilai 0 dikarenakan sistem bukanlah sistem pengendalian melainkan sistem pengukuran.  $A$  bernilai 1 dikarenakan keluaran sensor tidak mengalami perubahan yang cepat. Nilai 1 pada matriks transisi *state* dapat ditulis pada proses filter bernilai matriks identitas

- b) Setelah diberikan parameter-parameter diatas nantinya persamaan *update* waktu menjadi

$$\hat{x}_k^- = \hat{x}_{k-1}^- \quad (2.8)$$

$$P_k^- = P_{k-1} \quad (2.9)$$

$\hat{x}_k^-$  adalah prediksi *state* pada waktu ke  $k$ ,  $\hat{x}_{k-1}^-$  adalah prediksi *state* pada waktu  $k-1$ ,  $P_k^-$  adalah prediksi kovarian pada waktu ke  $k$ ,  $P_{k-1}$  adalah prediksi kovarian pada waktu

ke k-1, yang mana kedua persamaan itu merupakan *initial value* pada persamaan filter kalman pada fase prediksi.

- c) Fase koreksi persamaan (2.10) (2.11) (2.12) juga mengalami penyederhanaan dengan memasukkan nilai H.

$$K_k = P_k^- H^T (H P_k^- H^T + R)^{-1} \quad (2.10)$$

$$\hat{x}_k = \hat{x}_k^- + K_k (z_k - H \hat{x}_k^-) \quad (2.11)$$

$$P_k = (1 - K_k H) P_k^- \quad (2.12)$$

H adalah matriks observasi bernilai 1 dikarenakan keluaran sensor merupakan satu-satunya yang diamati. Sehingga persamaan fase koreksi menjadi

$$K_k = P_k^- (P_k^- + R)^{-1} \quad (2.13)$$

$$\hat{x}_k = \hat{x}_k^- + K_k (z_k - \hat{x}_k^-) \quad (2.14)$$

$$P_k = (1 - K_k) P_k^- \quad (2.15)$$

Persamaan 2.13 digunakan untuk mencari nilai gain dari filter kalman. Gain ini berfungsi untuk melakukan perhitungan pada persamaan 2.14 yang nantinya merupakan nilai yang menjadi output filter kalman. Persamaan 2.15 merupakan koreksi kovarian yang digunakan untuk iterasi pada perhitungan persamaan 2.9 di fase prediksi, sedangkan hasil perhitungan persamaan 2.14 akan menjadi input iterasi bagi persamaan 2.8

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## **BAB III**

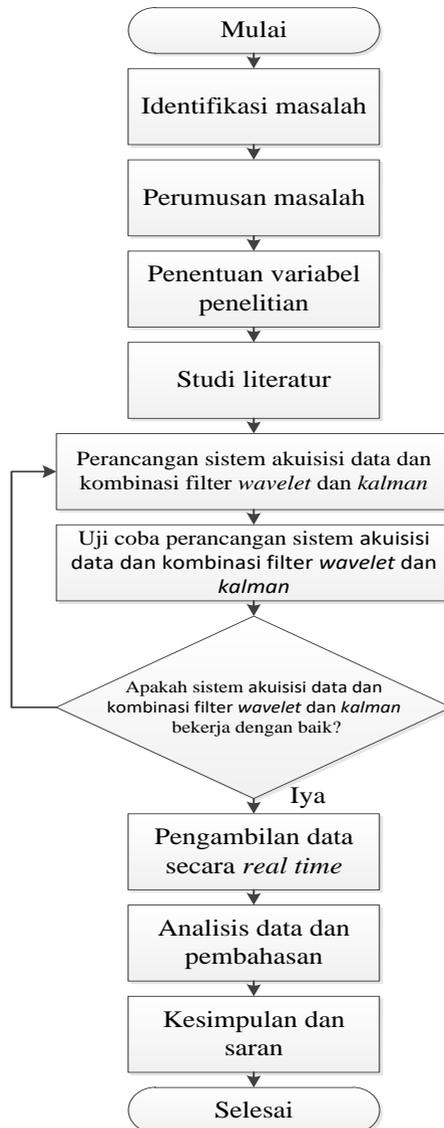
### **METEDOLOGI PENELITIAN**

#### **3.1 Tahapan Penelitian**

Penulis telah menyusun tahapan penelitian mengenai rancangan sistem akuisisi data dengan *filter* menggunakan kombinasi *kalman filter* dan *wavelet transform* untuk meningkatkan kinerja *buoyweather station type II*. Tahapan penelitian yang telah dibuat ini digunakan sebagai acuan dan gambaran umum mengenai bagaimana penelitian ini dilakukan dan langkah-langkah apa saja yang dilakukan dalam proses penelitian ini. Tahapan penelitian di perlihatkan pada Gambar 3.1.

Pengambilan topik tugas akhir ini berawal dari identifikasi masalah, yaitu proses melihat dan mengangkat masalah yang perlu diselesaikan di lingkungan sekitar serta menentukan apakah masalah tersebut dapat dijadikan penelitian atau tidak. Setelah melakukan identifikasi masalah, dilanjutkan dengan tahapan perumusan masalah. Berdasarkan identifikasi masalah yang telah dilakukan, dapat diketahui bahwa permasalahan pada teknologi *buoyweather* di Indonesia adalah metode integrasi sistem akuisisi data yang masih belum sempurna. Setelah itu dilakukan studi literatur, yaitu pada tahap ini dilakukan studi terhadap beberapa literatur dari referensi *text book*, *manual book*, ataupun jurnal-jurnal ilmiah yang memuat materi-materi berkaitan dengan penelitian yang akan dilakukan.

Penentuan variabel penelitian dilakukan dengan cara melakukan studi kembali mengenai variabel-variabel yang telah terintegrasi dengan sistem *buoyweather type II*. Berikutnya adalah pengujian fungsional sistem, pengujian ini dilakukan apakah sistem sudah dapat berjalan atau tidak, mencakup sensor, pengkondisian sinyal, pemrosesan sinyal.



**Gambar 3. 1** Tahapan Penelitian

Pengambilan data dilakukan Setelah Sistem dapat berjalan dengan sesuai. Data yang akan diambil yaitu nilai tiap variabel penelitian sebelum dan sesudah dilakukan proses kalibrasi dan *filter*. Data yang telah didapatkan melalui proses pengambilan data, kemudian dianalisa dan dilihat perbandingannya.

Kesimpulan adalah langkah terakhir dalam melakukan penelitian tugas akhir. Pembuatan kesimpulan dilakukan berdasarkan hasil analisa dan pengujian. Kesimpulan ini disusun sesuai dengan tujuan penelitian untuk menjawab permasalahan penelitian.

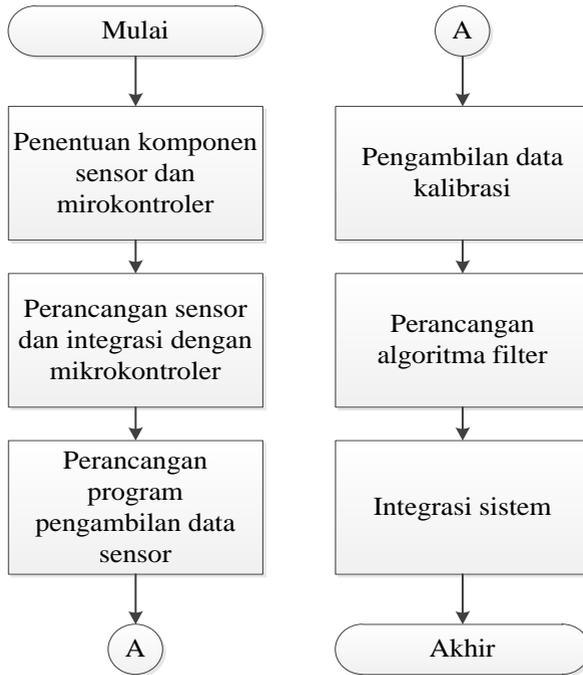
### **3.2 Perancangan Sistem Akuisisi Data dan Kombinasi Filter Kalman dan Wavelet**

Perancangan sistem pada penelitian ini ditambahkan satu sensor pengukuran yaitu kompas sebagai acuan untuk sensor arah angin. Diagram alir perancangan system ditunjukkan pada Gambar 3.2

Perancangan sistem pada penelitian ini di bagi berdasarkan penentuan komponen sensor, pengambilan data kalibrasi, dan perancangan algoritma kombinasi filter *kalman* dan filter *wavelet*. Perancangan komponen sensor dilakukan untuk mengintegrasikan setiap sensor dengan mikrokontroller agar dapat memberikan besaran fisis yang di ukur. Pengambilan data kalibrasi dilakukan untuk mendapatkan data saat *real time* di laut memiliki penyimpanan *error* yang sangat kecil. Perancangan algoritma kombinasi Filter Kalman dan Filter *Wavelet* dilakukan sebagai pengolahan data yang berfungsi untuk meningkatkan performa kinerja pada *buoyweather station type II*.

### 3.3 Perancangan Sensor dan Integrasi dengan Mikrokontroler

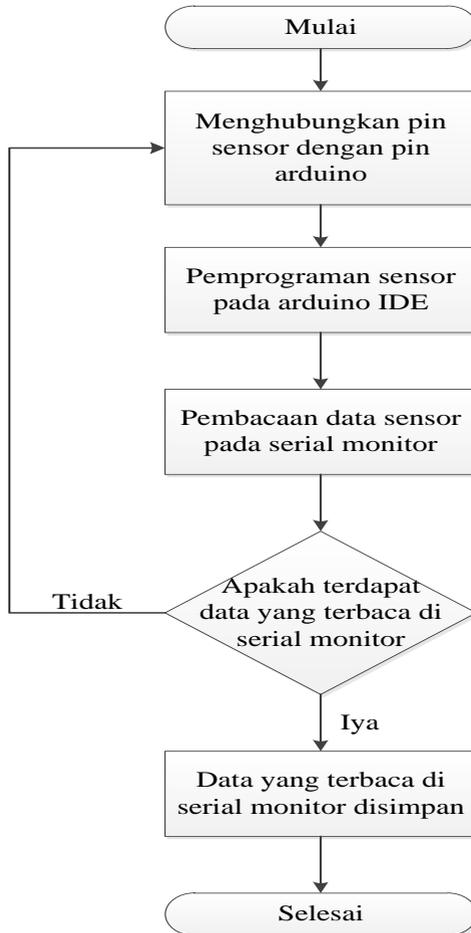
Perancangan Sensor ini meliputi perancangan sensor suhu udara, kelembaban udara, tekanan udara, arah angin, kecepatan udara, dan kompas. Sensor-sensor ini akan dihubungkan melalui mikrokontroler untuk dapat mengukur besaran fisis.



**Gambar 3. 2** Tahapan perancangan system akuisisi data dan kombinasi filter *kalman* dan *wavelet*

Secara umum perancangan semua sensor dengan mikrokontroler ditunjukkan pada Gambar 3.3. Pin Sensor dihubungkan ke mikrokontroler sesuai dengan pin yang

digunakan berdasarkan pada *data sheet* sensor. Setelah semua pin terhubung selanjutnya dilakukan proses pemrograman agar sensor yang digunakan dapat terhubung dengan mikrokontroler sesuai dengan fungsinya.

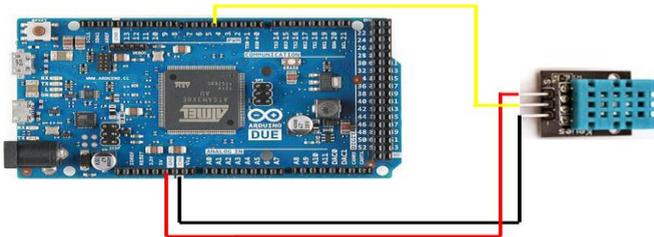


**Gambar 3.3** Tahapan perancangan sensor dan integrasi dengan mikrokontroler

Setelah dilakukan pemrograman selanjutnya adalah mengecek hasil pembacaan sensor pada serial monitor Arduino IDE. Apabila terjadi *error* atau hasil pembacaan yang tidak sesuai maka dilakukan pengecekan ulang pada wiring dan program sensor yang terhubung ke mikrokontroler.

#### a. Perancangan Sensor Suhu dan Kelembaban

Pengukuran variabel suhu dan kelembaban dilakukan menggunakan sensor DHT11. DHT11 menggunakan komunikasi *Single Wire Two Way* yang menghubungkan pin digital, VCC dan GND pada sensor menuju mikrokontroler due. Ketiga pin dihubungkan seperti Gambar 3.4



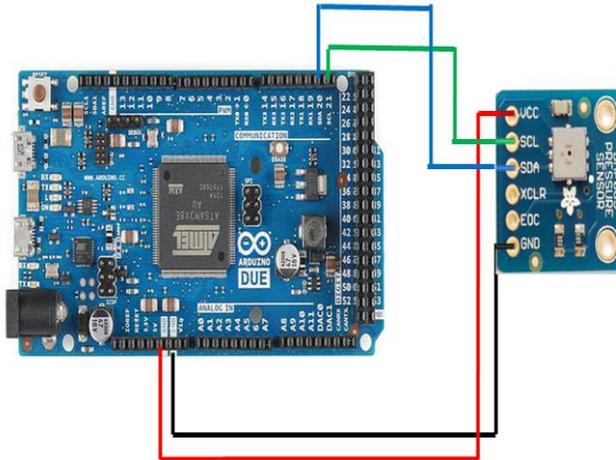
**Gambar 3. 4** Wiring Sensor Suhu dan Kelembaban

Gambar 3.4 menunjukkan rangkaian sensor DHT11 terhadap Arduino due yang digunakan dalam penelitian ini. Pin VCC dihubungkan dengan sumber 5 Volt pada Arduino , pin GND dihubungkan dengan pin GND pada Arduino Due, pin digital dihubungkan pada pin digital 4.

#### b. Perancangan Sensor Tekanan

Pengukuran variabel tekanan udara dilakukan menggunakan sensor BMP085. BMP085 menggunakan rangkaian i2c yang menghubungkan pin SDA, SCL, VCC

dan GND pada sensor menuju mikrokontroller due. Keempat pin dihubungkan seperti Gambar 3.5

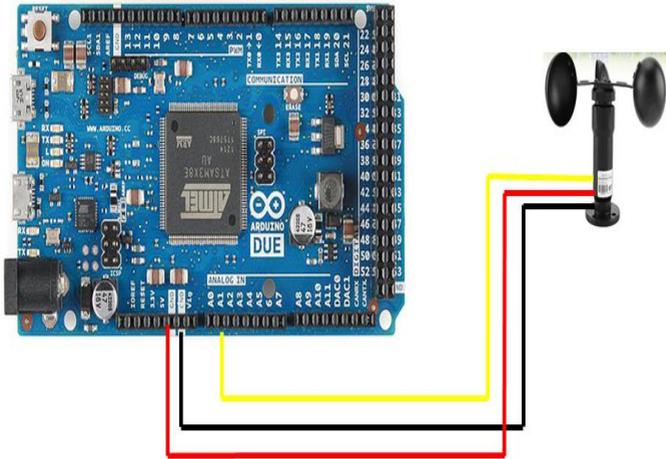


**Gambar 3.5** Wiring sensor tekanan

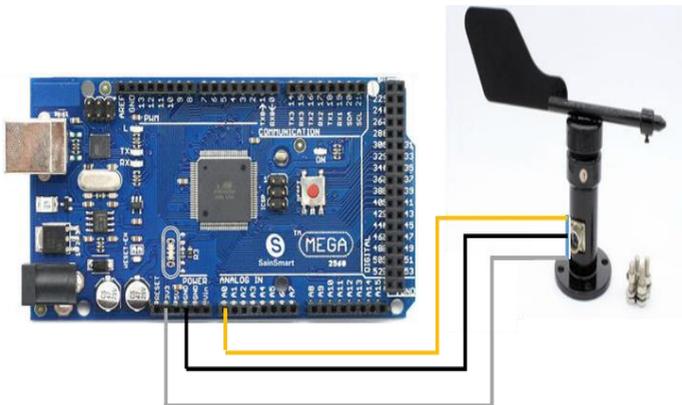
Gambar 3.5 menunjukkan rangkaian sensor BMP085 terhadap Arduino Due yang digunakan dalam penelitian ini. Pin VCC dihubungkan dengan sumber 3,3 Volt pada Arduino Due, pin GND dihubungkan dengan pin GND pada Arduino Due, pin SDA dihubungkan pada pin SDA/20 dan pin SCL dihubungkan pada pin SCL/21.

#### c. Perancangan Sensor Kecepatan Angin

Pengukuran variabel kecepatan angin dilakukan menggunakan Windvane JL-FS2. JL-FS2 menggunakan rangkaian yang menghubungkan pin Analog, VCC dan GND pada sensor menuju mikrokontroller Due. Ketiga pin dihubungkan seperti Gambar 3.6



**Gambar 3. 6** Wiring sensor kecepatan angin



**Gambar 3. 7** Wiring sensor arah angin

Gambar 3.6 menunjukkan rangkaian sensor JL-FS2 terhadap Arduino Due yang digunakan dalam penelitian

ini. Pin VCC dihubungkan dengan sumber 12 Volt pada baterai, pin GND dihubungkan dengan pin GND pada Arduino Due dan pada pin GND sensor, pin data dihubungkan pada pin A1.

#### d. Perancangan Sensor Arah Angin

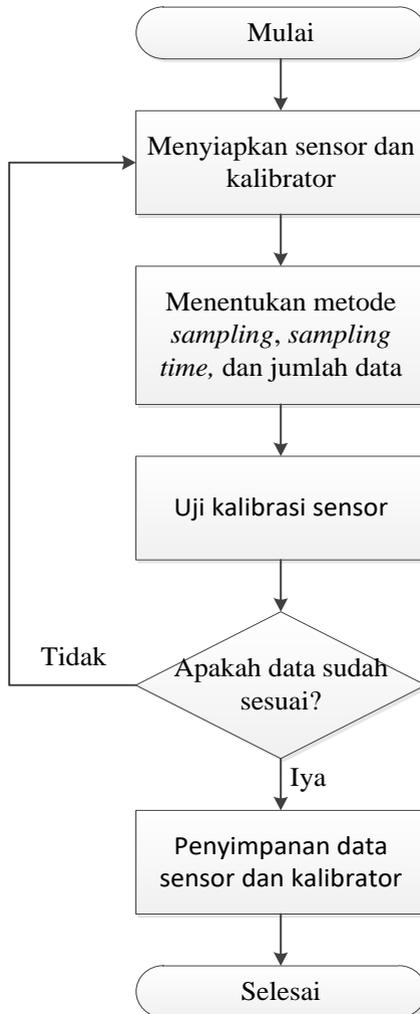
Pengukuran variabel kecepatan angin dilakukan menggunakan Winddirection EQ-FST202. EQ-FST202 menggunakan rangkaian analog yang menghubungkan pin Analog, VCC dan GND pada sensor menuju mikrokontroler Due. Keempat pin dihubungkan seperti Gambar 3.7

Gambar 3.7 menunjukkan rangkaian sensor EQ-FST202 terhadap Arduino Due yang digunakan dalam penelitian ini. Pin VCC pada arah angin dihubungkan dengan sumber 12 Volt pada baterai, pin GND pada arah angin dihubungkan dengan pin GND pada baterai, pin output data arah angin dihubungkan pada pin analog A0 mikrokontroler due. GND pada baterai dihubungkan dengan GND di Arduino.

### 3.4 Pengambilan Data Sensor dan Kalibrasi

Secara umum proses pengambilan data dan kalibrasi variabel fisis dengan mikrokontroler ditunjukkan pada Gambar 3.8. Sensor dan Kalibrator variabel fisis serta pemrograman disiapkan dalam keadaan untuk mengambil data, setelah itu menentukan metode sampling, sampling time dan jumlah data yang akan diambil.

Selanjutnya adalah proses pengambilan dan penyimpanan data sesuai metode sampling, sampling time dan jumlah data yang telah ditentukan, Apabila terjadi *error* atau hasil pembacaan yang tidak sesuai maka dilakukan pengecekan ulang pada wiring dan program sensor dan media penyimpanan data yang terhubung ke mikrokontroler.



**Gambar 3. 8** Tahap Pengambilan Data dan Kalibrasi

a. Kalibrasi Sensor Suhu

Pengujian sistem akuisisi data suhu dilakukan dengan cara menggunakan suhu tetap berdasarkan waktu

yang ditentukan. Pada pengujian suhu udara digunakan thermometer digital dengan seri KW0600291 sebagai pembacaan standarnya yang ditunjukkan pada Gambar 3.9. Langkah pengujian akuisisi data suhu adalah sebagai berikut

1. Tentukan Waktu pengambilan data
2. Sensor HTU21D dan KW0600291 sebagai kalibrator disiapkan
3. Suhu diukur menggunakan HTU21D dan KW0600291.
4. Setelah sistem menyala, sistem didiamkan selama 60 detik sampai keadaan stabil.
5. Pengambilan data sebanyak 60 data dalam interval 3 detik.
6. Suhu yang terbaca oleh HTU21D dan KW0600291 disimpan.



**Gambar 3. 9** Kalibrator Suhu

#### b. Kalibrasi Sensor Kelembaban

Pengujian sistem akuisisi data Kelembaban dilakukan dengan cara menggunakan kelembaban tetap berdasarkan waktu yang ditentukan. Pada pengujian kelembaban udara digunakan hygrometer digital dengan

seri KW0600291 sebagai pembacaan standarnya yang ditunjukkan pada Gambar 3.10 Langkah pengujian akuisisi data kelembaban adalah sebagai berikut

1. Tentukan Waktu pengambilan data
2. Sensor HTU21D dan hygrometer sebagai kalibrator disiapkan
3. Kelembaban udara diukur menggunakan HTU21D dan hygrometer.
4. Setelah sistem menyala, sistem didiamkan selama 60 detik sampai keadaan stabil.
5. Pengambilan data sebanyak 60 data dalam interval 5 detik.
6. Kelembaban udara yang terbaca oleh HTU21D dan TM-902 C disimpan.



**Gambar 3. 10** Kalibrator Kelembaban

#### c. Validasi Sensor Tekanan

Pengujian sistem akuisisi data tekanan dilakukan dengan cara menggunakan tekanan udara tetap yang bersumber dari BMKG berdasarkan waktu yang sama dengan pengambilan data pengukuran. Pengujian sensor tekanan ini bertujuan untuk memvalidasi data pengukuran dari sensor terhadap data pengukuran dari BMKG, hal ini

dikarenakan tidak adanya alat uji kalibrator tekanan di lingkup lokasi penelitian. Langkah pengujian akuisisi data tekanan udara adalah sebagai berikut

1. Tentukan Waktu pengambilan data
2. Sensor BMP085 disiapkan
3. Tekanan udara diukur menggunakan BMP085.
4. Setelah sistem menyala, sistem didiamkan selama 60 detik sampai keadaan stabil.
5. Pengambilan data sebanyak 60 data dalam interval 5 detik.
6. Tekanan udara yang terbaca oleh BMP085 divalidasi dengan data BMKG lalu disimpan.

#### d. Kalibrasi Sensor Kecepatan Angin

Pengujian sistem akuisisi data kecepatan angin dilakukan dengan cara menggunakan variasi kecepatan udara yang berasal dari pembangkit angin menggunakan *windtunnel* seri armfield. Pada pengujian kecepatan udara digunakan anemometer digital seri AM-4200 sebagai pembacaan standarnya yang ditunjukkan pada Gambar 3.11 Langkah pengujian akuisisi data kecepatan udara adalah sebagai berikut

1. Windvane JL-FS2, AM-4200 sebagai kalibrator disiapkan
2. Windtunnel Disiapkan
3. Tentukan frekuensi windtunnel untuk kecepatan angin 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 Km/jam dengan cara mengukur kecepatan angin menggunakan AM-4200.
4. Windvane dimasukan kedalam windtunnel.
5. Windvane diukur kecepatannya berdasarkan frekuensi windtunnel untuk kecepatan angin 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 Km/jam.
6. Pengambilan data sebanyak 10 data dalam interval 1 detik untuk setiap kecepatan .

7. Tekanan udara yang terbaca oleh Windvane disimpan.



**Gambar 3. 11** Kalibrator kecepatan udara (Lutron Electronic, 2015)

#### e. Kalibrasi Sensor Arah Angin

Pengujian sistem akuisisi data Arah angin dilakukan dengan cara menggunakan variasi Arah angin menggunakan kompas digital. Langkah pengujian akuisisi data arah angin adalah sebagai berikut

1. *Winddirection* EQ-FST202 dan Kompas digital sebagai kalibrator disiapkan
2. Kertas, papan dan busur disiapkan.
3. Papan lingkaran disiapkan menggunakan kompas, kertas, papan dan busur dengan skala 22.5 derajat.
4. Arah angin diukur pada sudut 0-360 dengan interval 22.5 derajat .
5. Pengambilan data sebanyak 10 data dalam interval 1 detik untuk setiap arah .
6. Arah angin yang terbaca oleh *Winddirection* disimpan.

#### f. Kalibrasi Sensor Kompas

Pengujian sistem akuisisi data kompas dilakukan dengan cara menggunakan variasi sudut menggunakan kompas digital sebagai pembacaan standarnya. Langkah pengujian akuisisi data kompas adalah sebagai berikut

1. HMC5983 GY-281 dan Kompas digital sebagai kalibrator disiapkan
2. Kertas, papan dan busur disiapkan.
3. Papan lingkaran disiapkan menggunakan kompas digital, kertas, papan dan busur dengan skala 22.5 derajat.
4. Arah sudut kompas diukur pada sudut 0-360 dengan interval 22.5 derajat .
5. Pengambilan data sebanyak 20 data dalam interval 1 detik untuk setiap arah .
6. Sudut kompas yang terbaca oleh HMC5983 GY-281 disimpan.

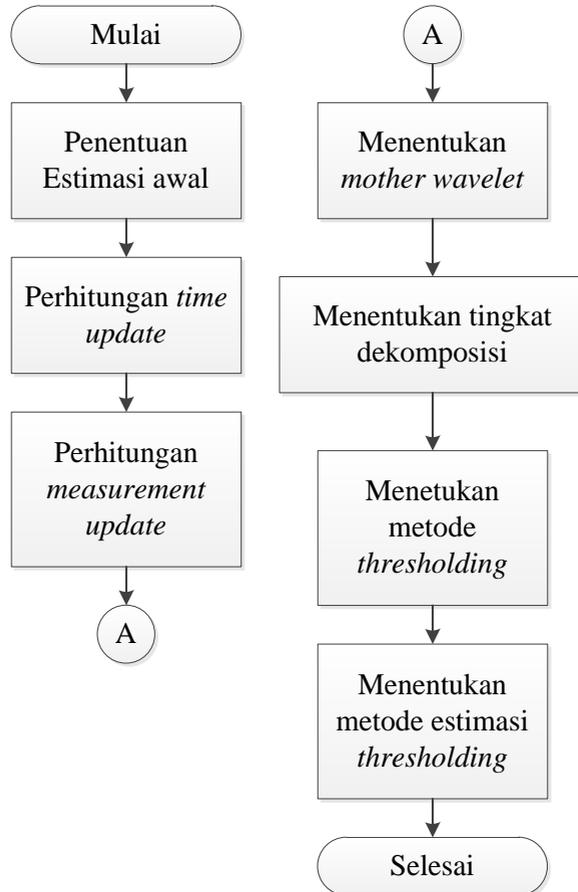
### 3.5 Perancangan Algoritma Filter

Penelitian ini digunakan dua filter dikarenakan untuk mendapatkan hasil pembacaan data sensor yang lebih baik dibandingkan hanya menggunakan satu filter, hal ini juga merupakan saran dari penelitian sebelumnya. Perancangan algoritma filter dapat dilihat pada Gambar 3.12, hal pertama yang dilakukan menentukan posisi filter yang mana didahulukan untuk mengurangi pembacaan data sensor dimana penulis meletakkan filter kalman sebagai yang pertama dan *wavelet denoising* sebagai yang kedua. Integrasi kedua filter dilakukan secara seri, maksudnya data dari sensor akan terlebih dahulu di filter oleh *kalman* filter kemudian hasilnya dilanjutkan di filter oleh *wavelet denoising*. Hasil dari penelitian ini akan dibandingkan data pembacaan sensor kombinasi filter terhadap data pembacaan sensor satu filter dan tanpa filter.

Tahap perancangan filter *kalman*, algoritma dibuat berdasarkan teori filter *kalman* yang kemudian didapatkan sebuah persamaan matematis untuk di masukkan pada *syntax* pembacaan sensor di matlab. *Kalman* filter dapat menghilangkan *noise* dari suatu sinyal yang mengandung informasi dan mengambil informasi tersebut untuk diproses lebih lanjut (Kasiyanto, 2008), pada dasarnya filter *kalman* bekerja berdasarkan Gambar 2.13, dimana filter terdiri dari dua fasa yaitu *time update* dan *measurement update*. Kedua fase kerja ini melakukan perhitungan berulang (*looping*) hingga batas waktu yang ditentukan. Tiap fase kerja terdapat rumus perhitungan sendiri untuk mengestimasi *state vektor*. Estimasi awal merupakan nilai yang berasal dari pengukuran sensor. Nilai tersebut didapatkan dengan melakukan pengujian sensor. R didapatkan dari nilai varian data pengukuran sensor, Q merupakan nilai proses varian diasumsikan sangat kecil yaitu  $1e-9$ .  $B = 0$  dikarenakan tidak ada *control input* pada sistem.  $H = 1$  dikarenakan keluaran *output* tegangan bersifat observasi, dan  $A = 1$  dikarenakan pembacaan data sensor tidak berubah sangat cepat atau pengukuran sekarang sama dengan pengukuran beberapa detik yang lalu. Tahap *time update* digunakan untuk memprediksi nilai kovarian. Sedangkan tahap *measurement update* digunakan untuk menentukan *gain* dari filter *kalman*, estimasi nilai pengukuran, estimasi kovarian. Tahap-tahap tersebut akan melakukan iterasi terus menerus, sehingga menghasilkan nilai pengukuran yang lebih baik.

Tahap perancangan *wavelet* filter, algoritma dibuat berdasarkan teori *wavelet denoising* di matlab yang kemudian didapatkan persamaan. Tahap pertama dari perancangan algoritma *Wavelet* denoising adalah dengan mengkarakterisasi *noise* yang didapatkan berdasarkan hasil pengukuran dan kalibrasi. Proses selanjutnya adalah

menentukan jenis *mother wavelet* yang digunakan, *mother wavelet* berfungsi untuk mengkonversi data menjadi koefisien dan menganalisa setiap koefisien pada resolusi yang sesuai terhadap skalanya.



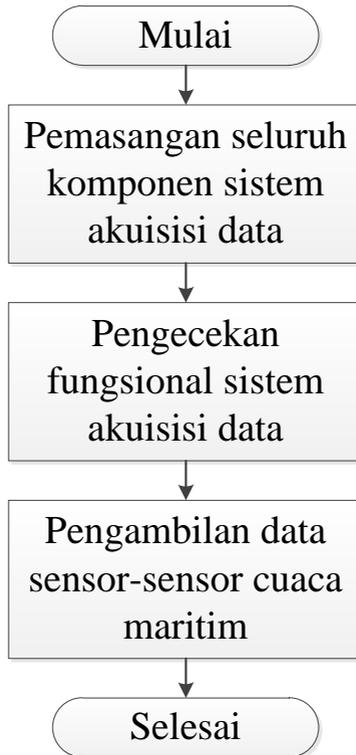
**Gambar 3. 12** Tahap perancangan algoritma kombinasi filter *kalman* dan *wavelet*

Setiap masing-masing *mother wavelet* memiliki prinsip kerja, kelebihan dan kekurangan. Penelitian ini akan menggunakan *mother wavelet* yaitu *Daubechies*. Proses selanjutnya adalah menentukan Tingkat dekomposisi yang merupakan salah satu hal yang berpengaruh dalam proses *denoising* sinyal menggunakan *wavelet transform*. Tingkat dekomposisi yang digunakan pada penelitian ini yaitu sebesar 5 (Ergen, 2013). Proses selanjutnya setelah menentukan tingkat dekomposisi adalah menentukan *rule* dan metode *thresholding* yang berfungsi untuk memfilter koefisien sinyal agar dapat mengurangi noise. Penelitian ini digunakan proses *rule thresholding* menggunakan metode *Heursure* dan metode *thresholding* menggunakan *soft thresholding*.

### **3.6 Pengambilan Data Uji Dinamis**

Setelah melakukan kalibrasi pada sensor dan melakukan uji performasi filter, selanjutnya mengambil data *realtime* di laut. Pengambilan data uji dinamis dilakukan di pantai Kenjeran Surabaya. Proses diawali dengan pemasangan seluruh komponen sistem pada *buoyweather* dari mulai sensor dan mikrokontroler. Pengecekan fungsional sistem dilakukan untuk memastikan sistem beroperasi dengan baik, mulai dari penyambungan dan pengecekan *wiring* kabel, pengecekan berjalannya pembacaan sensor-sensor cuaca, hingga integrasi sistem akuisisi data dengan sistem yang lain seperti transmisi, *charging* baterai, prediksi dan *monitoring*. Setelah sistem dapat berfungsi maka dilakukan pengambilan data. Pengujian dilakukan dipantai Kenjeran Surabaya dengan jarak 10 – 1000 m dari bibir pantai. Penjelasan proses pengambilan data uji dinamis dapat dilihat pada Gambar 3.13. Uji dinamis dilakukan untuk menilai kinerja sistem secara

keseluruhan, data yang diambil pada uji dinamis berupa data sensor (*raw*) dan data sensor yang telah di filter.



**Gambar 3. 13** Proses pengambilan data uji dinamis

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## **BAB IV**

### **ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN**

#### **4.1 Analisa Data**

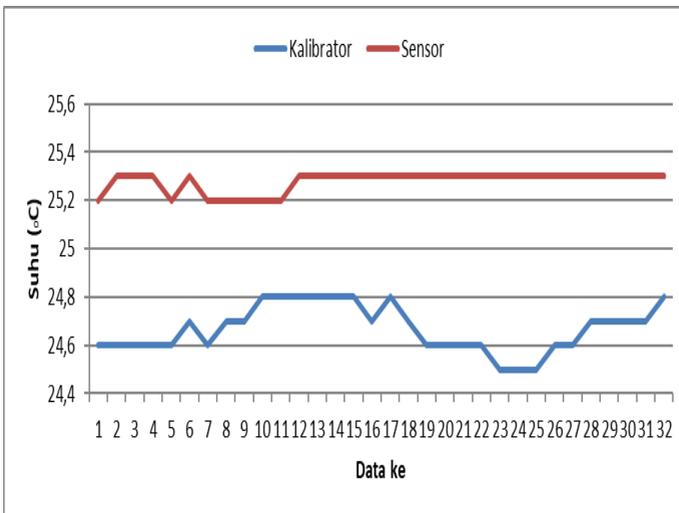
Setelah dilakukan perancangan sistem selanjutnya dilakukan analisa data dan pembahasan mengenai data hasil pengujian sensor dan kalibrasi serta dibandingkan dengan data setelah dilakukan filter kombinasi *kalman* dan *wavelet*. Sehingga dapat diketahui bagaimana perbandingan performansi dari sensor-sensor sebelum dan setelah dilakukan filter.

##### **4.1.1 Data Sensor dan Kalibrasi**

Sub bab ini menyajikan data-data pengujian setiap sensor dibandingkan dengan kalibrator. Sensor-sensor tersebut terdiri dari sensor suhu, kelembaban, tekanan, kecepatan angin, arah angin, dan kompas. Hasil pengujian akan dicari nilai karakteristik statik berupa *error* rata-rata, *% error* dan standar deviasi dari masing-masing sensor. Pengambilan pengujian data *raw* dan data kalibrasi dilakukan pada waktu siang hari di lingkungan departemen teknik fisika. Pengambilan data pengukuran di lab dan pengambilan data pengukuran di laut di pastikan berbeda hari. Pengambilan data dilaut membutuhkan integrasi semua sistem *bouyweather* dalam kondisi sudah beroperasi dengan benar. Kondisi itu meliputi akuisisi sensor, transmisi data, monitoring, dan prediksi cuaca, pada penelitian ini yang dikatakan kondisi dalam keadaan baik adalah akuisisi sensor. Sensor yang dipakai pada penelitian ini harus sudah di kalibrasi serta dilakukan uji performansi filter agar bisa mengurangi error pembacaan sensor sehingga waktu pengambilan data pengukuran di laut tidak pada waktu yang sama dengan pengambilan data pengukuran di lab.

### a. Suhu

Pengujian sensor suhu yang telah dilakukan dengan mengambil data sebanyak 105 data. Cuplikan data pengujian sensor dan kalibrator (data selengkapnya lihat dilampiran A) ditampilkan pada Tabel 4.1. Pengujian tersebut diperoleh *error* pembacaan rata-rata sebesar  $0.65\text{ }^{\circ}\text{C}$ , persen *error* sebesar 2.65% dan standar deviasi sebesar 0.11. Berdasarkan *datasheet*, akurasi yang dimiliki oleh sensor suhu DHT11 adalah  $\pm 2^{\circ}\text{C}$  sehingga dapat disimpulkan sensor tersebut masih dalam keadaan baik untuk dipakai sebagai sensor. Bila ingin mereduksi *error* menjadi lebih baik, maka disarankan untuk mengganti dengan sensor DHT22 yang memiliki akurasi  $\pm 0.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Hasil pembacaan tersebut selanjutnya di plot pada grafik yang terdapat pada Gambar 4.1 yang menunjukkan sinyal sensor dan kalibrator.



**Gambar 4. 1** Hasil uji sensor dan kalibrator suhu

**Tabel 4. 1** Hasil pengujian sensor dan kalibrator suhu

No	Kalibrator (°C)	Sensor (°C)	<i>Error</i> (°C)	<i>% Error</i>
1	24.6	25.2	0.6	2.43
2	24.6	25.1	0.5	2.03
3	24.5	25.2	0.7	2.85
4	24.6	25.1	0.5	2.03
5	24.6	25.1	0.5	2.03
6	24.5	25.2	0.7	2.85
	Rata2		0.65	2.65
	STDV		0.11	

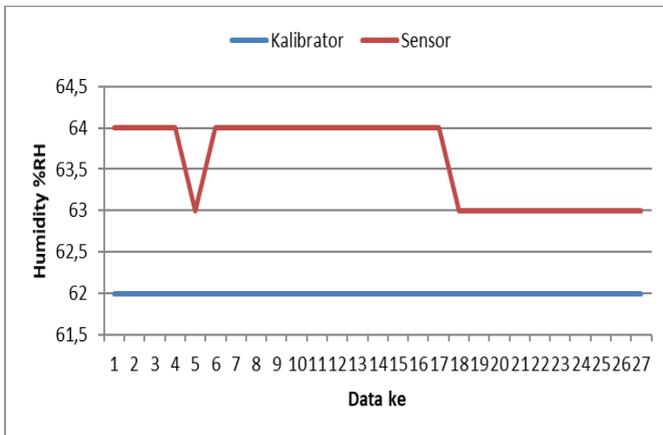
## b. Kelembaban

Pengujian sensor kelembaban udara yang telah dilakukan dengan mengambil data sebanyak 106 data, disajikan pada Tabel 4.2

**Tabel 4. 2** Hasil pengujian sensor dan kalibrator kelembaban

No	Kalibrator (%Rh)	Sensor (%Rh)	<i>Error</i> (%Rh)	<i>%Error</i>
1	62	63	1	1.61
2	62	63	1	1.61
3	62	64	2	3.22
4	62	64	2	3.22
5	62	64	2	3.22
6	62	64	2	3.22
	Rata2		1.70	2.75
	STDV		0.63	

Cuplikan data pengujian sensor dan kalibrator (data selengkapnya lihat dilampiran A), pada pengujian tersebut diperoleh *error* pembacaan rata-rata sebesar 1.70 %Rh, persen *error* sebesar 2.75% dan standar deviasi sebesar 0.63. Berdasarkan *datasheet* akurasi yang dimiliki oleh sensor kelembaban DHT11 adalah  $\pm 5\%$  sehingga dapat disimpulkan sensor tersebut masih dalam keadaan baik untuk dipakai sebagai sensor. Bila ingin mereduksi *error* menjadi lebih baik, maka disarankan untuk mengganti dengan sensor DHT22 yang memiliki akurasi  $\pm 2\%$  atau dengan sensor kelembaban yang memiliki akurasi lebih baik dari sensor DHT11 atau DHT22. Hasil pembacaan tersebut selanjutnya di plot pada grafik yang terdapat pada Gambar 4.2 yang menunjukkan sinyal sensor dan kalibrator.



**Gambar 4. 2** Hasil uji sensor dan kalibrator kelembaban

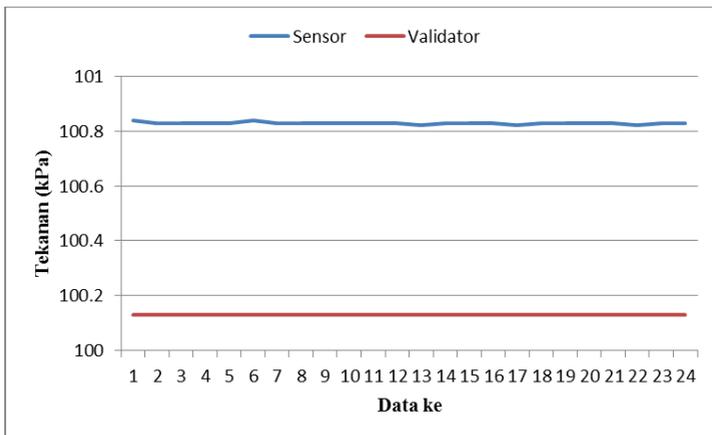
### c. Tekanan

Pengujian sensor tekanan yang telah dilakukan dengan mengambil data sebanyak 111 data, disajikan pada Tabel 4.3

**Tabel 4. 3** Hasil pengujian sensor dan validator tekanan

No	Sensor (kPa)	Validator (kPa)	Error (kPa)	%Error
1	100.81	100.13	0.68	0.67
2	100.8	100.13	0.67	0.66
3	100.81	100.13	0.68	0.67
4	100.8	100.13	0.67	0.66
5	100.81	100.13	0.68	0.67
6	100.8	100.13	0.67	0.66
	Rata2		0.68	0.68
	STDV		0.014	

Cuplikan data pengujian sensor dan kalibrator (data selengkapnya lihat dilampiran A), pengujian tersebut diperoleh *error* pembacaan rata-rata sebesar 0.68 kPa persen *error* sebesar 0.68% dan standar deviasi sebesar 0.014. Hasil pembacaan tersebut selanjutnya di plot pada grafik yang terdapat pada Gambar 4.3 yang menunjukkan sinyal sensor dan data validasi.

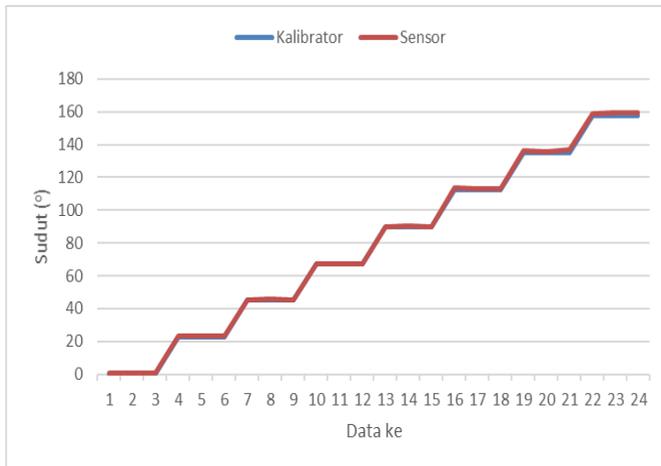
**Gambar 4. 3** Hasil uji sensor dan validator tekanan

#### d. Arah Angin

Pengujian sensor arah angin yang telah dilakukan dengan mengambil data sebanyak 239 data. Cuplikan data pengujian sensor dan kalibrator (data selengkapnya lihat dilampiran B) ditampilkan pada Tabel 4.4. Pengujian tersebut diperoleh *error* pembacaan rata-rata sebesar  $2.17^{\circ}$ , % *error* sebesar 2.78% dan standar deviasi sebesar 71.13. Berdasarkan *datasheet* akurasi yang dimiliki oleh sensor arah angin adalah  $\pm 3\%$  sehingga dapat disimpulkan sensor tersebut tidak baik dikarenakan *output* keluaran maksimal yang seharusnya 5V hanya terbaca 4.6V oleh multimeter. Bila ingin mereduksi *error* menjadi lebih baik, maka disarankan untuk mengganti dengan sensor lain. Hasil pembacaan tersebut selanjutnya di plot pada grafik yang terdapat pada Gambar 4.4 yang menunjukkan sinyal sensor dan kalibrator.

**Tabel 4. 4** Hasil pengujian sensor dan kalibrator arah angin

No	Kalibrator ( $^{\circ}$ )	Sudut ( $^{\circ}$ )	<i>Error</i> ( $^{\circ}$ )	% <i>Error</i>
1	0.00	0.68	0.68	0
2	0.00	0.68	0.68	0
3	0.00	0.68	0.68	0
4	22.50	23.18	0.68	3.02
5	22.50	23.18	0.68	3.02
6	22.50	23.18	0.68	3.02
Rata-Rata			2.17	1.16
STDV			71.13	



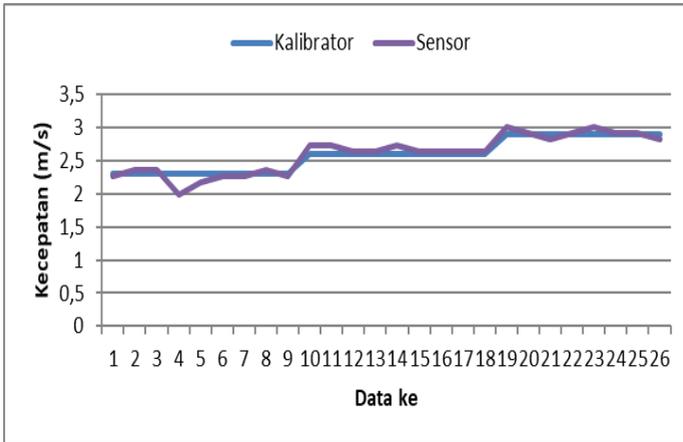
**Gambar 4. 4** Hasil uji sensor dan kalibrator arah angin

e. Kecepatan Angin

Pengujian sensor kecepatan angin yang telah dilakukan dengan mengambil data sebanyak 54 data, disajikan pada Tabel 4.5.

**Tabel 4. 5** Hasil pengujian sensor dan kalibrator kecepatan angin

No	Kalibrator (m/s)	Sensor (m/s)	Error (m/s)	%Error
1	2.3	2.27	0.03	1.35
2	2.3	2.37	0.07	2.82
3	2.3	2.37	0.07	2.82
4	2.3	1.99	0.31	15.37
5	2.3	2.17	0.13	5.89
6	2.3	2.27	0.03	1.35
	Rata2		0.06	2.27
	STDV			0.486



**Gambar 4. 5** Hasil uji sensor dan kalibrator kecepatan angin

Cuplikan data pengujian sensor dan kalibrator (data selengkapnya lihat dilampiran C) ditampilkan pada Tabel 4.5. Pengujian tersebut diperoleh *error* pembacaan rata-rata sebesar 0.06 m/s, % *error* sebesar 2.27 % dan standar deviasi sebesar 0.486. Berdasarkan *datasheet*, akurasi yang dimiliki oleh sensor kecepatan angin adalah  $\pm 3\%$  sehingga dapat disimpulkan sensor tersebut masih dalam keadaan baik untuk dipakai sebagai sensor. Hasil pembacaan tersebut selanjutnya di plot pada grafik yang terdapat pada Gambar 4.5 yang menunjukkan sinyal sensor dan kalibrator.

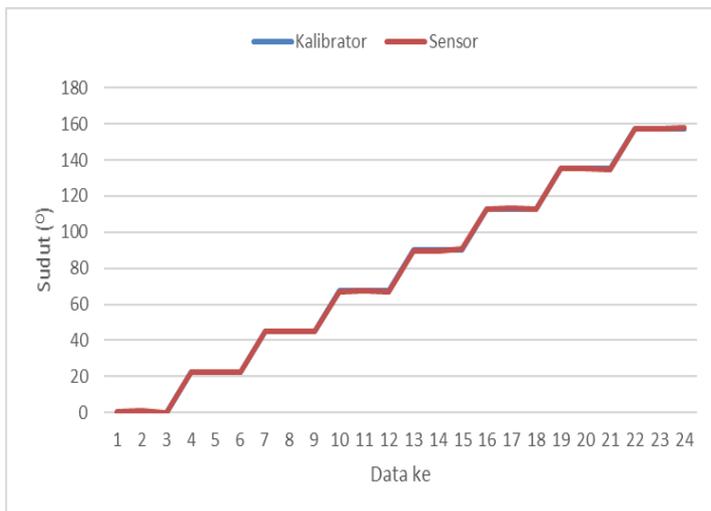
#### f. Kompas

Pengujian sensor kompas yang telah dilakukan dengan mengambil data sebanyak 320 data, disajikan pada Tabel 4.6. Cuplikan data pengujian sensor dan kalibrator (data selengkapnya lihat dilampiran D) ditampilkan pada Tabel 4.6. Pada pengujian tersebut diperoleh *error* pembacaan rata-rata sebesar 0.578 °, %

*error* sebesar 0.411% dan standar deviasi sebesar 0.557. Hasil pembacaan tersebut selanjutnya di plot pada grafik yang terdapat pada gambar 4.6 yang menunjukkan sinyal sensor dan kalibrator.

**Tabel 4. 6** Hasil pengujian sensor dan kalibrator kompas

No	Kalibrator ( $^{\circ}$ )	Sensor ( $^{\circ}$ )	<i>Error</i> ( $^{\circ}$ )	<i>%Error</i>
1	0	0.66	0.004	0.183
2	22.5	22.25	0.25	1.111
3	45	45.15	0.15	0.333
4	67.5	67	0.5	0.741
5	90	89.81	0.19	0.211
6	112.5	112.84	0.34	0.302
Rata2			0.578	0.411
STDV			0.557	



**Gambar 4. 6** Hasil uji sensor dan kalibrator kompas

#### 4.1.2 Data Setelah Menggunakan Filter *Wavelet* dan *Kalman*

Data dari keempat sensor yang dihasilkan dari kalibrasi (kecuali sensor kompas digunakan untuk acuan posisi untuk sensor arah angin) selanjutnya di filter *kalman* kemudian di filter kembali menggunakan *wavelet transform* untuk mengetahui apakah kombinasi algoritma *wavelet* dan *kalman* dapat mereduksi *error* pembacaan sensor.

##### a. Suhu

Pengujian ini merupakan pengujian sensor suhu (DHT11) yang telah diberikan algoritma *kalman* dan *wavelet transform*.

**Tabel 4. 7** Hasil pengujian *filter* kombinasi *kalman* dan *wavelet transform* terhadap sensor suhu

No	<i>Raw</i> (°C)	<i>Kalman</i> (°C)	Kombinasi <i>Kalman</i> <i>Wavelet</i> (°C)
1	25.2	24.89	24.89
2	25.3	25.09	25.09
3	25.3	25.16	25.16
4	25.3	25.20	25.20
5	25.2	25.20	25.20
6	25.3	25.21	25.21
SD	0.112	0.062	0.062

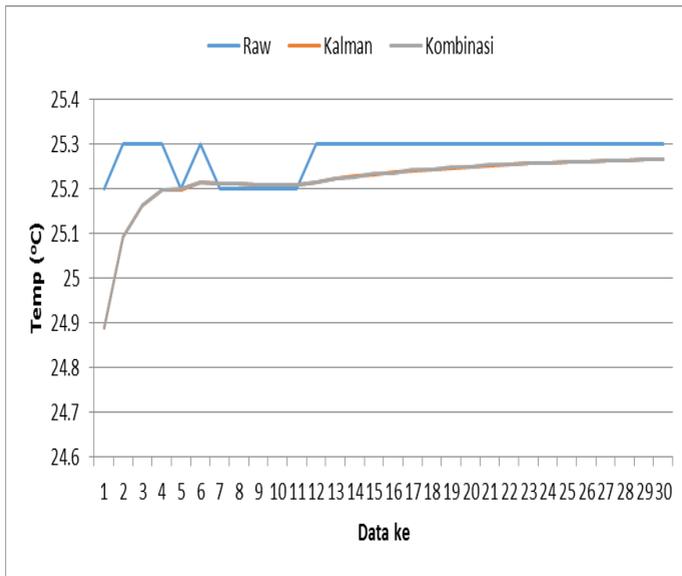
Cuplikan data sebelum dan sesudah diberikan filter (data selengkapnya lihat lampiran E) ditampilkan pada Tabel 4.7. Berdasarkan hasil perhitungan diperoleh penurunan nilai standar deviasi sebesar 0.05. Gambar 4.7 menggambarkan sinyal *Raw* yang merupakan nilai

keluaran sensor, sinyal *kalman* merupakan sinyal yang telah di filter dengan filter *kalman*, sinyal kombinasi merupakan sinyal hasil filter *kalman* kemudian di filter dengan *wavelet transform*.

#### b. Kelembaban

Pengujian ini merupakan pengujian sensor kelembaban udara (DHT11) yang telah diberikan algoritma Kalman dan *Wavelet Transform*.

Cuplikan data sebelum dan sesudah diberikan filter (data selengkapnya lihat lampiran E) ditampilkan pada Tabel 4.8. Berdasarkan hasil perhitungan diperoleh kenaikan nilai standar deviasi sebesar 1.394.

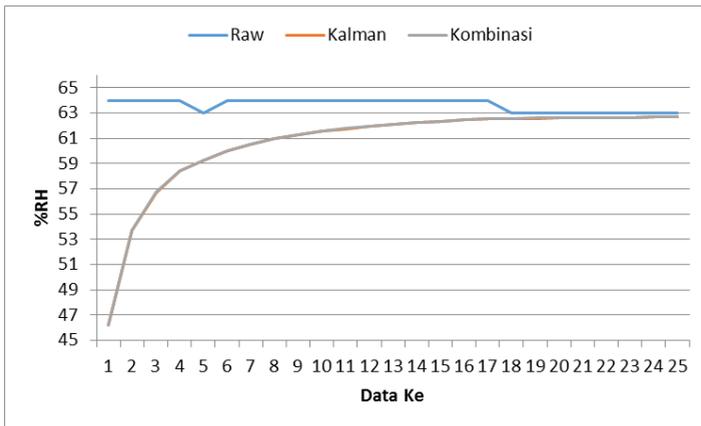


**Gambar 4. 7** Sinyal uji *raw*, *kalman*, kombinasi *kalman* *wavelet transform* pada sensor suhu

**Tabel 4. 8** Hasil pengujian *filter* kombinasi *kalman* dan *wavelet transform* terhadap sensor kelembaban

No	Raw (%Rh)	Kalman (%Rh)	Kombinasi Kalman Wavelet (%Rh)
1	64	46.22	46.23
2	64	53.68	53.68
3	64	56.73	56.74
4	64	58.39	58.39
5	63	59.24	59.25
6	64	59.99	59.99
SD	0.620	2.014	2.013

Gambar 4.8 menggambarkan sinyal *raw* yang merupakan nilai keluaran sensor, sinyal *kalman* merupakan sinyal yang telah di filter dengan filter *kalman*, sinyal kombinasi merupakan sinyal hasil filter *kalman* kemudian di filter dengan *wavelet transform*.

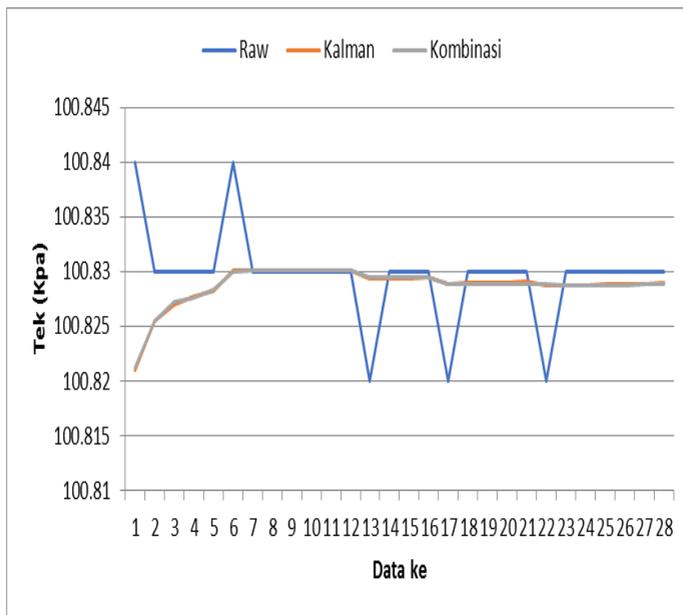


**Gambar 4. 8** Sinyal uji *raw*, *kalman*, kombinasi *kalman* *wavelet transform* pada sensor kelembaban

### c. Tekanan

Pengujian ini merupakan pengujian sensor tekanan (BMP085) yang telah diberikan algoritma *kalman* dan *wavelet transform*.

Cuplikan data sebelum dan sesudah diberikan filter (data selengkapnya lihat lampiran E) ditampilkan pada Tabel 4.9. Berdasarkan hasil perhitungan diperoleh penurunan nilai standar deviasi sebesar 0.007. Gambar 4.9 menggambarkan sinyal *raw* yang merupakan nilai keluaran sensor, sinyal *kalman* merupakan sinyal yang telah di filter dengan filter *kalman*, sinyal kombinasi merupakan sinyal hasil filter *kalman* kemudian di filter dengan *wavelet transform*.



**Gambar 4. 9** Sinyal uji *raw*, *kalman*, kombinasi *kalman* *wavelet transform* pada sensor tekanan

**Tabel 4. 9** Hasil pengujian *filter* kombinasi *kalman* dan *wavelet transform* terhadap sensor tekanan

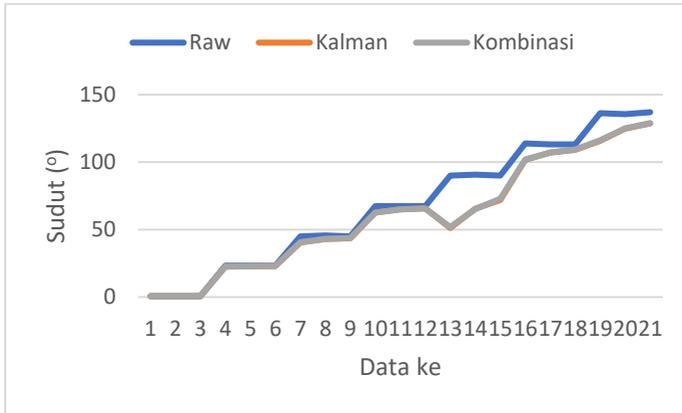
No	Raw (kPa)	Kalman (kPa)	Kombinasi Kalman Wavelet (kPa)
1	100.84	100.82	100.82
2	100.83	100.83	100.83
3	100.83	100.83	100.83
4	100.83	100.83	100.83
5	100.83	100.83	100.83
6	100.84	100.83	100.83
SD	0.014	0.007	0.007

d. Arah Angin

Pengujian ini merupakan pengujian sensor arah angin (EQ-FST2) yang telah diberikan algoritma *kalman* dan *wavelet transform*.

**Tabel 4. 10** Hasil pengujian *filter* kombinasi *kalman* dan *wavelet transform* terhadap sensor arah angin

No	Raw ( $^{\circ}$ )	Kalman ( $^{\circ}$ )	Kombinasi Kalman Wavelet ( $^{\circ}$ )
1	0,68	0,66	0,66
2	23,18	22,49	22,51
3	45	40,54	40,64
4	67,5	62,54	62,61
5	90	51,09	51,96
6	113,86	101,76	102,08
SD	1,24	1,36	1,36



**Gambar 4. 10** Sinyal uji *raw*, *kalman*, kombinasi *kalman wavelet transform* pada sensor arah angin

Cuplikan data sebelum dan sesudah diberikan filter (data selengkapnya lihat lampiran F) ditampilkan pada Tabel 4.10. Berdasarkan hasil perhitungan diperoleh kenaikan nilai standar deviasi sebesar 0.12.

Gambar 4.10 menggambarkan sinyal *raw* yang merupakan nilai keluaran sensor, sinyal *kalman* merupakan sinyal yang telah di filter dengan filter *kalman*, sinyal kombinasi merupakan sinyal hasil filter *kalman* kemudian di filter dengan *wavelet transform*.

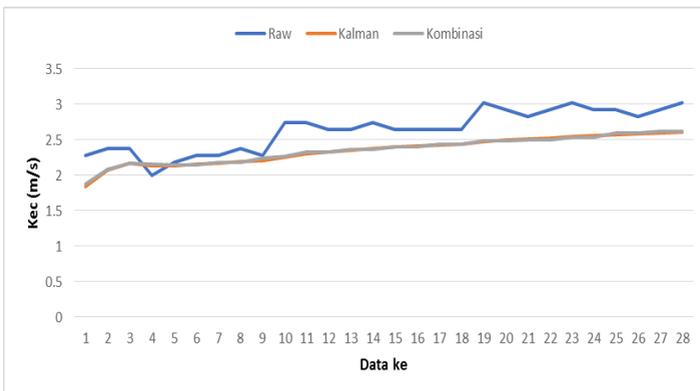
#### e. Kecepatan Angin

Pengujian ini merupakan pengujian sensor kecepatan angin (JL-FS2) yang telah diberikan algoritma *kalman* dan *wavelet transform*. Cuplikan data sebelum dan sesudah diberikan filter (data selengkapnya lihat lampiran F) ditampilkan pada Tabel 4.11. Berdasarkan hasil perhitungan diperoleh penurunan nilai standar deviasi sebesar 0.2.

**Tabel 4. 11** Hasil pengujian *filter* kombinasi kalman dan *wavelet transform* terhadap sensor kecepatan angin

No	Raw (m/s)	Kalman (m/s)	Kombinasi Kalman Wavelet (m/s)
1	2.27	1.84	1.87
2	2.37	2.07	2.08
3	2.37	2.16	2.17
4	1.99	2.12	2.15
5	2.17	2.13	2.14
6	2.27	2.16	2.14
SD	0.49	0.29	0.29

Gambar 4.11 menggambarkan sinyal *raw* yang merupakan nilai keluaran sensor, sinyal *kalman* merupakan sinyal yang telah difilter dengan filter *Kalman*, sinyal kombinasi merupakan sinyal hasil filter *kalman* kemudian di filter dengan *wavelet transform*.



**Gambar 4. 11** Sinyal uji *raw*, *kalman*, kombinasi *kalman wavelet transform* pada sensor kecepatan angin

## 4.2 Pembahasan

### 4.2.1 Hasil uji sensor sebelum dan sesudah dan setelah diberikan filter

Setelah dilakukan analisa data pada sub bab sebelumnya, diambil beberapa data yang menjadi perbandingan antara pembacaan sensor sebelum dan sesudah diberikan filter menggunakan *wavelet transform* dan *kalman*.

Dapat dilihat dari tabel 4.12 dan 4.13 merupakan hasil dari standar deviasi dari kelima sensor. Hasil pembacaan setelah diberikan filter gabungan mengalami perbedaan nilai standar deviasinya terhadap data *raw* nya. Pada pengujian diatas, masing-masing sensor menunjukkan hasil estimasi yang ditunjukkan melalui perbandingan standar deviasi *raw* terhadap filter nya.

**Tabel 4. 12** Hasil standard deviasi *filter* sensor suhu, kelembaban, tekanan

Suhu		Kelembaban		Tekanan	
SD <i>Raw</i> (°C)	SD Filter (°C)	SD <i>Raw</i> (%Rh)	SD Filter (%Rh)	SD <i>Raw</i> (kPa)	SD Filter (kPa)
0.112	0.062	0.620	2.014	0.014	0.007

**Tabel 4. 13** Hasil standard deviasi *filter* sensor kecepatan angin dan arah angin

Kecepatan angin		Arah angin	
SD <i>Raw</i> (m/s)	SD Filter (m/s)	SD <i>Raw</i> (°)	SD Filter (°)
0.49	0.29	1.24	1.36

Standar deviasi mewakili sebaran dari titik-titik pengukuran yang terbaca oleh sensor. Dapat dilihat dari tabel 4.12 dan 4.13 bahwa sensor suhu, tekanan, kecepatan angin mengalami penurunan standar deviasi sedangkan sensor kelembaban dan arah angin mengalami kenaikan standar deviasi. Standar deviasi yang semakin kecil menunjukkan pembacaan sensor semakin baik. Hasil dari filter *wavelet* tidak berbeda jauh dengan filter kalman, hal ini dikarenakan data pembacaan sensor yang telah di filter *kalman* telah mengalami pengurangan *noise* sehingga jika dilakukan filter kembali oleh *wavelet* maka tidak akan mengalami perubahan yang besar. Penambahan *noise* untuk meningkatkan kinerja performa filter *wavelet* tidak serta berbuah baik, hanya menyebabkan standar deviasi meningkat. Sehingga dapat disimpulkan penggunaan kombinasi filter *kalman* dan *wavelet* lebih baik untuk sensor tekanan, kecepatan, dan suhu sedangkan kelembaban dan arah angin lebih baik tidak menggunakan filter.

#### 4.2.2 Hasil Uji Dinamis Sistem terhadap Kondisi Cuaca Sesungguhnya

Setelah dilakukan analisa data pada sub bab sebelumnya mengenai hasil uji dinamis sistem, untuk mengetahui apakah *sistem bouyweather station type II* dapat mewakili kondisi cuaca sesungguhnya, maka diambil beberapa data yang menjadi perbandingan data yang bersumber dari BMKG dengan data sistem. Data *realtime* direncanakan pengambilan satu hari akan tetapi ada kendala pada sistem *charging* dari PV ke baterai sehingga pengambilan data hanya berlangsung beberapa jam. Tabel 4.14 terdapat nilai setiap variabel cuaca untuk setiap variabel, baik yang bersumber dari sistem ataupun dari BMKG, kecuali untuk variabel kompas. Berdasarkan pada tabel 4.14 variabel suhu memiliki perbedaan sebesar

1.33 °C, kelembaban 5.5% Rh dan tekanan 0.17 kPa perbedaan tersebut dapat dikatakan relatif kecil. Data yang berasal BMKG merupakan data cuaca laut Surabaya dan selat Madura sedangkan sistem dinamis diuji sekitar pantai Kenjeran, sedangkan untuk arah angin dan kecepatan angin mengalami perbedaan yang cukup besar. Hal ini dikarenakan daya *supply* 12 volt untuk sensor arah angin dan kecepatan angin kurang karena ada permasalahan dalam sistem *charging*.

**Tabel 4. 14** Perbedaan nilai uji dinamis

		Waktu 18/06/2019 04:30:00	
No	Variabel	Sistem	BMKG
1	Kecepatan angin (m/s)	5.13	3.8
2	Arah angin (°)	48	112.9
3	Suhu (°C)	32.5	29.4
4	Kelembaban (%Rh)	62	67.5
5	Tekanan (kPa)	100.96	101.13

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## **BAB V**

### **KESIMPULAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

Setelah dilakukan pembahasan pada bab sebelumnya diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

- a) Algoritma filter kombinasi wavelet dan kalman dapat diterapkan pada sistem akuisisi data *bouyweather station type II*
- b) Kinerja untuk filter kombinasi kalman dan wavelet didapatkan nilai perbedaan deviasi standard untuk sensor suhu sebesar  $0.062^{\circ}\text{C}$ , untuk sensor kelembaban sebesar  $1.394\% \text{Rh}$ , untuk sensor tekanan sebesar  $0.007\text{ kPa}$ , untuk sensor kecepatan angin sebesar  $0.2\text{ m/s}$  dan untuk arah angin sebesar  $0.12^{\circ}$ . Sehingga, algoritma kombinasi wavelet dan kalman tidak dapat bekerja dengan baik untuk mereduksi kelembaban dan arah angin tetapi bekerja baik untuk mereduksi *error* untuk suhu, tekanan, kecepatan angin.

#### **5.2 Saran**

Adapun saran yang penulis sampaikan untuk penelitian selanjutnya adalah:

- a) Dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai validasi sensor arah angin
- b) Penggantian sensor suhu dengan sensor yang memiliki akurasi yang lebih baik.
- c) Penggantian kombinasi algoritma filter yang lain guna meningkatkan kinerja sistem.

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## DAFTAR PUSTAKA

- Aji, A. G. (2013). Perancangan Sistem Akuisisi data Maritime Buoy Weather Station. *Jurnal Teknik POMITS*.
- Aldrian, D. E. (2008). *Meteorologi Laut Indonesia*. Jakarta: Badan meteorologi dan Geofisika.
- Ardiansyah. (2011). *Sistem Informasi Bencana Banjir (Akuisisi Data Multiple Sensor)*. Surabaya: PENS.
- Arizal, Y. (2016). Rancang bangun maritime automatic weather station. *Jurnal meteorologi klimatologi dan geofisika*, 1-10.
- Batubara, R. (n.d.). *Habibi (Sistem Akuisisi Data)*. Retrieved January 16, 2019, from <http://habibipte.blogspot.com/p/sistem-akuisisi-data.html>
- BOSCH. (2009). BMP 085 Digital Sensor. Germany.
- BOSCH Sensortec. (2008). BMP085-Digital, Barometric pressure sensor.
- botshop. (n.d.). *botshop*. Retrieved January 16, 2019, from <https://www.botshop.co.za/product/arduino-due-board-compatible-with-arduino/>
- Daulay, A. S. (n.d.). *Sharing Knowledge (Sistem Pengukuran Instrumentasi)*. Retrieved January 16, 2019, from <http://adlansyukri.blogspot.com/2011/10/sistem-kontrol.html>
- Departemen Kelautan dan Perikanan. (2008). *Evaluasi kebijakan dalam rangka implementasi hukum laut internasional*

- (UNCLOS 1982) di Indonesia. Departemen Kelautan dan Perikanan.
- dfrobot. (n.d.). *dfrobot*. Retrieved January 16, 2019, from [https://wiki.dfrobot.com/Wind\\_Speed\\_Sensor\\_Voltage\\_Type\\_0-5V\\_\\_SKU\\_SEN0170](https://wiki.dfrobot.com/Wind_Speed_Sensor_Voltage_Type_0-5V__SKU_SEN0170)
- Eko Sedyono, Y. N. (2009). Klasifikasi Sidik Jari Menggunakan Metode Wavelet Symlet. *Jurnal Informatika*, 17-33.
- EKT. (2009). Wind Sensor JL-FS2. China.
- EQUINOX. (2009). Wind Direction Sensor EQ-FST202. India.
- Ergen, B. (2013). Comparison of wavelet Types and thresholding methods on wavelet Based Denoising of heart sound. *Scientific Research*.
- Etten, W. C. (2005). *Introduction to Random signals and noise*. Netherland.
- Fraden, J. (2004). *Handbook of modern sensors : physics, designs, and applications*. San Diego: Springer-Verlag.
- Kasiyanto. (2008). Simulasi Penapisan Kalman Dengan Kendala Persamaan Keadaan Pada Kasus Penelusuran Posisi Kendaraan (Vehicle Tracking Problem).
- Kleinbauer. (2004). *Kalman Filtering Implementation with Matlab*. Helsinki: Universität Stuttgart.
- Kumar, S. (2011). An Improved Threshold Estimation Technique For Image Denoising Using Wavelet Thresholding Techniques. *International Journal Of Research In Engineering & Applied Science*, 2294-3905.

- Lutron Electronic. (2015). Digital Anemometer AM 4200. Taiwan.
- Measurement Computing. (2012). *Data Acquisition Handbook*. Measurement Computing corporation.
- Miftahuddin. (2016). Analisis Unsur-unsur Cuaca dan Iklim Melalui Uji Mann-Kendall Multivariat. *Jurnal matematika, statistika, & komputasi*, Vol 13, No. 1, 26-38.
- Morris, A. (2011). *Measurement and Instrumentation Principles*. Butterworth Heinemann.
- Mouser Electronics. (2019). DHT11 Humidity & Temperature Sensor. USA.
- Pitartyanti, M. (2014). Rancang Bangun sistem akuisisi data prototype Buoy weather Type II Berbasis Mikrokontroler. *Jurnal Teknik POMITS*.
- Pramiswari. (2012). Implementasi Denoising Citra RGB Menggunakan Metode Wavelet Berbasis Logika Fuzzy. *Skripsi Teknik Informatika, FTI-ITS*.
- Qomarudin, M. N. (2019, Juni 2). Retrieved from Catatanku:  
<http://mnurq.blogspot.com/2014/03/algorithm-kalman-filter-diskrit.html>
- Redhianto, E. (2016). Integrasi Sistem Akuisisi Data pada buoyweather station type II. *Jurnal Teknik POMITS*.
- Sanjaya, M. I. (2018). *Rekonstruksi Sistem Akuisisi data dengan Filter Menggunakan Wavelet Transform Untuk meningkatkan kinerja Bouyweather Station Type II*. Surabaya.

- Sedyono. (2009). Klasifikasi Sidik Jari Menggunakan Metode Wavelet Symlet. *Jurnal Informatika*, 17-33.
- Setyawan, R. (2008). *Teknik Akuisisi Data*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Sukanesh. (2009). Speckle Noise Reduction in Ultrasound Images by Wavelet Thresholding. *based on Weighted Variance, International Journal of Computer Theory and Engineering*, 1793-8201.
- Supiyati. (2008). Analisis Peramalan Ketinggian Gelombang Laut Dengan Periode Ulang Menggunakan Metode Gumbel Fisher Tippet-Tipe 1 Studi Kasus : Perairan Pulau Baai Bengkulu. *Gradien*, Vol.4, No. 2, 349-353.
- Sutarno. (2010). Analisis Perbandingan Transformasi Wavelet pada Pengenalan Citra Wajah. *Jurnal Generic*.
- Webedw. (2010, September 27). *WebeDW*. Retrieved from <https://vryukbrook.wordpress.com/2010/09/27/instrumentasi/>
- Wirjohamidjojo, D. S. (2008). *Praktek Meteorologi Kelautan*. Jakarta: Badan Meteorologi dan Geofisika.

## LAMPIRAN

### Lampiran A

#### Data pengukuran dan kalibrasi sensor suhu & kelembaban dan validasi sensor tekanan

Suhu (°C)				Kelembaban (%Rh)				Tekanan (kPa)			
Kalibrator	Sensor	Error	% Error	Kalibrator	Sensor	Error	% Error	Sensor	Validator	Error	%Error
24.6	25.2	0.6	2.439	62	64	2	3.226	100.84	100.13	0.71	0.709
24.6	25.3	0.7	2.846	62	64	2	3.226	100.83	100.13	0.7	0.699
24.6	25.3	0.7	2.846	62	64	2	3.226	100.83	100.13	0.7	0.699
24.6	25.3	0.7	2.846	62	64	2	3.226	100.83	100.13	0.7	0.699
24.6	25.2	0.6	2.439	62	63	1	1.613	100.83	100.13	0.7	0.699
24.7	25.3	0.6	2.429	62	64	2	3.226	100.84	100.13	0.71	0.709
24.6	25.2	0.6	2.439	62	64	2	3.226	100.83	100.13	0.7	0.699
24.7	25.2	0.5	2.024	62	64	2	3.226	100.83	100.13	0.7	0.699
24.7	25.2	0.5	2.024	62	64	2	3.226	100.83	100.13	0.7	0.699

Data lebih lengkap silahkan hubungi penulis

## Lampiran B

### Data pengukuran dan kalibrasi sensor arah angin

0 derajat	22.5 derajat	45 derajat	67.5 derajat	90 derajat	112.5 derajat	135 derajat	157.5 derajat	180 derajat
0.68	23.18	45	67.5	90	113.86	136.36	158.86	183.41
0.68	23.18	45.68	67.5	90.68	113.18	135.68	159.55	183.41
0.68	23.18	45	67.5	90	113.18	137.05	159.55	184.09
0.68	23.18	45	67.5	90	113.18	135.68	160.23	183.41
0.68	23.18	45.68	67.5	90.68	113.86	135.68	160.23	182.73
0.68	23.18	45	68.18	93.41	113.18	136.36	160.91	183.41
0.68	23.18	45	68.18	90.68	113.18	136.36	160.91	184.09
0.68	23.18	45	67.5	90	113.86	136.36	158.86	183.41
0.68	23.18	45	67.5	90.68	113.18	136.36	160.91	183.41
0.68	22.5	45.68	67.5	90	113.18	135.68	159.55	183.41
0.68	23.18	45	67.5	90	113.86	135.68	160.91	183.41
0.68	23.18	45.68	67.5	90	113.18	136.36	159.55	183.41

### Lampiran C

#### Data pengukuran dan kalibrasi sensor kecepatan angin

Kalibrator (m/s)	Sensor (m/s)	<i>Error</i> (m/s)	<i>%</i> <i>Error</i>
2.3	2.269	0.031	1.36624
2.3	2.367	0.067	2.83059
2.3	2.367	0.067	2.83059
2.3	1.994	0.306	15.346
2.3	2.172	0.128	5.89319
2.3	2.269	0.031	1.36624
2.3	2.269	0.031	1.36624
2.3	2.367	0.067	2.83059
2.3	2.269	0.031	1.36624
2.6	2.74	0.14	5.10949
2.6	2.74	0.14	5.10949
2.6	2.643	0.043	1.62694
2.6	2.643	0.043	1.62694
2.6	2.74	0.14	5.10949
2.6	2.643	0.043	1.62694
2.6	2.643	0.043	1.62694
2.6	2.643	0.043	1.62694
2.6	2.643	0.043	1.62694
2.6	2.643	0.043	1.62694
2.9	3.016	0.116	3.84615
2.9	2.919	0.019	0.65091
2.9	2.821	0.079	2.80043
2.9	2.919	0.019	0.65091
2.9	3.016	0.116	3.84615
2.9	2.919	0.019	0.65091

## Lampiran D

### Data pengukuran dan kalibrasi sensor kompas

Kalibrator ( $^{\circ}$ )	Sensor ( $^{\circ}$ )	Error ( $^{\circ}$ )	%Error
0	0.66	0.004	0.183
22.5	22.25	0.25	1.111
45	45.15	0.15	0.333
67.5	67	0.5	0.741
90	89.81	0.19	0.211
112.5	112.84	0.34	0.302
135	135.23	0.23	0.170
157.5	157.24	0.26	0.165
180	180.71	0.71	0.394
202.5	202.25	0.25	0.123
225	224.07	0.93	0.413
247.5	247.66	0.16	0.065
270	269.53	0.47	0.174
292.5	291.46	1.04	0.356
315	316.01	1.01	0.321
337.5	338.5	1	0.296

## Lampiran E

Data sensor *raw*, setelah di filter kalman, dan setelah di filter kombinasi kalman dan *wavelet* untuk variabel kelembaban, suhu, dan tekanan

Kelembaban			Suhu			Tekanan		
<i>Raw</i>	Kalman	Kombinasi Kalman <i>Wavelet</i>	<i>Raw</i>	Kalman	Kombinasi Kalman <i>Wavelet</i>	<i>Raw</i>	Kalman	Kombinasi Kalman <i>Wavelet</i>
64	46.22	46.23	25.2	24.89	24.89	100.84	100.82	100.82
64	53.68	53.68	25.3	25.09	25.09	100.83	100.83	100.83
64	56.73	56.74	25.3	25.16	25.16	100.83	100.83	100.83
64	58.39	58.39	25.3	25.20	25.20	100.83	100.83	100.83
63	59.24	59.25	25.2	25.20	25.20	100.83	100.83	100.83
64	59.99	59.99	25.3	25.21	25.21	100.84	100.83	100.83
64	60.53	60.54	25.2	25.21	25.21	100.83	100.83	100.83
64	60.95	60.94	25.2	25.21	25.21	100.83	100.83	100.83
64	61.27	61.28	25.2	25.21	25.21	100.83	100.83	100.83
64	61.53	61.53	25.2	25.21	25.21	100.83	100.83	100.83

## Lampiran F

**Data sensor *raw*, setelah di filter kalman, dan setelah di filter kombinasi kalman dan *wavelet* untuk variabel kecepatan angin dan arah angin**

Kecepatan angin			Arah angina		
Raw	Kalman	Kombinasi Kalman Wavelet	Raw	Kalman	Kombinasi Kalman Wavelet
2.27	1.84	1.87	0.68	0.66	0.66
2.37	2.07	2.08	0.68	0.67	0.67
2.37	2.16	2.17	0.68	0.67	0.67
1.99	2.12	2.15	0.68	0.67	0.67
2.17	2.13	2.14	0.68	0.68	0.68
2.27	2.16	2.14	0.68	0.68	0.68
2.27	2.17	2.17	0.68	0.68	0.68
2.37	2.19	2.17	0.68	0.68	0.68
2.27	2.20	2.23	0.68	0.68	0.68
2.74	2.26	2.26	0.68	0.68	0.68
2.74	2.30	2.33	0.68	0.68	0.68
2.64	2.33	2.33	0.68	0.68	0.68
2.64	2.35	2.36	0.68	0.68	0.68
2.74	2.38	2.36	0	0.63	0.63
2.64	2.40	2.39	23.18	22.49	22.51
2.64	2.41	2.39	23.18	22.83	22.83
2.64	2.42	2.44	23.18	22.94	22.96
2.64	2.44	2.44	23.18	23.00	22.99

## Lampiran G

### Data *realtime* sensor suhu, kelembaban, tekanan, arah angin, dan kecepatan angin

Waktu pengambilan	Tekanan (kPa)	Kecepatan (m/s)	Arah (°)	Kelembaban (%Rh)	Suhu (°C)
2019-06-18 04:25:11 UTC	100.96	5.07	72	63	32.6
2019-06-18 04:25:30 UTC	100.96	5.07	72	64	32.6
2019-06-18 04:25:46 UTC	100.97	4.67	24	63	32.6
2019-06-18 04:26:04 UTC	100.96	5.07	0	62	32.5
2019-06-18 04:26:20 UTC	100.97	5.07	0	63	32.4
2019-06-18 04:26:37 UTC	100.96	5.76	72	63	32.4
2019-06-18 04:26:57 UTC	100.96	5.76	72	63	32.4
2019-06-18 04:27:15	100.96	5.76	72	63	32.5

UTC					
2019-06-18 04:27:36 UTC	100.96	5.76	72	63	32.4
2019-06-18 04:27:54 UTC	100.96	5.76	72	63	32.4
2019-06-18 04:28:11 UTC	100.97	5.76	72	63	32.4
2019-06-18 04:28:27 UTC	100.96	4.45	0	63	32.4
2019-06-18 04:28:44 UTC	100.96	4.45	0	64	32.5
2019-06-18 04:29:02 UTC	100.97	5.42	24	63	32.6
2019-06-18 04:29:19 UTC	100.96	5.42	24	63	32.6
2019-06-18 04:29:39 UTC	100.96	5.42	24	63	32.7

---

Data lebih lengkap silahkan hubungi penulis

## **Lampiran H**

### **Script Arduino**

```
//DHT sensor suhu dan kelembaban
#include "DHT.h"
#define DHTPIN 2
#define DHTTYPE DHT11
DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE);

//BMP sensor tekanan
#include <Adafruit_BMP085.h>
Adafruit_BMP085 bmp;

// Sensor Kecepatan Angin
int SK; //Nilai Masukan Sensor Kecepatan Angin
float TK; //Tegangan Kecepatan Angin
double Kecepatan_Angin;
float MS;

//Sensor Kompas
#include <Arduino.h>
#include <Wire.h>
#include <HMC5883L_Simple.h>

HMC5883L_Simple Compass;

//Sensor arah angin
float sudut_aa;

void setup()
{
  Serial.begin(9600);
  Wire.begin();
  Compass.SetDeclination(0, 52, 'E');
```

```

Compass.SetSamplingMode(COMPASS_SINGLE);
Compass.SetScale(COMPASS_SCALE_130);

Compass.SetOrientation(COMPASS_HORIZONTAL_X
_NORTH);
  bmp.begin();
  dht.begin();
}

void loop()
{
  //DHT11
  float h = dht.readHumidity();
  float c = dht.readTemperature(); // Read temperature as
  Celsius (the default)

  //Sensor Tekanan BMP
  float tekanan = bmp.readPressure();
  float KPA= tekanan/1000;

  //Sensor Kecepatan Angin
  SK = analogRead(A1); //Pin A0
  TK = SK * (5.0 / 1023.0);
  Kecepatan_Angin = 6 *TK*3.6*0.54; //0.54 km ke knot
  MS = (Kecepatan_Angin*1.6228)+0.897;
  (Source code lebih lengkap silahkan menghubungi
  penulis)

```

## Lampiran I Script Matlab

```
clear all
clc

Data=xlsread('nama file penyimpanan data
yang akan di filter.xlsx','Sheet
file','kolom dan baris file');
N = length(Data);
Xsaved = zeros(N, 1);
xpsaved = zeros (N, 1);
Ppsaved = zeros (N, 1);
Ksaved = zeros (N, 1);
Psaved = zeros (N, 1);
filesaved = zeros (N, 1)

Q = 0.000000001;
R = 1.391486722; % varian data yang akan
di filter

x = 0;
P = 1;

for i = 1:N
    file = Data(i);

% algoritma kalman
    xp = x;
    Pp = P + Q;
    K = Pp/(Pp + R);
    x = xp + K*(file - xp);
    P = (1-K)*Pp;

    volt = x;

    Xsaved(i) = [volt];
    xpsaved(i) = [xp];
```

```
Ppsaved(i) = [Pp];
Ksaved(i) = [K];
Psaved(i) = [P];
filesaved(i) = [file]
end

raw = filesaved;
kalman = Xsaved;

% algoritma wavelet
WX=wden
(kalman, 'heursure', 's', 'sln', 5, 'db1');

filename = 'nama file yang akan
disimpan.xlsx';
A = [raw, kalman, WX];
xlswrite(filename,A);
```

## BIODATA PENULIS



Penulis bernama Muhammad Isa Al-Rasyid dilahirkan di Surabaya, 28 Juni 1996. Penulis merupakan kedua dari tiga bersaudara. Penulis telah menyelesaikan pendidikan di SD Negeri Pucang 3 pada tahun 2008, SMPN 2 Sidoarjo pada tahun 2011, SMAN 2 Sidoarjo pada tahun 2014, dan sedang menempuh pendidikan S1 Teknik Fisika FTI di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya hingga sekarang, melalui jalur SBMPTN 2015. Penulis memiliki pengalaman program *internship* selama satu bulan di PJB UPHT Gresik Divisi Konin 2.

Pada bulan Juli 2019 penulis telah menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul **PERANCANGAN SISTEM AKUISISI DATA DENGAN FILTER MENGGUNAKAN KOMBINASI WAVELET TRANSFORM DAN KALMAN FILTER UNTUK MENINGKATKAN KINERJA BUOYWEATHER STATION TYPE II**. Bagi pembaca yang memiliki kritik, saran, atau ingin berdiskusi lebih lanjut mengenai tugas akhir ini, maka dapat menghubungi melalui *email*: [isaalrasyid@gmail.com](mailto:isaalrasyid@gmail.com) atau bisa via *whatsapp* 0895342085777