

Perancangan *Prototype* Alat Pendeteksi Kelajuan dan Arah Angin Berbasis Mikrokontroler

Yosep Septiana¹, Sonny Jati Wijaya²

Jurnal Algoritma
Sekolah Tinggi Teknologi Garut
Jl. Mayor Syamsu No. 1 Jayaraga Garut 44151 Indonesia
Email : jurnal@sttgarut.ac.id

¹yseptiana@sttgarut.ac.id

²1406118@sttgarut.ac.id

Abstrak – Pengukuran kelajuan dan arah angin dapat dilakukan dengan pengamatan manual menggunakan alat ukur berupa anemometer, namun tingkat keakuratannya masih minim. Untuk mengetahui besar kelajuan dan arah angin di suatu tempat diperlukan suatu alat ukur yang dapat mendeteksi kelajuan angin dan arah angin secara tepat dan akurat. Terdapat beberapa alternatif untuk mendeteksi kelajuan dan arah angin, salah satunya dengan menggunakan teknologi berbasis mikrokontroler. Tujuan dari penelitian ini adalah merancang *prototype* alat yang dapat digunakan untuk mendeteksi besar kelajuan dan arah angin dengan memanfaatkan teknologi berbasis mikrokontroler Arduino. Adapun tahapan perancangannya berdasarkan metode *Prototype Model*. Hasil akhir dari penelitian ini berupa *prototype* alat pendeteksi besar kelajuan dan arah angin yang menggunakan sensor optocoupler dan medan magnet yang dapat digunakan untuk menentukan besar kelajuan dan arah angin pada suatu wilayah. Informasi yang dihasilkan dapat digunakan sebagai acuan untuk uji terbang roket, penentuan waktu melaut bagi nelayan dan pemetaan potensi energi angin di suatu wilayah.

Kata Kunci – Angin, Anemometer, Mikrokontroler, Optocoupler, *Prototype*.

I. PENDAHULUAN

Angin adalah udara bergerak yang diakibatkan oleh perbedaan tekanan udara. Angin bergerak dari wilayah yang memiliki *temperature* / suhu rendah ke wilayah yang memiliki *temperature* / suhu tinggi [1]. Kelajuan angin merupakan jarak tempuh angin atau pergerakan udara per satuan waktu [2]. Satuan yang biasanya digunakan dalam menentukan kelajuan angin adalah km/jam atau knot (1 knot = 0,5148 m/det = 1,854 km/jam) [3, 4]. Anemometer merupakan suatu alat ukur besar kelajuan dan arah angin yang digunakan dalam bidang Meteorologi dan Geofisika [5]. Saat ini sistem instalasi uji terbang dan uji statik roket di LAPAN Garut pada umumnya masih menggunakan alat manual, karena setiap kegiatan uji terbang roket lapan ketika roketnya meluncur ke angkasa data dari peluncuran roketnya belum maksimal. Oleh karena itu, alat pendeteksi kelajuan dan arah angin ini berguna untuk uji terbang roket mendukung dalam pelaksanaan kegiatan serta mendapatkan hasil dari uji terbang roket yang maksimal. Selain itu, berguna bagi para nelayan untuk menentukan waktu yang tepat dalam penangkapan ikan di laut berdasar indikator kelajuan dan arah angin. Alat pendeteksi kelajuan angin ini akan berguna untuk memperingati mereka yang akan melakukan aktivitas penangkapan ikan di laut dalam keadaan cuaca baik dan kurang baik. Disisi lain, parameter angin sangat dibutuhkan untuk menentukan pemetaan potensi energi angin seperti kelajuan dan arah angin di suatu daerah. Pemanfaatan sistem berbasis komputer yang dijadikan sebagai sistem pendukung keputusan untuk membantu manusia dalam meningkatkan produktivitas, efektivitas, efisiensi, mutu, serta pemecahan masalah [6, 7, 8]. Salah satunya dengan memanfaatkan teknologi berbasis mikrokontroler. Teknologi mikrokontroler sering digunakan sebagai sistem kendali

perangkat elektronik jarak jauh [9, 10]. Selain itu, teknologi mikrokontroler dapat digunakan sebagai sistem pendeteksi yang dapat bekerja secara otomatis dan *realtime* [11], dalam hal ini untuk mendeteksi kelajuan dan arah angin.

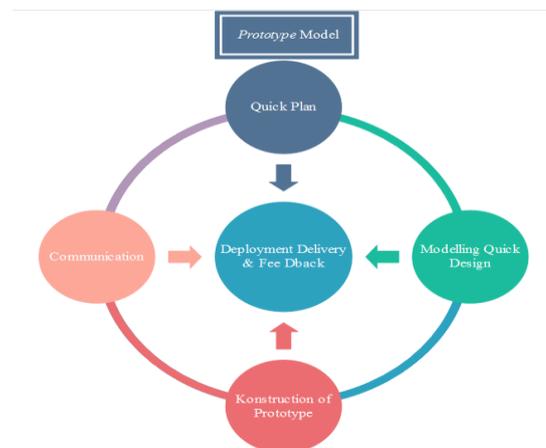
Permasalahan yang dibahas pada penelitian ini adalah mengenai bagaimana merancang *prototype* alat pendeteksi kelajuan dan arah angin dengan menggunakan mikrokontroler Arduino, serta mensinkronisasikan antara *hardware* dengan *software*. Adapun cakupan penelitian ini meliputi produk yang dihasilkan sampai dengan *prototype* yang kedua dengan karakteristik pengujian *software* dengan *hardware* yang saling berkoneksi normal dengan hasil yang akurat, komponen pendukung menggunakan program *software* berbasis Arduino, komponen *hardware* yang digunakan yaitu: modul arduino, anemometer, anemometer *cup*, sensor pendeteksi, anemometer *windvane*, dan *Liquid Crystal Display (LCD)*, serta bahasa pemrograman menggunakan *Arduino Integrated Development Environment (IDE)*.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk merancang alat ukur kelajuan dan arah angin agar dalam kegiatan uji terbang roket dan aktivitas nelayan melaut dalam keselamatan dan keamanannya sangat diperhatikan, serta mengkoneksikan *software* dan *hardware* yang dirancang agar menghasilkan pengukuran besar kelajuan dan arah angin yang tepat dan akurat. Hasil akhir dari penelitian ini berupa *prototype* alat pendeteksi besar kelajuan dan arah angin yang menggunakan sensor *medan magnet* dan *optocoupler* yang dapat digunakan untuk menentukan besar kelajuan dan arah angin pada suatu wilayah secara *real time* yang hasilnya dapat ditampilkan oleh sistem.

II. METODOLOGI PENELITIAN

A. Metodologi Penelitian

Metode pengembangan sistem yang digunakan adalah *prototype model*, karena untuk perancangan alat pendeteksi kelajuan dan arah angin dibuat berupa simulator. *Prototype model* dijadikan sebagai acuan atau dasar dalam pelaksanaan penelitian bertujuan untuk membuat sebuah model awal dari program perangkat-perangkat atau sebuah system [12, 13].



Gambar 1 *Prototype model*

Adapun tahapan-tahapan dalam metode pengembangan sistem *prototype model* adalah sebagai berikut:

1. *Comunication*

Menentukan kebutuhan sistem dalam perancangan alat pendeteksi kelajuan angin dan arah angin yang akan dibuat, diantaranya sebagai berikut:

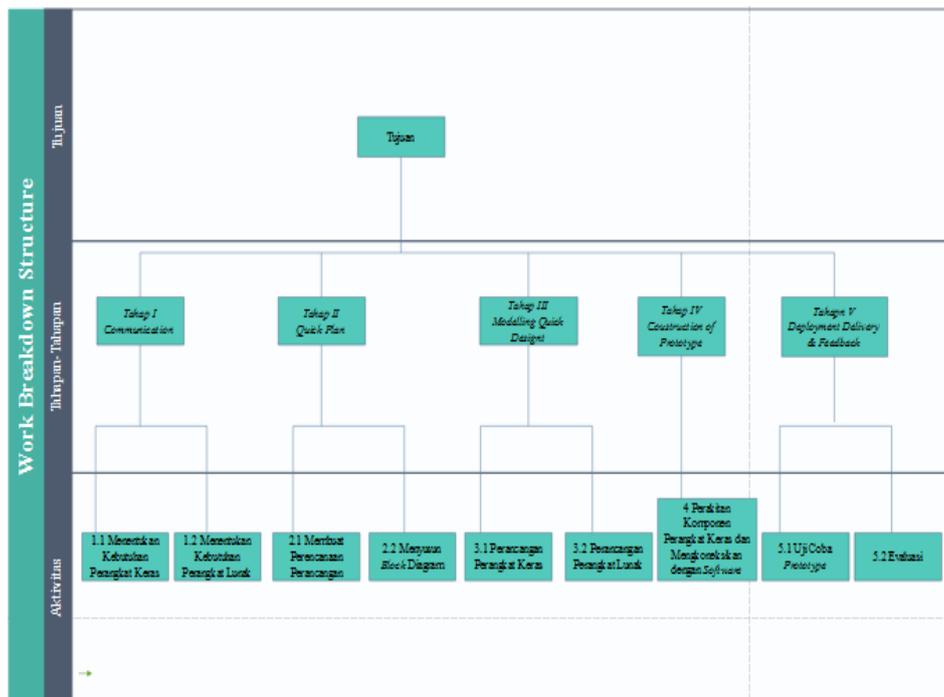
a. Kebutuhan perangkat keras

Pengumpulan kebutuhan perangkat keras dilakukan dengan memperkirakan terlebih dahulu perangkat keras apa saja yang dibutuhkan dalam perancangan alat pendeteksi kelajuan angin dan arah angin yang akan di buat.

- b. Kebutuhan perangkat lunak
Pengumpulan kebutuhan perangkat lunak dilakukan dengan melihat terlebih dahulu perangkat keras apa yang digunakan, kemudian perangkat lunak apa yang dapat mendukung perangkat keras tersebut.
- 2. *Quick Plan*
Pada tahap ini, disusun perencanaan perancangan dan pembuatan *block diagram* untuk komponen *hardware*.
- 3. *Modelling Quick Design*
Pada tahap ini dilakukan dengan membuat sebuah sketsa / desain yang terdiri dari desain simulator alat pendeteksi kelajuan angin dan arah angin, desain perangkat keras dan perangkat lunaknya.
- 4. *Conststruction of Prototype*
Pada tahap ini, dilakukan perakitan komponen-komponen *hardware* penyusun *prototype* alat pendeteksi kelajuan dan arah angin, kemudian komponen *hardware* tersebut dikoneksikan dengan *software* yang telah dibuat.
- 5. *Deployment Delivery & Feedback*
Dalam tahapan ini dilakukan pengujian terhadap *prototype* alat pendeteksi besar kelajuan dan arah angin yang telah dirancang. Kemudian dilakukan evaluasi apakah sistem yang dirancang sudah sesuai dengan kebutuhan atau tidak.

B. Work Breakdown Structure (WBS)

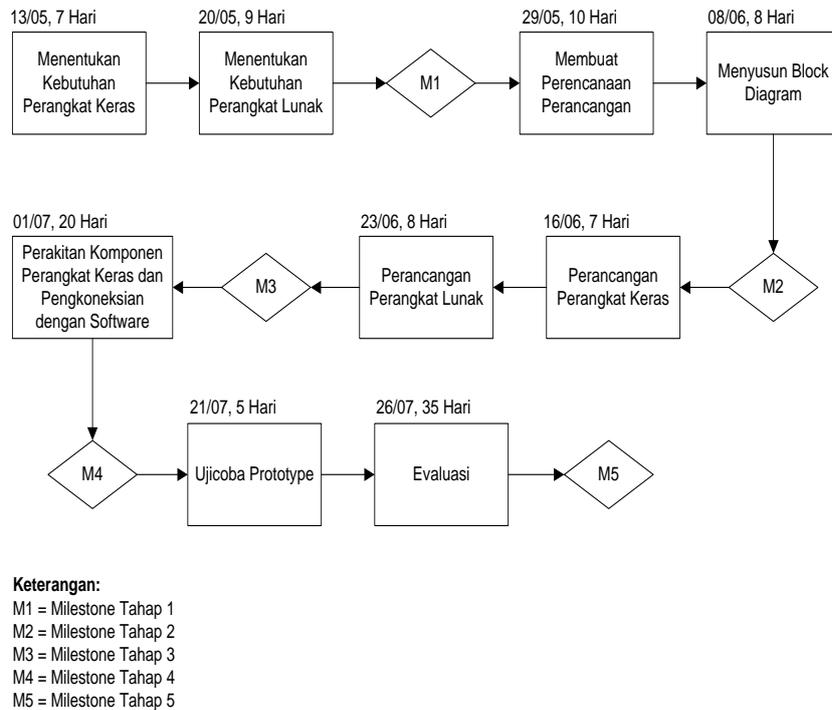
Untuk mencapai suatu tujuan dalam pelaksanaan dan rancang bangun suatu *hardware* atau *software* agar mendapatkan hasil yang semaksimal mungkin, maka harus langkah-langka yang terstruktur. Maka dalam pelaksanaannya dan daftar hasil yang di sajikan dalam skema Work Breakdown Structure. Tahapan-tahapan kerja dan aktivitas yang kami sajikan dalam Gambar 2.



Gambar 2 WBS perancangan alat pendeteksi kelajuan dan arah angin

C. Activity Sequence

Disajikan pula *Activity Sequence* diagram alur aktivitas yang mencakup keterangan waktu pelaksanaan penelitian sebagaimana tampak pada Gambar 3.



Gambar 3 Activity Sequence

Berdasarkan Gambar 3 penjelasan Aktivitas-Aktivitas penelitian sesuai metode *prototype* adalah sebagai berikut:

1. Tahap pertama (1) di lakukan terlebih dahulu pengumpulan bahan yang akan di gunakan, yang meliputi pengumpulan kebutuhan perangkat keras, dan perangkat lunak yang akan di gunakan, Pada penjelasan aktivitas-aktivitas maka melibatkan petugas atmosfer dan berlokasi di LAPAN Pameungpeuk Garut untuk mempersiapkan komponen dan alat yang menunjang untuk penelitian ini. Berikut aktifitas yang dilakukan:
 - a. Aktifitas 1.1 Menentukan kebutuhan perangkat keras / *hardware*, menghasilkan yaitu:
 - 1) Anemometer *cup*
 - 2) *Wind vane*
 - 3) Sensor *Optocoupler*
 - 4) Sensor Medan Magnet
 - 5) Mikrokontroler Arduino
 - 6) *LCD*
 - 7) Kabel *USB*
 - b. Aktifitas 1.2 Menentukan kebutuhan perangkat lunak / *software*, menghasilkan yaitu:
 - 1) *Software* Arduino yang digunakan adalah *driver* dan *IDE*, walaupun masih ada beberapa *software* lain yang sangat berguna selama pengembangan Arduino.
2. Kode program (*sketch*) menggunakan bahasa pemrograman C. Pada tahap kedua (2) membuat perncanaan perancangan meliputi:
 - a. Aktivitas 2.1 Membuat perencanaan perancangan *hardware* dan *software*.
 - b. Aktivitas 2.2 Menyusun *Block Diagram* untuk komponen *hardware*.
3. Pada tahap ketiga (3) membuat perancangan perangkat keras dan perangkat lunak:
 - a. Aktivitas 3.1 Perancangan perangkat keras / *hardware* menghasilkan rancangan dari berbagai komponen yang sudah disiapkan agar bisa digunakan.
 - b. Aktivitas 3.2 Perancangan perangkat lunak / *software* menghasilkan instalasi pembuatan aplikasi, menghasilkan rancangan dasar aplikasi.
4. Pada tahap keempat (4) Membangun sebuah *prototype* yang meliputi pembuatan *prototype* alat pendeteksi kelajuan dan arah angin berupa *hardware* dan *software*.
 - a. Melakukan perakitan komponen-komponen *hardware* penyusun *prototype* alat pendeteksi kelajuan dan arah angin.

- b. Membuat kode program, untuk menghubungkan antara *hardware* dengan *software*.
- 5. Pada tahap kelima (5) Melakukan ujicoba dan evaluasi hasil perancangan.
 - a. Aktivitas 5.1 Pengujian sistem mencakup dua proses, yaitu pengujian sistem perangkat keras, dan pengujian sistem perangkat lunak. Untuk mengetahui apakah sistem dapat berjalan sesuai yang diinginkan atau belum.
 - b. Aktivitas 5.2 Evaluasi sistem menindaklanjuti hasil pengujian prototype alat pendeteksi kelajuan angin dan arah angin ini:
 - 1) Evaluasi dari ujicoba I, menghasilkan: Apa bila ada sistem yang tidak saling berhubungan maka harus di perbaiki ulang.
 - 2) Evaluasi dari ujicoba II, menghasilkan: Apabila sistem dari *software* dan *hardware* sudah di perbaiki maka harus di ujicoba semua sistemnya.

Tabel 1 *Detail Activity*

No	Tahapan	Proses	Input	Output
1	<i>Communication</i>	Analisis kebutuhan perangkat keras dan perangkat lunak	Konsep perancang alat pendeteksi kelajuan angin dan arah angin	Perangkat keras dan perangkat lunak yang di butuhkan tersedia
2	<i>Quick Plan</i>	Membuat perencanaan perancangan berdasarkan sumberdaya yang telah didefinisikan sebelumnya	Kebutuhan perangkat lunak dan perangkat keras yang telah terdefinisi	<i>Block Diagram</i>
3	<i>Modelling Quick</i>	Menyusun rancangan perangkat keras dan perangkat lunak berdasarkan <i>block diagram</i>	<i>Block Diagram</i>	<i>Flowchart, Rancangan Komponen Hardware</i>
4	<i>Constructon of Prototype</i>	Merakit hardware berdasarkan Rancangan Komponen <i>Hardware</i> dan Membuat kode program berdasarkan <i>flowchart</i>	<i>Flowchart, Rancangan Komponen Hardware</i>	<i>Prototype 1</i> (Mikrokontroler alat pendeteksi kelajuan dan arah angin)
5	<i>Deployment Delivery & Feedback</i>	Melakukan ujicoba prototype dan melakukan perbaikan jika terdapat kesalahan	Mikrokontroler alat pendeteksi kelajuan dan arah angin	<i>Prototype 2</i> (Mikrokontroler alat pendeteksi kelajuan dan arah angin)

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bagian ini menjelaskan secara keseluruhan hasil analisis sampai dengan pengujian dari perancangan alat pendeteksi kelajuan dan arah angin berbasis mikrokontroler.

A. Perancangan Prototype 1

Berikut ini detail perancangan Prototype 1:

1. *Communication*

Dalam Tahapan *Communication*, peneliti melakukan observasi dengan Petugas Bagian Atmosfer LAPAN Garut agar dalam pelaksanaan penelitian ini mendapatkan hasil yang sesuai. Hasil dari tahapan ini berupa penentuan kebutuhan perangkat keras dan perangkat lunak yang dibutuhkan untuk merancang alat pendeteksi kelajuan dan arah angin.

a. Kebutuhan Perangkat Keras (*Hardware*)

Komponen perangkat keras (*hardware*) yang dibutuhkan adalah sebagai berikut:

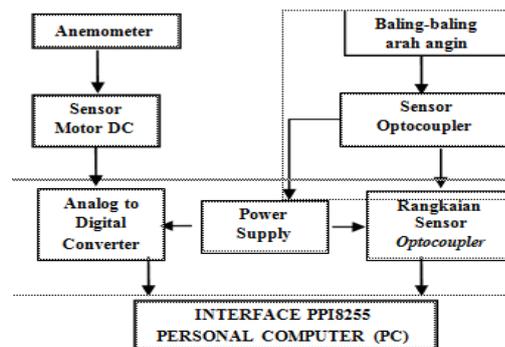
- 1) Anemometer *Cup*, digunakan untuk mengukur kelajuan angin [14].
- 2) *WindVane*, berfungsi sebagai penentu arah angin [15].
- 3) Sensor *Optocoupler*, berfungsi sebagai sensor untuk menentukan kelajuan dan arah angin yang terukur dari putaran lempengan lingkaran [16].
- 4) Sensor Medan Magnet, berfungsi sebagai sensor untuk menentukan arah angin [17].
- 5) *Liquid Crystal Display*, berfungsi sebagai penanda status alat dan menampilkan hasil [18].
- 6) Mikrokontroler Arduino, berfungsi sebagai komponen utama yang menjadi otak dari alat pendeteksi kelajuan dan arah angin [19, 20, 21].
- 7) Kabel *USB*, berfungsi untuk mengkoneksikan mikrokontroler Arduino dengan laptop [22].

b. Kebutuhan Perangkat Lunak (*Software*)

Software Arduino yang digunakan adalah *driver* dan *IDE*. Kode program (*sketch*) menggunakan bahasa pemrograman C [23].

2. *Quick Plan*

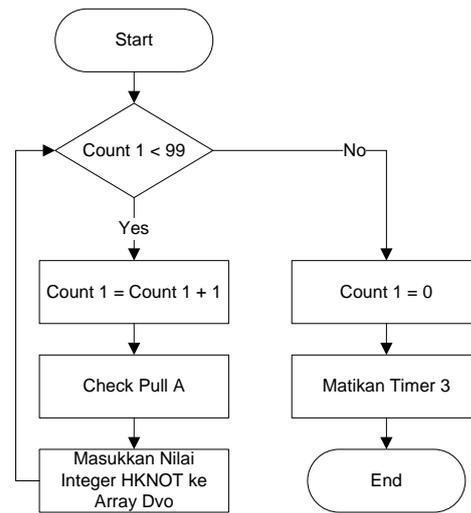
Pada tahapan ini dilakukan perencanaan perancangan alat pendeteksi kelajuan dan arah angin, yaitu dengan menentukan blok diagram seperti yang dapat dilihat pada Gambar 4.



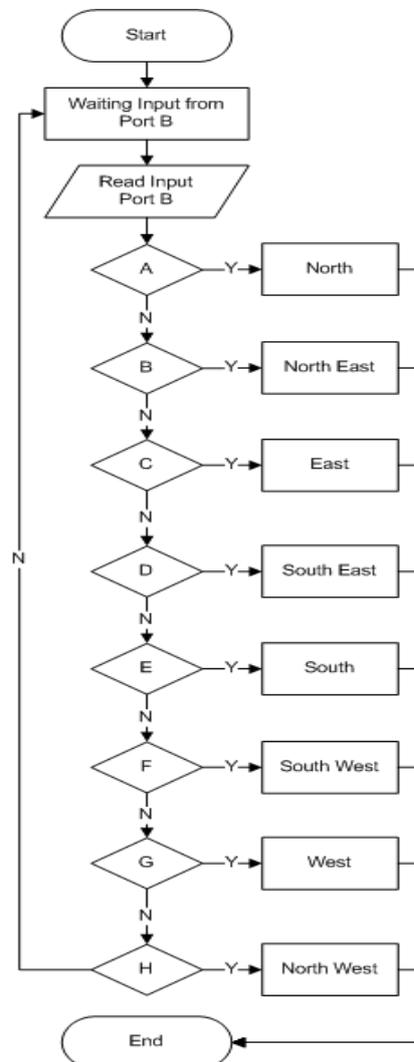
Gambar 4 *Block Diagram*

3. *Modelling Quick Design*

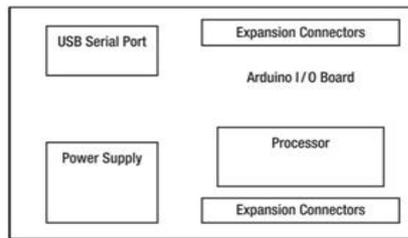
Pada tahapan ini, dirancang *flowchart* yang menunjukkan cara kerja sensor *optocoupler* (Gambar 5) dan sensor medan magnet (Gambar 6) serta rancangan komponen *hardware* (Gambar 7).



Gambar 5 *Flowchart* Sensor *Optocoupler*

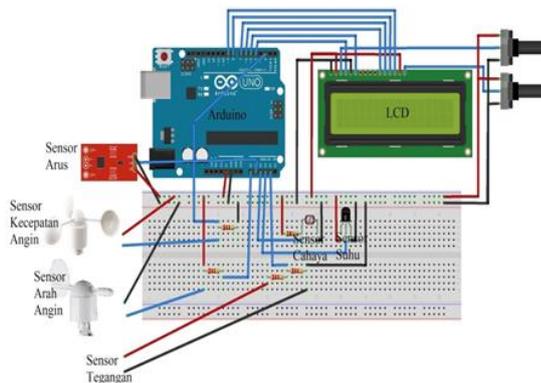


Gambar 6 *Flowchart* Sensor Medan Magnet

Gambar 7 Rancangan Rangkaian *Hardware*

4. *Construction of Prototype*

Pada tahapan ini, dirancang alat pendeteksi kelajuan dan arah angin berdasarkan rancangan rangkaian *hardware* dan *flowchart* sistem yang telah disusun pada tahapan sebelumnya. Adapun alat yang dirancang dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8 Alat Pendeteksi Kelajuan dan Arah Angin

5. *Deployment Delivery & Feedback*

Pengujian terhadap prototype alat pendeteksi kelajuan dan arah angin yang dirancang. Evaluasi sistem dilakukan untuk memperbaiki masalah-masalah yang dialami oleh sistem, sehingga dapat diketahui solusi untuk memperbaikinya [24]. Pada tahap ini ditemui kendala, yaitu terdapat beberapa komponen yang belum terhubung dengan benar, sehingga pada saat ujicoba belum terkoneksinya antara *hardware* dan *software*. Berdasarkan temuan pada evaluasi sistem *Prototype 1*, maka peneliti melakukan perbaikan sistem yang secara detail dijelaskan pada perancangan *Prototype 2*.

B. *Perancangan Prototype 2*

Adapun detail perancangan *Prototype 2* adalah sebagai berikut:

1. *Communication*

a. *Analisis Masalah*

Berdasarkan ujicoba sistem pada *Prototype 1*, terdapat beberapa kendala, diantaranya kabel yang menghubungkan antara Mikrokontroler Arduino dengan *PCB* tidak terhubung dengan benar, terdapat kendala pada sinyal keluaran dari sensor *optocoupler* serta belum terkoneksinya antara *hardware* dengan *software*.

b. *Analisis Kebutuhan*

Berdasarkan kendala yang dialami pada saat ujicoba *Prototype 1*, dibutuhkan beberapa perbaikan berupa penggantian dan penambahan komponen *hardware*, diantaranya penggantian komponen *PCB* yang akan dihubungkan dengan mikrokontroler Arduino, penambahan komponen *IC* untuk memperbaiki sinyal keluaran dari sensor *optocoupler* dan penggunaan *interface card* untuk mengkoneksikan antara *hardware* dengan *software*.

2. *Quick Plan*

Pada perancangan *Prototype 2* ditentukan perencanaan penggunaan komponen *hardware* sebagai berikut:

- a. Penggantian *PCB* untuk dihubungkan ke mikrokontroler Arduino;
 - b. Penggunaan *IC* untuk memperbaiki sinyal keluaran dari sensor *optocoupler*; dan
 - c. Penggunaan *interface card* sebagai modul antarmuka rangkaian sensor elektronik ke laptop.
3. *Modelling Quick Design*
Tidak ada perubahan yang signifikan dari rancangan komponen *hardware* pada perancangan *Prototype 2*.
 4. *Construction of Prototype*
Beberapa perbaikan dilakukan untuk memaksimalkan kinerja dari alat pendeteksi kelajuan dan arah angin yang dirancang. Adapun beberapa perbaikan tersebut dengan penggantian komponen *PCB* yang dihubungkan ke mikrokontroler Arduino dan penambahan komponen *IC* untuk memperbaiki sinyal keluaran dari sensor *optocoupler* dan penggunaan *interface card* sebagai modul antarmuka rangkaian sensor elektronik ke laptop.
 5. *Deployment Delivery & Feedback*
Pada tahap ini dilakukan uji coba hasil rancangan *Prototype 2*. Uji coba dilakukan dengan cara simulasi menggunakan kipas angin. Dari hasil uji coba didapatkan alat pendeteksi kelajuan dan arah angin yang dapat bekerja secara optimal dan dapat menghasilkan *output* kelajuan dan arah angin.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan hasil penelitian ini, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Perancangan alat pendeteksi kelajuan dan arah angin dapat dilakukan dengan memanfaatkan teknologi mikrokontroler Arduino. Alat yang dirancang dapat mendeteksi kelajuan angin dengan skala 1 – 17 Knot dan dapat mendeteksi arah 8 penjuruan mata angin. Dimana untuk sistem kerjanya menggunakan sensor *optocoupler* dan sensor medan magnet sebagai penerima *input*. *Output* yang dihasilkan berupa kelajuan dan arah angin yang ditampilkan pada *LCD*. Informasi mengenai kelajuan dan arah angin yang dideteksi oleh alat ini dapat digunakan dalam kegiatan uji terbang roket dan aktivitas nelayan melaut serta dapat digunakan untuk pemetaan potensi energi angin di suatu daerah.
2. Pengkoneksian *hardware* dan *software* berjalan sebagaimana mestinya dengan penggunaan komponen *interface card*, sehingga alat yang dirancang dapat menghasilkan informasi pengukuran kelajuan dan arah angin yang akurat.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] I. Kristian, "Evaluasi Bilah Turbin Angin 500 Watt Dengan Melakukan Pengujian Pada Wind Tunnel Universitas Nurtanio Bandung," *Jurnal Industri Elektro dan Penerbangan*, vol. 3, no. 3, 2018.
- [2] I. P. A. Suarsana, M. R. Kirom and R. F. Iskandar, "Perancangan Dan Pembuatan Pengukur Laju Dan Arah Angin Berbasis Mikrokontroler Atmega32," *eProceedings of Engineering*, vol. 2, no. 1, 2015.
- [3] D. R. Aji and M. N. Cahyadi, "Analisa Karakteristik Kecepatan Angin dan Tinggi Gelombang Menggunakan Data Satelit Altimetri (Studi Kasus: Laut Jawa)," *Geoid*, vol. 11, no. 1, pp. 75-78, 2015.
- [4] J. Brown, *Ocean circulation: prepared by an Open University course team*, Elsevier, 2016.
- [5] A. Ghozian, "Uji Eksperimental Pengaruh Perbedaan Sudut Kemiringan Bilah Pada Turbin Angin Sumbu Vertikal Jenis Helikal Terhadap Kinerja Turbin Angin," *Jurnal Teknik Mesin*, vol.

4, no. 03, 2016.

- [6] E. Sofiah and Y. Septiana, "Sistem Pendukung Keputusan Feasibility Study untuk Menilai Kelayakan Sebuah Bisnis," *Jurnal Wawasan Ilmiah*, vol. 8, no. 1, 2017.
- [7] Y. Septiana, D. Kurniadi, A. Mulyani and W. Baswardono, "Design of decision support system for blood analysis," *MATEC Web of Conferences*, vol. 197, p. 03018, 2018.
- [8] Y. Septiana, D. Kurniadi and A. Mulyani, "Perancangan Program Aplikasi Faraidh sebagai Sistem Pendukung Keputusan Pembagian Harta Waris Berorientasi Solver," *Jurnal Algoritma*, vol. 14, no. 2, pp. 474-480, 2018.
- [9] D. Kurniadi and A. Mulyani, "Prototipe Perangkat Lunak Sistem Kendali Peralatan Elektronik Berbasis Komputer," *Jurnal Wawasan Ilmiah*, vol. 7, no. 12, 2015.
- [10] D. Kurniadi and F. Fitriyani, "Sistem Kendali Jarak Jauh Perangkat Elektronik Rumah Berbasis Cloud Computing," *Jurnal Algoritma*, vol. 14, no. 2, pp. 205-214, 2017.
- [11] Y. Septiana, "Design of prototype decision support system for flood detection based on ultrasonic sensor," *MATEC Web of Conferences*, vol. 197, p. 03017, 2018.
- [12] R. S. Pressman, *Software Engineering: a beginner's guide*, McGraw-Hill, Inc., 1988.
- [13] A. Hallerbach, T. Bauer and M. Reichert, "Capturing variability in business process models: the Provop approach," *Journal of Software Maintenance and Evolution: Research and Practice*, vol. 22, no. 6-7, pp. 519-546, 2010.
- [14] G. Rolph, A. Stein and B. Stunder, "Rolph, G., Stein, A., & Stunder, B. (2017). Real-time environmental applications and display system: Ready," *Environmental Modelling & Software*, vol. 95, pp. 210-228, 2017.
- [15] R. A. Pesma and I. Taufiq, "Rancang Bangun Alat Ukur Kelajuan Dan Arah Angin Berbasis Mikrokontroler Atmega8535 Menggunakan Sistem Sensor Cahaya," *Jurnal Fisika Unand*, vol. 2, no. 4, 2014.
- [16] M. K. Ghodki, "Microcontroller and solar power based electrical energy management system for renewable energy applications," *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, vol. 44, no. 1, pp. 852-860, 2013.
- [17] C. J. Anggoro and I. E. Santosa, "Distribusi Medan Magnet di Sekitar Kumbaran Berarus Listrik," *Prosiding Pertemuan Ilmiah XXIX HFI Jateng & DIY. ISSN, 0853-0823*, 2015.
- [18] A. Hakim and W. Pratama, "Pengatur Suhu Ruangan Otomatis Berbasis Mikrokontroler ARM Cortex M0 NUMICRO NUC140VE3CN," *Jurnal Ilmiah Komputasi*, vol. 16, no. 1, 2017.
- [19] E. D. Iyuditya and B. Majasem, "Sistem Pengendali Lampu Ruangan Secara Otomatis Menggunakan Pc Berbasis Mikrokontroler Arduino Uno," Sekolah Tinggi Informatika STMIK (IKMI), Cirebon, 2013.
- [20] H. Guntoro and Y. Somantri, "Rancang bangun magnetic door lock menggunakan keypad dan solenoid berbasis mikrokontroler arduino uno," *electrans*, vol. 12, no. 1, pp. 39-48, 2016.
- [21] I. E. Mulyana and R. Kharisman, "Perancangan Alat Peringatan Dini Bahaya Banjir dengan Mikrokontroler Arduino Uno R3," *Creative Information Technology Journal*, vol. 1, no. 3, pp. 171-182, 2014.
- [22] A. Pracoyo, "Devais Input/Output Antar Muka Berbasis Universal Serial Bus (USB)," *Jurnal Poli-Teknologi*, vol. 9, no. 2, 2013.
- [23] A. H. Saptadi, "Perbandingan Akurasi Pengukuran Suhu dan Kelembaban Antara Sensor DHT11 dan DHT22," *Jurnal Infotel*, vol. 6, no. 2, pp. 49-56, 2014.
- [24] D. Kurniadi, S. Sasmoko, H. L. H. S. Warnars and F. L. Gaol, "Software size measurement of student information terminal with use case point," *Cybernetics and Computational Intelligence (CyberneticsCom), 2017 IEEE International Conference*, pp. 164-169, 2017.