

**RANCANG BANGUN SISTEM PEMANTAUAN ARAH
DAN KELAJUAN ANGIN MENGGUNAKAN
ARDUINO DENGAN KOMUNIKASI RADIO**

TUGAS AKHIR

Untuk memenuhi sebagian persyaratan
mencapai derajat Sarjana S-1

Program Studi Fisika



STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

Disusun oleh
Andari Dian Ariestiani
14620033

**PROGRAM STUDI FISIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA**

2019



KEMENTERIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI

Jl. Marsda Adisucipto Telp. (0274) 540971 Fax. (0274) 519739 Yogyakarta 55281

PENGESAHAN TUGAS AKHIR

Nomor : B-1667/Un.02/DST/PP.00.9/05/2019

Tugas Akhir dengan judul : Rancang Bangun Sistem Pemantauan Arah dan Kelajuan Angin Menggunakan Arduino dengan Komunikasi Radio.

yang dipersiapkan dan disusun oleh:

Nama : ANDARI DIAN ARIESTIANI
Nomor Induk Mahasiswa : 14620033
Telah diujikan pada : Selasa, 23 April 2019
Nilai ujian Tugas Akhir : A

dinyatakan telah diterima oleh Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta

TIM UJIAN TUGAS AKHIR

Ketua Sidang

Frida Agung Rakhmadi, S.Si., M.Sc.
NIP. 19780510 200501 1 003

Penguji I

Ir. Agus Sampurno
NIP. 19670810 000000 1 301

Penguji II

Anis Yuniati, S.Si., M.Si., Ph.D.
NIP. 19830614 200901 2 009

Yogyakarta, 23 April 2019

UIN Sunan Kalijaga
Fakultas Sains dan Teknologi
DEKAN



Dr. Murtiono, M.Si.
NIP. 19691212 200003 1 001



SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR

Hal :

Lamp :

Kepada

Yth. Dekan Fakultas Sains dan Teknologi

UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta

di Yogyakarta

Assalamu'alaikum wr. wb.

Setelah membaca, meneliti, memberikan petunjuk dan mengoreksi serta mengadakan perbaikan seperlunya, maka kami selaku pembimbing berpendapat bahwa skripsi Saudara:

Nama : Andari Dian Ariestiani

NIM : 14620033

Judul Skripsi : Rancang Bangun Sistem Pemantauan Arah dan Kelajuan Angin Menggunakan Arduino dengan Komunikasi Radio

sudah dapat diajukan kembali kepada Program Studi Fisika Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Strata Satu dalam Program Studi Fisika.

Dengan ini kami berharap agar skripsi/tugas akhir Saudara tersebut di atas dapat segera dimunaqsyahkan. Atas perhatiannya kami ucapkan terima kasih.

Wassalamu'alaikum wr. wb.

Pembimbing I

Frida Agung Rakhmadi, M.Sc

NIP. 19780510 200501 1 003

Yogyakarta, 25 Maret 2019

Pembimbing II

Ir. Agus Sampurno

NIP. 19670810 000000 1 301

PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Andari Dian Ariestiani

NIM : 14620033

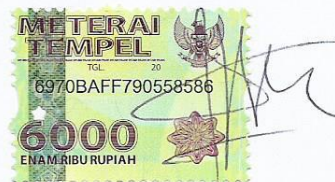
Program Studi : Fisika

Fakultas : Sains dan Teknologi

Dengan ini saya menyatakan bahwa Tugas Akhir yang saya susun dengan judul **Rancang Bangun Sistem Pemantauan Arah dan Kelajuan Angin Menggunakan Arduino Dengan Komunikasi Radio**, sebagai syarat memperoleh gelar sarjana merupakan hasil karya tulis saya sendiri. Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan Tugas Akhir ini yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan sumbernya secara jelas sesuai dengan norma, kaidah dan etika penulisan ilmiah. Saya bersedia menerima sanksi pencabutan gelar akademik yang saya peroleh dan sanksi-sanksi lainnya sesuai dengan peraturan yang berlaku, apabila di kemudian hari ditemukan adanya plagiasi dalam skripsi ini.

Yogyakarta, 14 Maret 2019

Yang menyatakan,



Andari Dian Ariestiani

14620033

“ We were not born to please anyone. ”

“Ridhallaahi fii ridhal waalidaini, wa sukhtullaahi fii sukhtil waalidaini”

– **HR. Hakim**

“Watch your thoughts, they become words; watch your words, they become actions; watch your actions, they become habits; watch your habits, they become character; watch your character, for it becomes your destiny.”

– **Frank Outlaw**

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA



Karya sederhana namun penuh arti yang bisa kupersembahkan untuk kalian;

Ibuku,

Ibuku,

Ibuku,

kemudian almarhum Bapakku.

Simbahku,

Adik-adikku,

dan Muhammad Addin.

juga untuk para cendekiawan Fisika, dimanapun kalian berada.

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum wa rahmatullahi wa barakatuh.

Alhamdulillah rabbil'aalamiin. Segala puji bagi Allah SWT yang selalu melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya. Hanya atas ridha-Nya, penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dalam pendidikan Strata Satu, dengan judul "Rancang Bangun Sistem Pemantauan Arah dan Kelajuan Angin Menggunakan Arduino Dengan Komunikasi Radio". Allahumma sholli 'ala sayyidinaa Muhammad wa 'ala ali sayyidinaa Muhammad, kepada Rasulullah Muhammad SAW, sosok paling mulia di jagat raya, yang telah membawa ummatnya menuju jalan penuh rahmat ini.

Penulis menyadari sepenuhnya, bahwa proses belajar tidak akan berhenti sampai disini, dan bahwa begitu banyak pihak yang sukarela membantu penulis. Melalui sepatah kata yang tak sebanding dengan jasa mereka, dengan segenap ketulusan hati, penulis ingin mengucapkan terimakasih kepada :

1. Ibu dan Bapak – orangtua terbaik di muka bumi, yang mendidik dan memberikan kebebasan untuk memilih jalan hidup yang penulis inginkan, ridho kalian yang menuntunku sampai pada cita-citaku ☺
2. Bapak Prof. Drs. Yudian Wahyudi, M.A., Ph.D., selaku Rektor UIN Sunan Kalijaga, atas dukungan kepada mahasiswa-mahasiswinya;
3. Bapak Dr. Murtono, M.Si., selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga, atas dukungan kepada mahasiswa-mahasiswinya;
4. Bapak Dr. Thaqibul Fikri Niyartama, S.Si., M.Si., selaku Kepala Program Studi Fisika, atas dukungan dan bimbingan kepada mahasiswa Fisika;
5. Ibu Asih Melati, M.Sc., selaku Dosen Pembimbing Akademik, atas bimbingan yang diberikan kepada kami, Fisika 2014;
6. Bapak Frida Agung Rakhmadi, M.Sc, selaku pembimbing I, atas bimbingan dan motivasi kepada penulis selama ini;

7. Bapak Ir. Agus Sampurno, selaku pembimbing II dari instansi BPPTKG, atas bimbingan dan motivasi kepada penulis selama ini;
8. Dosen-dosen, para laboran, dan pengurus Tata Usaha Program Studi Fisika UIN Sunan Kalijaga, yang telah membagikan ilmu yang bermanfaat;
9. Mbah Mariyam, lek Bagus, dik Dinda, dik Liya dan segenap keluarga penulis, atas doa, dukungan, bimbingan, dan kebahagiaan yang kalian berikan ☺
10. Muhammad Addin, yang selalu mempercayai, mendukung, memotivasi dan berkata “*all is well*” di setiap kegelisahan hati penulis, untuk menjadi sahabat dan saudara yang kehadirannya dalam hidup penulis akan selalu disyukuri ☺
11. Sidik Tittasiwi, atas segenap iringan langkah kaki bersama penulis, juga untuk *series* “1 Night 2 Days” yang kita *share* selama ini ☺
12. Herfida Farah Dhiba, Karina Feny Dewanti, Endang Lestari, dan Wanda Eko Saputro – saudara-saudaraku, atas semua dukungan dan doa yang tak pernah berhenti mengalir;
13. Sherly, Shella, Asep, Akbar, teman-teman Fisika 2014, teman-teman KKN, HM-PS Fisika, SC-Fisika Instrumentasi, atas motivasi dan dukungannya;
14. Para guru saat sekolah, ilmuwan-ilmuwan, dan alam semesta, yang telah menumbuhkan kecintaanku yang luar biasa pada Fisika.

Penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan yang ada dalam Tugas Akhir ini. Untuk itu, kritik dan saran dari yang membaca karya ini sangat penulis harapkan. Penulis berharap karya sederhana ini bisa memberi manfaat untuk para pencari ilmu. Aamiin.

Wassalamu’alaikum wa rahmatullahi wa barakatuh.

Yogyakarta, 10 Maret 2019

Andari Dian Ariestiani
14620033

RANCANG BANGUN SISTEM PEMANTAUAN ARAH DAN KELAJUAN ANGIN MENGGUNAKAN ARDUINO DENGAN KOMUNIKASI RADIO

Andari Dian Ariestiani
14620033

INTISARI

Penelitian rancang bangun sistem pemantauan arah dan kelajuan angin menggunakan arduino dengan komunikasi radio berhasil dilakukan. Penelitian ini bertujuan untuk membuat sistem pemantauan arah dan kelajuan angin menggunakan beberapa komponen, yaitu anemometer Thies CLIMA L-Nr 4.3721.21.012 yang terdiri dari *wind vane* dan *cup counter*, mikrokontroler arduino nano, *transceiver* nRF24L01, RTC DS1307, dan modul microSD, serta menguji akurasi dan presisi (ripitabilitas) dari sistem. Metode penelitian dilakukan dengan tahapan pembuatan perangkat keras, perancangan skema pemrograman, dan pengujian sistem. Sistem pemantauan arah dan kelajuan angin mempunyai dua bagian, yaitu bagian *transmitter* dan bagian *receiver* dengan sebuah *data logger*, sehingga keduanya terhubung secara nirkabel. Pengujian arah angin pada *wind vane* menggunakan variasi sudut 0°, 45°, 90°, 135°, 180°, 225°, 270°, 315°, dan 360°. Adapun pengujian kelajuan angin pada *cup counter* menggunakan variasi acak. Hasil pengujian sistem menunjukkan bahwa nilai akurasi arah angin pada *wind vane* adalah sebesar 99,99% dan nilai presisi (ripitabilitas) sebesar 99,44%. Selain itu, hasil pengujian menunjukkan bahwa nilai akurasi kelajuan angin pada *cup counter* adalah sebesar 99,96% dan nilai presisi (ripitabilitas) sebesar 98,86%.

Kata Kunci: arah angin, kelajuan angin, anemometer, arduino nano, nRF24L01, nirkabel, *data logger*

DESIGN OF MONITORING SYSTEM OF WIND DIRECTION AND WIND SPEED USING ARDUINO WITH RADIOCOMMUNICATION

Andari Dian Ariestiani
14620033

ABSTRACT

The research on design of monitoring system of wind direction and wind speed using arduino with radiocommunication was successfully done. This research aimed to make a monitoring system of wind direction and wind speed using several components, i.e. Thies CLIMA L-Nr 4.3721.21.012 anemometer consisting of wind vane and cup counter, arduino nano microcontroller, nRF24L01 transceiver, RTC DS1307, and microSD module, and to test the accuracy and precision (repeatability) of the system. The research method was conducted by making the hardware, designing the programming scheme, and testing the system. The monitoring system of wind direction and wind speed had two parts, i.e. transmitter and receiver with a data logger, so that both of transmitter and receiver are connected wirelessly. The testing of the wind direction at wind vane used angle variations of 0°, 45°, 90°, 135°, 180°, 225°, 270°, 315°, and 360°. Meanwhile, the testing of the wind speed at cup counter used random variations. The results of the system testing showed that accuracy of the wind direction at wind vane was 99.99% and the precision (repeatability) was 99.44%. Meanwhile, the results of the system testing showed that accuracy of the wind speed at cup counter was 99.96% and the precision (repeatability) was 98.86%.

Keywords: wind direction, wind speed, anemometer, arduino nano, nRF24L01, wireless, data logger

SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
HALAMAN PERSETUJUAN SKRIPSI.....	iii
PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR.....	iv
HALAMAN MOTTO DAN PERSEMBAHAN.....	v
KATA PENGANTAR	vii
INTISARI.....	ix
ABSTRACT.....	x
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL.....	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	8
1.3. Tujuan Penelitian.....	8
1.4. Batasan Penelitian	8
1.5. Manfaat Penelitian.....	9
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	10
2.1. Studi Pustaka	10
2.2. Landasan Teori	16
2.2.1. Angin.....	16
2.2.2. Sistem Pemantauan	19
2.2.3. Anemometer	20
2.2.4. Mikrokontroler Arduino Nano	26
2.2.5. Perangkat Lunak Arduino IDE	28
2.2.6. Modul nRF24L01	31
2.2.7. Data Logger.....	34
2.2.8. Karakteristik Alat Ukur.....	35
2.2.9. Wawasan Islam Tentang Angin	40
BAB III METODE PENELITIAN.....	43
3.1. Waktu dan Tempat Penelitian	43
3.2. Alat dan Bahan Penelitian	43
3.2.1. Alat Penelitian.....	43
3.2.2. Bahan Penelitian.....	44
3.3. Prosedur Penelitian.....	45
3.3.1. Studi Pustaka dan Observasi	46
3.3.2. Pembuatan Perangkat Keras.....	46

3.3.3. Pembuatan Sketsa Pemrograman	49
3.3.4. Pengujian Sistem.....	51
3.3.5. Pengolahan Data Hasil	53
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....	54
4.1. Hasil Penelitian.....	54
4.1.1. Hasil Pembuatan Sistem Pemantauan Arah dan Kelajuan Angin..	54
4.1.2. Hasil Pengujian Sistem Pemantauan Arah dan Kelajuan Angin...	56
4.2. Pembahasan	58
4.2.1. Pembahasan Hasil Pembuatan Sistem Pemantauan Arah dan Kelajuan Angin	58
4.2.2. Pembahasan Hasil Pengujian Sistem Pemantauan Arah dan Kelajuan Angin	64
4.2.3. Integrasi-interkoneksi Penelitian dengan Al-Qur'an	66
BAB V PENUTUP.....	68
5.1. Kesimpulan.....	68
5.2. Saran	68
DAFTAR PUSTAKA	70
LAMPIRAN.....	73



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Prakiraan angin lapisan 3000 feet (BMKG, 2017)	4
Gambar 2. 1 Anemometer Thies CLIMA L-Nr 4.3721.21.012	21
Gambar 2. 2 Struktur potensiometer <i>rotary</i>	22
Gambar 2. 3 Struktur sensor <i>reed</i>	24
Gambar 2. 4 Skema rangkaian anemometer	25
Gambar 2. 5 Bagian-bagian arduino nano (Farnell, 2017)	26
Gambar 2. 6 Tampilan <i>sketch</i> perangkat lunak Arduino IDE	29
Gambar 2. 7 Modul nRF24L01 (Nordic Semiconductor, 2008)	32
Gambar 2. 8 Grafik hubungan <i>x-y</i> dengan akurasi 100%	38
Gambar 2. 9 Presisi alat ukur	39
Gambar 3. 1 Diagram alir prosedur penelitian	45
Gambar 3. 2 Diagram alir tahap pembuatan perangkat keras	46
Gambar 3. 3 Rancangan sistem pemantauan arah dan kelajuan angin	47
Gambar 3. 4 Rangkaian komponen bagian <i>transmitter</i>	48
Gambar 3. 5 Rangkaian komponen bagian <i>receiver</i>	49
Gambar 3. 6 Diagram alir sketsa pemrograman sistem	50
Gambar 4. 1 Sistem pemantauan arah dan kelajuan angin pada bagian <i>transmitter</i> ; (a) anemometer, (b) rangkaian dalam kotak elektronik	54
Gambar 4. 2 Sistem pemantauan arah dan kelajuan angin pada bagian <i>receiver</i> ; (a) kotak elektronik dengan indikator, (b) rangkaian dalam kotak elektronik	55
Gambar 4. 3 Grafik hubungan antara kelajuan angin pada anemometer standar dan pada <i>cup counter</i> dalam sistem	57
Gambar 4. 4 Grafik hubungan antara arah angin pada anemometer standar dan pada <i>wind vane</i> dalam sistem	58

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1	Skala Beaufort modern (WMO No-8, 2008: I.5-3).....	19
Tabel 2. 2	Data teknis <i>wind vane</i>	21
Tabel 2. 3	Data teknis <i>cup counter</i>	23
Tabel 2. 4	Spesifikasi umum Anemometer Thies CLIMA L-Nr 4.3721.21.012	25
Tabel 2. 5	Fungsi pin pada nRF24L01 (Nordic Semiconductor, 2008).....	32
Tabel 2. 6	Spesifikasi modul nRF24L01 (Nordic Semiconductor, 2008).....	34
Tabel 2. 7	Daftar Surah dalam Al-Quran yang menyebut tentang angin.....	40
Tabel 3. 1	Daftar alat penelitian untuk pembuatan sistem	44
Tabel 3. 2	Daftar alat penelitian untuk pengujian sistem	44
Tabel 3. 3	Daftar bahan pembuatan sistem	45
Tabel 3. 4	Tabel pengujian <i>cup counter</i>	52
Tabel 3. 5	Tabel pengujian <i>wind vane</i>	53

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Proses pembuatan sistem pemantauan arah dan kelajuan angin.....	73
Lampiran 2	Operasi hitung rangkaian pada sistem	74
Lampiran 3	Sketsa pemrograman sistem pada bagian <i>transmitter</i>	75
Lampiran 4	Sketsa pemrograman sistem pada bagian <i>receiver</i>	77
Lampiran 5	Proses kalibrasi sistem dan penentuan arah mata angin pada bagian <i>wind vane</i>	80
Lampiran 6	Proses pemasangan dan pengujian sistem pemantauan arah dan kelajuan angin	81
Lampiran 7	Tampilan <i>data logger</i> pada sistem.....	82
Lampiran 8	Hasil pengujian sistem pemantauan arah dan kelajuan angin.....	83
Lampiran 9	Proses penghitungan akurasi dan presisi pada <i>wind vane</i>	89
Lampiran 10	Proses penghitungan akurasi dan presisi pada <i>cup counter</i>	90

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Al-Qur'an memuat banyak sekali hal-hal yang berhubungan dengan kehidupan dan dapat dipelajari oleh umat manusia di muka bumi ini, salah satunya mengenai fenomena alam. Salah satu bentuk fenomena alam yang dapat dengan mudah dirasakan oleh makhluk hidup adalah angin. Beberapa ayat dalam Al-Qur'an menyebutkan kata angin dalam memperlihatkan keagungan Allah SWT, salah satunya Q.S. Al-A'raf ayat 57:

وَهُوَ الَّذِي يُرْسِلُ الرِّيَّاحَ بُشْرًا بَيْنَ يَدَيْ رَحْمَتِهِ ۗ حَتَّىٰ إِذَا أَقَلَّتْ سَحَابًا ثِقَالًا
سُفِّتَهُ لِبَدًا مِّمَّيْنٍ فَانزَلْنَا بِهِ الْمَاءَ فَأَخْرَجْنَا بِهِ مِنْ كُلِّ الثَّمَرَاتِ ۗ كَذَٰلِكَ نُخْرِجُ
الْمَوْتَىٰ لَعَلَّكُمْ تَذَكَّرُونَ

Artinya:

“Dia-lah yang meniupkan angin sebagai pembawa kabar gembira, mendahului kedatangan rahmat-Nya (hujan), sehingga apabila angin itu membawa awan mendung, Kami halau ke suatu daerah yang tandus, lalu Kami turunkan hujan di daerah itu. Kemudian Kami tumbuhkan dengan hujan itu berbagai macam buah-buahan. Seperti itulah Kami membangkitkan orang yang telah mati, mudah-mudahan kamu mengambil pelajaran.” (Tim Penerjemah, 2013)

Al-Biqa'i (dalam Shihab, 2003) menghubungkan ayat ini dengan ayat yang lalu dan menyatakan bahwa karena kualitas tanah dan kesinambungan kesuburannya terpenuhi dengan turunnya hujan. Al-Biqa'i juga mengutarakan bahwa ini merupakan salah satu rahmat-Nya yang terbesar, sedang turunnya hujan melalui awan yang juga memerlukan angin.

Kata (الرِّيح) *ar-riyah* berbentuk jamak sehingga diterjemahkan dengan aneka angin. Memang angin bermacam-macam, bukan saja arah datangnya, tetapi juga waktu-waktunya. Biasanya, jika al-Qur'an menggunakan bentuk jamak, angin yang dimaksud adalah angin yang membawa rahmat dalam pengertian umum, baik hujan maupun kesegaran. Tetapi bila menggunakan bentuk tunggal (رِيح) *rih*, ia mengandung makna bencana. Di sisi lain, ketika aneka angin itu belum mengandung partikel-partikel air, kata yang digunakan adalah *Kami mengutus* untuk menggambarkan bahwa angin ketika itu masih ringan dan seakan-akan dapat berjalan sendiri tanpa diarak atau didorong. Tetapi ketika ia telah menyatu, maka keadaannya menjadi berat sehingga gerakannya menjadi lambat. Maka, untuk itu digunakan kata *Kami halau ia*, sekaligus untuk menunjukkan bahwa Allah swt. yang menentukan dimana arah turunnya hujan itu. Ayat ini membenarkan sebuah penemuan ilmiah yang belum diketahui saat al-Qur'an diturunkan, yaitu angin mengandung uap air. Ketika dihembus, angin akan berkumpul di suatu tempat dan menjadi awan. Awan inilah yang kemudian menurunkan hujan setelah berkumpul dan menebal (Shihab, 2003: 147-148).

Angin merupakan pergerakan udara yang disebabkan oleh pemanasan yang tidak merata dari permukaan bumi oleh energi radiasi matahari. Karena permukaan

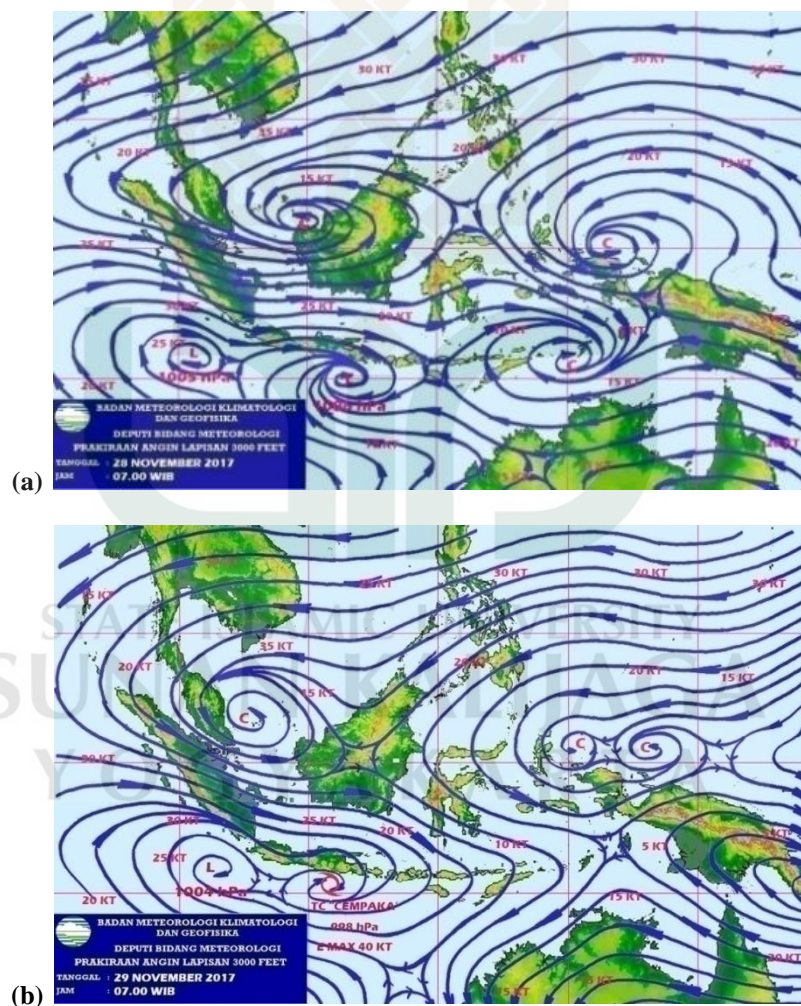
bumi tersusun dari jenis tanah dan air yang sangat berbeda, maka penyerapan energi radiasi matahari berbeda pula. Air biasanya tidak lebih cepat memanas atau dingin seperti tanah karena sifat fisiknya. Pada siang hari, suhu udara di atas tanah meningkat lebih cepat daripada suhu udara di atas air. Udara hangat di atas tanah kemudian mengembang, menjadi kurang padat, dan meningkat, sehingga udara di atas air yang lebih berat, padat, dan suhunya lebih rendah mengalir di atas tanah tersebut. Akibatnya, tercipta angin lokal dari pergerakan udara (Ahrens, 2009).

Gerak angin pada dasarnya memiliki dua arah, yaitu arah horizontal dan arah vertikal. Angin yang bergerak secara horizontal merupakan angin lokal yang terdiri dari sabuk tropis yang luas dari angin timur yang diapit di sebelah utara dan selatan oleh sabuk luas angin barat. Adapun angin yang bergerak secara vertikal merupakan angin yang bergerak secara konveksional dan mempengaruhi difusi suhu udara (Redway, 1921: 49).

Dalam meteorologi, angin merupakan salah satu unsur yang berperan penting dalam menentukan kondisi cuaca dan iklim di suatu daerah. Pembahasan tentang angin di meteorologi lebih difokuskan pada kelajuan dan arah horizontal dari angin tersebut. Misalnya, sebuah informasi angin barat pada 15 mph (24 km/jam) menyatakan bahwa angin horizontal akan datang dari arah barat dengan kelajuan tersebut. Meskipun pergerakan udara tidak bisa dilihat, namun gerak udara masih bisa diamati dengan pergerakan obyek yang terkena hembusan angin. Sebagai contoh, arah kibaran bendera selalu berlawanan dengan arah datangnya angin.

Salah satu contoh penentuan kondisi cuaca dan iklim dari data angin adalah saat terbentuknya siklon tropis Cempaka (TC Cempaka) pada tanggal 29 Nopember

2017 di selatan Pulau Jawa, Indonesia. Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG) menampilkan data arah dan kelajuan angin dalam bentuk gambar. **Gambar 1.1 a** dan **b** menunjukkan data arah dan kelajuan angin secara berkala pada lapisan 3000 feet. Berdasarkan **Gambar 1.1 b**, TC Cempaka diperkirakan memiliki kelajuan angin sampai 40 knot dengan arahnya yang seperti pusaran, akibat dari proses pemindahan panas dari khatulistiwa menuju garis lintang yang lebih tinggi (BMKG, 2017).



Gambar 1. 1 Prakiraan angin lapisan 3000 feet (BMKG, 2017)

Peta prakiraan angin seperti **Gambar 1.1** memuat informasi titik daerah tekanan tinggi dan tekanan rendah. Arah pusaran angin yang ke luar cenderung menjauhi daerah bertekanan tinggi dan berhembus membentuk pusaran ke dalam menuju daerah bertekanan rendah. Adapun kelajuan angin berbanding lurus dengan gradien dari tekanan, dimana semakin tinggi tekanan di suatu daerah maka kelajuan angin semakin meningkat di daerah tersebut (Ahrens, 2009).

Pengukuran arah dan kelajuan angin sangat diperlukan, mengingat angin merupakan faktor penting dalam pengamatan kondisi cuaca dan iklim. Pengukuran arah dan kelajuan angin bermanfaat dalam bidang penerbangan, bidang pertanian, dan bidang meteorologi. Secara spesifik, salah satu manfaat dari pengukuran arah dan kelajuan angin adalah sebagai peringatan dini penyebaran gas vulkanik. Gas vulkanik dihasilkan dari erupsi akibat letusan gunung api, dimana arah keluarnya dipengaruhi oleh arah dan kelajuan angin di sekitarnya. Seperti pada saat letusan Gunung Kelud tahun 2014, erupsi mengarah ke Barat dan Barat Daya sampai 700 km (Badan Geologi, 2014).

Arah dan kelajuan angin ditentukan dengan menggunakan dua instrumen, yaitu *wind vane* dan *cup counter*, yang biasanya digabungkan menjadi satu unit anemometer. *Wind vane* merupakan baling-baling yang dapat berputar mengikuti arah hembusan angin. *Wind vane* yang ideal memiliki karakteristik berat yang ringan sehingga memiliki momen inersia yang kecil dan dapat dengan cepat merespon perubahan arah angin. Adapun *cup counter* adalah instrumen yang digunakan untuk menentukan kelajuan angin. Anemometer yang ideal terdiri dari tiga *cup counter* yang berotasi akibat hembusan angin (Ahrens, 2009: 235).

Anemometer yang biasa digunakan oleh BMKG, sebagai badan meteorologi di Indonesia, memiliki sistem telemetri sebagai perantara pengiriman data. Dengan menggunakan sistem telemetri, sangat mungkin dilakukan pengukuran jarak jauh. Telemetri yang diaplikasikan ini merujuk pada komunikasi nirkabel, yang pada perkembangannya mengalami kemajuan pesat. Contoh dari telemetri nirkabel adalah sistem radio, internet, bluetooth, dan sebagainya yang memanfaatkan gelombang elektromagnetik dengan frekuensi tertentu untuk mengirim data. Kelebihan menggunakan telemetri nirkabel adalah mudahnya proses mobilitas alat, proses pemasangan alat yang cepat dan sederhana, dapat menjangkau berbagai daerah yang mungkin tidak bisa dijangkau jika menggunakan telemetri kabel, dan sebagainya. Dalam implementasinya pada anemometer, telemetri nirkabel memiliki banyak kelebihan sebagaimana seperti yang telah disebutkan. Adapun telemetri nirkabel yang sesuai untuk anemometer adalah sistem telemetri radio yang sederhana.

Pemilihan instrumen telemetri yang tepat untuk diimplementasikan pada sebuah anemometer didasarkan beberapa faktor, misalnya jarak pengirim dan penerima data, lokasi pemasangan alat, karakteristik pita frekuensi dan paket data dari alat tersebut. Oleh karena itu, penggunaan modul nRF24L01 dipilih karena merupakan modul *transceiver*, sehingga dapat mengirim sekaligus menerima data. Modul ini memanfaatkan pita gelombang RF 2,4 GHz ISM (*Industrial, Scientific, and Medical*) yang juga dimanfaatkan oleh bluetooth, *microwave oven*, perangkat video, ZigBee, WiFi, dan mikrofon *wireless*. Selain itu, modul nRF24L01 memiliki *baseband logic Enhanced ShockBurst™ hardware protocol accelerator*

yang mendukung antarmuka SPI berkecepatan tinggi untuk aplikasi kontroler. Modul nRF24L01 juga memiliki *true ULP solution*, yang memungkinkan daya tahan baterai berbulan-bulan hingga bertahun-tahun.

Pada perancangan bangun sistem pengukuran arah dan kelajuan angin ini, digunakan mikrokontroler arduino nano. Arduino nano merupakan papan pengembangan mikrokontroler berbasis *chip* ATmega328P. Arduino nano mempunyai kemiripan dengan arduino uno dari segi fungsi dan fiturnya. Pemrograman arduino nano didukung dengan perangkat lunak Arduino IDE, seperti papan arduino lainnya, sehingga dapat dengan mudah dioperasikan. Arduino nano dipilih sebagai mikrokontroler pada sistem ini karena bentuknya yang minimalis dan ekonomis, dengan fungsi yang setara arduino uno.

Selain pembuatan sistem, dilakukan pula pengujian sistem pemantauan arah dan kelajuan angin. Pengujian perlu dilakukan untuk memperoleh informasi terkait parameter-parameter yang diujikan, sehingga dapat diketahui keberhasilan pembuatan sistem. Adapun parameter-parameter yang diujikan yaitu akurasi dan presisi dari sistem pemantau arah dan kelajuan angin.

Rancang bangun sistem pemantauan arah dan kelajuan angin diharapkan dapat mendukung pemantauan data angin yang lebih akurat dan *real-time*. Sistem ini nantinya akan mempermudah petugas dalam melakukan pemantauan. Selain itu, penggunaan komponen alat juga menjadi lebih sederhana karena menggunakan sistem telemetri nirkabel.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang yang telah dikemukakan, maka permasalahan dalam penelitian ini dapat dirumuskan sebagai berikut:

1. Bagaimana membuat sistem pemantauan arah dan kelajuan angin?
2. Bagaimana menguji sistem pemantauan arah dan kelajuan angin?

1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini sebagai berikut:

1. Membuat sistem pemantauan arah dan kelajuan angin menggunakan arduino dengan komunikasi radio;
2. Menguji sistem pemantauan arah dan kelajuan angin menggunakan arduino dengan komunikasi radio.

1.4. Batasan Penelitian

Batasan penelitian ini sebagai berikut:

1. Anemometer yang digunakan adalah Anemometer Thies CLIMA L-Nr 4.3721.21.012;
2. Mikrokontroler yang digunakan adalah arduino nano;
3. Komunikasi radio yang digunakan adalah modul nRF24L01;
4. *Data logger* yang digunakan adalah microSD *card* dan RTC DS1307;
5. Sumber angin dimodelkan dengan *blower*;
6. Pengujian dilakukan di Lab. Instrumentasi BPPTKG Yogyakarta dalam suhu ruang (20° - 25°);
7. Parameter pengujian adalah akurasi dan presisi dari sistem.

1.5. Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini sebagai berikut:

1. Rancang bangun sistem pemantauan arah dan kelajuan angin menggunakan arduino dengan komunikasi radio mendukung salah satu tugas dan fungsi dari BPPTKG Yogyakarta untuk mengembangkan metode teknologi dan instrumentasi;
2. Rancang bangun sistem pemantauan arah dan kelajuan angin menggunakan arduino dengan komunikasi radio mempermudah petugas untuk mengukur arah dan kelajuan angin.

BAB V

PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Hasil dan pembahasan sistem pemantauan arah dan kelajuan angin yang telah dijelaskan di atas dapat memberikan kesimpulan mengenai penelitian ini, yaitu sebagai berikut.

1. Sistem pemantauan arah dan kelajuan angin menggunakan arduino nano dengan komunikasi radio telah berhasil dibuat. Komponen utama yang digunakan pada sistem tersebut adalah anemometer yang terdiri dari *cup counter* dan *wind vane*, mikrokontroler arduino nano, *transceiver* nRF24L01, RTC DS1307, dan modul microSD.
2. Sistem pemantauan arah dan kelajuan angin menggunakan mikrokontroler arduino nano dengan komunikasi radio yang telah dibuat dan diuji memberikan nilai akurasi arah angin pada *wind vane* sebesar 99,99% dan nilai presisi (ripitabilitas) sebesar 99,44%. Adapun nilai akurasi kelajuan angin pada *cup counter* adalah sebesar 99,96% dan nilai presisi (ripitabilitas) sebesar 98,86%.

5.2. Saran

Saran yang dapat diberikan untuk pengembangan penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Sistem pemantauan arah dan kelajuan angin yang telah dibuat belum dilengkapi dengan LCD sehingga informasi data masih ditampilkan dalam

Serial Monitor, selain disimpan di *microSD card*. Maka dari itu, disarankan untuk dipasang LCD pada bagian *receiver*.

2. Catu daya pada bagian *transmitter* dapat dikembangkan dengan memberikan sumber dari rangkaian panel surya.
3. Sistem dapat dikembangkan dengan penggunaan komponen-komponen dengan fitur dan kualitas lebih baik.
4. Model penyimpanan dapat dikembangkan dengan pembuatan perangkat lunak atau teknologi serupa, untuk meminimalisir penggunaan komponen alat.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahrens, C. Donald. 2009. *Meteorology Today: An Introduction to Weather, Climate, and the Environment* (9th ed). Brooks/Cole, California.
- Ardiansyah, Mohamad. 2013. *Makalah Monitoring Sistem Jaringan Komputer*. Diakses 7 April 2018 dari <http://achielmuezza.blogspot.co.id/2013/05/makalah-monitoring-sistem-jaringan.html?m=1>.
- Badan Geologi. 2014. *Badan Geologi: Data Dasar Gunungapi*. Diakses 25 Februari 2018 dari <http://www.vsi.esdm.go.id/index.php/gunungapi/data-dasar-gunungapi/542-g-merapi?start=1>.
- Berry, F. A., dkk. 1945. *Handbook of Meteorology*. McGraw-Hill Book Co Inc., New York.
- BMKG. *Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika: Prakiraan Angin 300 feet*. Diakses 29 Nopember 2017 dari <http://www.bmkg.go.id/cuaca/prakiraan-angin.bmkg>.
- Derek, Oktavian, dkk. 2016. Rancang Bangun Alat Monitoring Kecepatan Angin dengan Koneksi Wireless Menggunakan Arduino Uno. *E-journal Teknik Elektro dan Komputer*, **Vol. 5, No. 4 Juli-September 2016**: 1-7.
- Devaraju, J. T., dkk. 2015. Wireless Portable Microcontroller based Weather Monitoring Station. *Measurement*, **Vol. 76, 2015**: 189-200. Elsevier.
- Dowla, Farid. 2004. *Handbook of RF and Wireless Technologies*. Elsevier, Oxford.
- Elecfreaks. *2.4GHz Wireless nRF24L01p*. Diakses 28 Desember 2017 dari http://www.elecfreaks.com/wiki/index.php?title=2.4G_Wireless_nRF24L01p.
- Fraden, Jacob. 2016. *Handbook of Modern Sensors: Physics, Designs, and Applications* (5th ed). Springer, New York.
- Ghurri, Ainul. 2014. *Dasar-dasar Mekanika Fluida*. Jurusan Teknik Mesin Universitas Udayana, Denpasar.
- Graf, Rudolf F. 1975. *Dictionary of Electronics*. Fort Worth, Texas.
- IEEE. 2000. *The Authoritative Dictionary of IEEE Standards Terms (IEEE 100)* (7th ed). IEEE Press, Piscataway, New Jersey.
- Jong-Woong, Park, dkk. 2012. Feasibility Study of Micro-Wind Turbines for Powering Wireless Sensors on A Cable-Stayed Bridge. *Energies*, **Vol. 5, 2012**: 3450-3464.

- Kadir, Abdul. 2014. *From Zero To A Pro Arduino; Panduan Mempelajari Aneka Proyek Berbasis Mikrokontroler*. Penerbit Andi, Yogyakarta.
- Kusumah, Billi R., dkk. 2012. Rancang Bangun dan Uji Coba Lapang Pengukur Angin di atas Platform Coastal Buoy. *J.Oto.Ktrl.Inst*, Vol. 4, No. 1, 2012: 117-126.
- Lutgens, Frederick K. dan Edward J. Tarbuck. 2013. *The Atmosphere: An Introduction to Meteorology* (12th ed). Pearson, Illinois.
- Margolis, Michael. 2012. *Arduino Cookbook* (2nd ed). O'Reilly Media, California.
- Mercy Corps. 2005. *Design, Monitoring, and Evaluation Guidebook*.
- Morris, Alan S. dan R. Langari. 2012. *Measurement And Instrumentation Theory and Application*. Elsevier, Oxford.
- Nordic Semiconductor. 2008. *nRF24L01+ Single Chip 2.4GHz Transceiver Product Specification v1.0*. Nordicsemi.
- Park, John dan Steve Mackay. 2003. *Practical Data Acquisition for Instrumentation and Control Systems*. Elsevier, Great Britain.
- Quthb, Sayyid. 2003. *Tafsir Fi Zhilalil Qur'an Jilid IV*. Gema Insani Press, Jakarta.
- Quthb, Sayyid. 2003. *Tafsir Fi Zhilalil Qur'an Jilid IX*. Gema Insani Press, Jakarta.
- Redway, Jacques W. 1921. *Handbook of Meteorology*. John Wiley & Sons, Inc., New York.
- Riyanto. 2014. *Validasi & Verifikasi Metode Uji: Sesuai dengan ISO/IEC 17025 Laboratorium Pengujian dan Kalibrasi*. Deepublish, Sleman.
- Santoso, Hari. 2015. *Panduan Praktis Arduino Untuk Pemula (e-book)*. ElangSakti.
- Schmidt, Maik. 2011. *Arduino: A Quick-Start Guide*. The Pragmatic Bookshelf, Texas.
- Shihab, M. Quraish. 2003. *Tafsir Al-Mishbah: Pesan, Kesan, dan Keserasian Al-Qur'an Jilid V*. Lentera Hati, Jakarta.
- Shlesinger, B. Edward dan Charlie Dwain Mariner. 1977. *US Patent 4,038,620: Magnetic Reed Switch*. United States.
- Sugiyono. 2007. *Statistika Untuk Penelitian*. Penerbit Alfabeta, Bandung.

- Swartz, R. Andrew, dkk. 2010. Structural Monitoring of Wind Turbines Using Wireless Sensor Networks. *Smart Structures and Systems*, **Vol. 6, No. 3, 2010**: 1-14.
- Syahrul, dkk. 2012. Desain dan Implementasi Sistem Pemantau Cuaca Transmisi Nirkabel. *Jurnal Sistem Komputer Unikom – Komputika*, **Vol. 1, No. 1, 2012**: 31-37.
- Taylor, John R. 1997. *An Introduction to Error Analysis: The Study of Uncertainties in Physical Measurements* (2nd ed). University Science Books, California.
- Telemetry Group. 2008. *Telemetry (TM) System Radio Frequency (RF) Handbook*. U.S Army White Sands Missile Range, New Mexico.
- Tim Penerjemah. 2013. *Al-Qur'an dan Terjemahan*. Pustaka Al-Mubin.
- Wijayanti, Dewi, dkk. 2015. Rancang Bangun Alat Ukur Kecepatan dan Arah Angin Berbasis Arduino Uno ATmega328P. *Jurnal Inovasi Fisika Indonesia*, **Vol. 4, No. 3, 2015**: 150-156.
- World Meteorological Organization (WMO-No.8). 2008. *Guide to Meteorological Instruments and Methods of Observation* (7th ed). WMO, Switzerland.
- Yulianto, Andik. 2011. *Data Logger*. Diakses 7 April 2018 dari <http://sonoku.com/data-logger-bagian-1/>.

CURRICULUM VITAE

ANDARI DIAN ARIESTIANI

Sarjana Sains



PROFILE

Name

Andari Dian Ariestiani

Date of Birth

March 23, 1995

Address

Jl. Makam Tentara No. 74C
Madiun

Marital Status

Single

Religion

Moslem

Contact

dee.fluks@gmail.com

SOCIAL MEDIA

Instagram

@6002kid

JOB EXPERIENCES

- | | |
|-------------|--|
| 2019 | CV. Jelita Cosmetic
Designer |
| 2017 | BPPTKG Yogyakarta
Internship |
| 2013 - 2014 | Rumah Sakit Pluit Jakarta Utara
Pharmacist Assistant |

EDUCATION

- | | |
|-------------|---|
| 2014 - 2019 | UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta
Undergraduate of Physics (GPA : 3.49 of 4.00) |
| 2010 - 2013 | SMK Farmasi Bina Farma Madiun
Pharmacy |
| 2007 - 2010 | SMP Negeri 2 Madiun
General |
| 2001 - 2007 | SD Negeri 01 Pandean Madiun
General |

SKILLS

- | | |
|--|--|
| Language <ul style="list-style-type: none">• Indonesian• English (TOEFL : 560) | Software <ul style="list-style-type: none">• CorelDraw• Adobe Photoshop• Microsoft Office• Video Editing (Ulead)• Programming (MATLAB, Arduino IDE) |
|--|--|

Life Quote

- We were not born to please anyone -