



## Pembuatan Perangkat Kontrol Kecepatan Udara di Terowongan Angin Berbasis Arduino

### *Creating Airspeed Control Devices in Arduino-Based Wind Tunnels*

Miswardi<sup>1</sup>, M.Yasep Setiawan<sup>1\*</sup>, Toto Sugiarto<sup>1</sup>, Dwi Sudarno Putra<sup>1</sup>, Masykur<sup>2</sup>

#### Abstrak

Penelitian ini membahas tentang proses pembuatan alat kontrol kecepatan udara *wind tunnel* menggunakan arduino sebagai komponen utama unit pengontrol. Pengujian *wind tunnel* dilakukan dengan kecepatan udara yang bervariasi sesuai kebutuhan agar mendapatkan hasil yang optimal. Motor *fan* sebagai pembangkit aliran udara tidak dilengkapi dengan pengontrol kecepatan udara. Tujuan penelitian ini untuk membuat alat yang dapat mengontrol kecepatan udara *wind tunnel* sesuai dengan kebutuhan pengujian. Penelitian ini dilakukan dengan metode penelitian dan pengembangan. Output tegangan *power supply* diatur pada 11,19 Volt sumber untuk arduino. LCD *display*, motor servo, modul relay dan sensor anemometer disuplai dari *mainboard* arduino dan *stepdown* dengan tegangan 5,069 Volt. Alat secara keseluruhan dan semua komponen dapat bekerja dengan baik. Kecepatan udara yang ditunjukkan LCD display dapat dicapai sampai dengan 39 m/s.

#### Kata Kunci

Arduino, Terowongan Angin, Kontrol Kecepatan Udara, Mikrokontroler

#### Abstract

*This study discusses the process of making a wind tunnel airspeed control device using arduino as the main component of the controller unit. Wind tunnel testing is carried out at varying air speeds as needed in order to obtain optimal results. The fan motor as an air flow generator is not equipped with an air speed controller. The purpose of this research is to make a tool that can control wind tunnel airspeed according to the testing needs. This research was conducted using the research and development method. The output voltage of the power supply is set at 11.19 Volt source for the Arduino. LCD displays, servo motors, relay modules and anemometer sensors are supplied from the Arduino mainboard and stepdown with a voltage of 5.069 Volts. The tool as a whole and all components can work properly. The airspeed indicated by LCD displays can be reached up to 39 m/s.*

#### Keywords

Arduino, Wind Tunnel, Airspeed Control, Microcontroller

<sup>1</sup> Departemen Teknik Otomotif, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang  
Jln. Prof. Dr. Hamka, Air Tawar, Padang Sumatera Barat, Indonesia

<sup>2</sup> Program Studi Teknik Mesin, Universitas Teuku Umar

Jl. Alue Peunyareng, Gunong Kleng, Kec. Meureubo, Kabupaten Aceh Barat, Aceh, Indonesia

\* [m.yasepsetiawan@ft.unp.ac.id](mailto:m.yasepsetiawan@ft.unp.ac.id)

## PENDAHULUAN

Wind tunnel merupakan suatu alat uji yang digunakan dalam berbagai macam bidang seperti fisika, teknik dan aerodinamika. Erat kaitannya dengan bidang otomotif, dimana sistem aerodinamika juga diperhitungkan dalam perancangan sebuah bodi kendaraan. Pengujian dengan tidak hanya dilakukan pada bodi utama kendaraan, akan tetapi pengujian juga bisa dilakukan terhadap komponen bodi kendaraan lainnya seperti winglet, spoiler, rear wing, diffuser, dan komponen sistem aerodinamika pendukung lainnya pada sebuah kendaraan.

Diffuser merupakan salah satu perangkat aerodinamis paling penting yang ditemukan di F1. Ini sering digunakan untuk mengurangi daya angkat mobil balap. Beberapa tahun terakhir difuser juga sudah banyak digunakan pada mobil biasa. Difuser bisa mengurangi hambatan dan meningkatkan downforce mobil yang ditempatkan dibagian belakang bawah kendaraan [1].

Pengujian harus dilakukan dengan kecepatan udara yang bisa diatur sesuai dengan kebutuhan pengujian agar hasil pengujian yang didapatkan bisa optimal. Jika kecepatan udara tidak bisa diatur maka tujuan utama dari pengujian tidak akan tercapai. Sedangkan motor fan sebagai sistem penggerak utama aliran udara tidak dilengkapi dengan pengatur kecepatan putaran motor. Pada umumnya motor listrik induksi hanya ada pengaturan OFF dan ON. Ketika tanpa menggunakan kontrol, motor langsung berputar dengan putaran maksimal saat saklar di ON kan, hal ini akan berimbas pada kenaikan arus secara cepat terhadap motor fan. Sedangkan ketika menggunakan kontrol, motor akan berputar secara perlahan sehingga lonjakan arus dapat dihindari. Dengan penggunaan alat kontrol ini akan memberikan pengaruh terhadap kualitas serta tingkat keamanan dan keawetan terhadap hardware sistem. Oleh karena itu diperlukan sebuah kontrol kecepatan motor yang menggerakkan motor fan. Perangkat kontrol kecepatan ini akan menggunakan arduino sebagai komponen utama dan didukung beberapa komponen lainnya. Pemakaian perangkat kontrol ini cukup sederhana. Alat ini bisa diaplikasikan ke semua jenis motor listrik induksi. Dengan adanya perangkat ini motor fan tidak perlu lagi diotak-atik sebelum melakukan pemasangan. Tanpa mengubah rangkaian kelistrikan yang ada pada motor fan ini perangkat kontrol kecepatan udara wind tunnel ini dapat langsung diaplikasikan.

### Wind Tunnel

Wind Tunnel adalah sebuah alat yang digunakan dalam penelitian aerodinamika untuk mempelajari efek udara yang bergerak melewati benda padat. Udara digerakkan melewati objek dengan motor fan. Objek uji disebut model terowongan angin, diinstrumentasikan dengan sensor-sensor yang cocok untuk mengukur gaya-gaya aerodinamika, distribusi tekanan, koefisien drag atau karakteristik-karakteristik lainnya yang berkaitan dengan aerodinamika. Dengan Wind tunnel bisa dilakukan analisa numerik aliran fluida terhadap udara yang mengalir didalamnya. Apabila kita melakukan penelitian suatu aliran dengan bilangan Reynold tinggi pasti membutuhkan ketelitian yang tinggi pada saat pengukuran aliran fluida selain itu faktor human error juga berpengaruh dan penelitian ini membutuhkan biaya yang sangat mahal. Oleh karena itu alternatif yang terbaik adalah dengan menggunakan Computational Fluid Dynamics (CFD) [2]. Berdasarkan kecepatan udara wind tunnel memiliki 5 jenis diantaranya subsonic wind tunnel, high subsonic wind tunnel, transonic wind tunnel dan supersonic wind tunnel [3]. Alat kontrol kecepatan udara wind tunnel ini diaplikasikan untuk open circuit wind tunnel tipe subsonik ( $M > 1$ ) yang operasi nomor Mach sangat rendah dengan kecepatan di bagian uji ( $M < 0.3$ ). Model wind tunnel yang diaplikasikan dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Open circuit wind tunnel tipe subsonic.

### Sensor Anemometer

Anemometer adalah sebuah perangkat yang digunakan untuk mengukur kecepatan angin dan untuk mengukur arah, anemometer merupakan salah satu instrumen yang sering digunakan oleh balai cuaca seperti BMKG [4]. Alat ukur kecepatan udara pada penelitian ini memakai sensor yang diukur dengan menggunakan sensor optocoupler. Optocoupler adalah piranti elektronika yang memanfaatkan sinar sebagai pemicu on-off [5]. Pada saat tertiup angin, baling-baling seperti yang terlihat pada gambar 2 akan berputar. Semakin besar kecepatan angin meniup baling-baling tersebut, akan semakin cepat piringan baling-baling berputar. Dari jumlah putaran dalam satu detik maka dapat diketahui kecepatan anginnya.



Gambar 2. Anemometer.

### Mikrokontroler

Mikrokontroler adalah sistem mikroprosesor lengkap yang terkandung di dalam sebuah chip [6]. Sebuah mikrokontroler umumnya telah berisi komponen pendukung sistem minimal mikroprosesor, yakni memori dan pemrograman input-output. Mikrokontroler memiliki karakteristik diantaranya memiliki program khusus yang disimpan dalam memori untuk aplikasi tertentu, konsumsi daya kecil, rangkaiannya sederhana dan compact, harganya murah karena rangkaiannya sedikit, unit I/O yang sederhana seperti LCD, LED, latch, dan lebih tahan

terhadap kondisi lingkungan ekstrim seperti temperatur, tekanan, kelembaban, dan sebagainya [7].

### Arduino Uno

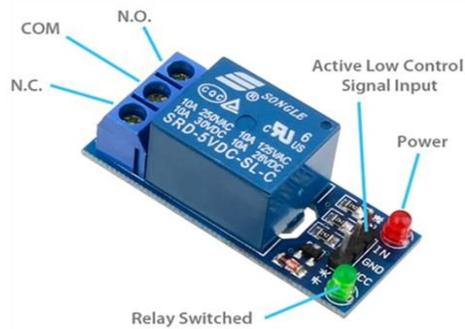
Arduino adalah sebuah board mikrokontroler yang didasarkan pada IC Atmega328. Atmega 328 merupakan keluaran atmel dengan arsitektur RISC (Reduce Instruction Set Computer) dimana setiap proses eksekusi datanya lebih cepat daripada CISC (Completed Instruction Set Computer) [8]. Tujuan menanamkan program adalah agar rangkaian elektronik dapat membaca input lalu memproses kemudian menghasilkan output sesuai dengan yang diinginkan. Jadi mikrokontroler merupakan otak pengendali input, proses, dan output pada sebuah rangkaian elektronik [9]. Arduino Uno memiliki 14 pin input diantaranya 6 pin dapat digunakan sebagai output PWM, 6 analog input, sebuah crystal osilator 16 MHz, koneksi USB, jack power, kepala ICSP, dan tombol reset [10]. Jika hendak memasukkan program baru saat masih terdapat program sebelumnya di arduino, boleh langsung menimpa dengan program baru ataupun dengan melakukan reset terlebih dahulu. Pin reset pada mikrokontroler AVR adalah aktif low. Jika sinyal berlogika low diberikan pada pin reset, maka kondisi mikrokontroler pada keadaan reset. Tujuan reset pada mikrokontroler adalah untuk melepas semua jalur, dan mengkondisikan semua pin (kecuali pin XTAL) dalam keadaan awal (tri-state), menginisialisasi register I/O, mengubah nilai counter dalam keadaan 0, dan mengkondisikan mikrokontroler dalam mode program [11]. Arduino Uno bisa dilihat seperti pada Gambar 3.



Gambar 3. Arduino Uno.

### Modul Relay

Relay dapat digunakan sebagai switch untuk menjalankan berbagai peralatan elektronik. Kendali switch pada relay sepenuhnya ditentukan oleh nilai output sensor, yang setelah diproses mikrokontroler akan menghasilkan perintah kepada relay untuk melakukan fungsi ON / OFF [12]. Pembuatan alat ini cukup dengan menggunakan 1 buah relay 1 channel 5V karena hanya difungsikan sebagai saklar untuk mengendalikan perangkat listrik yang terdapat pada komponen dimmer speed controller. Modul relay 1 channel memiliki 1 buah relay yang tampak seperti gambar 3, dan 3 kabel modul pengendali relay, 1 sebagai sinyal dan 2 kabel lainnya untuk input power modul relay dengan tegangan 5V.



Gambar 4. Relay.

### Dimmer Speed Controller

Dimmer Speed Control merupakan sebuah komponen yang mempunyai prinsip kerja layaknya seperti potensiometer rotary yang diputar dengan sebuah knob yang hampir dapat berputar 360°, jika diputar searah jarum jam maka arus yang keluar akan semakin besar dan jika diputar berlawanan arah jarum jam arus yang keluar akan semakin kecil. Dengan adanya pemberian arus yang dapat diatur menuju beban, maka hal ini dapat mengatur kecepatan putaran dari motor fan. Terdapat saklar dengan 3 posisi diantaranya posisi OFF, FULL dan VAR.. Pada posisi VAR inilah knob dapat berfungsi jika diputar untuk mengatur kecepatan putaran fan. Model dimmer yang dipakai dapat dilihat pada gambar 5.



Gambar 5. Dimmer Speed Control.

### Motor Servo

Motor Servo adalah sebuah motor dengan sistem closed feedback di mana posisi dari motor akan diinformasikan kembali ke rangkaian kontrol yang ada di dalam motor servo. Motor ini terdiri dari sebuah motor, serangkaian gear, potensiometer dan rangkaian kontrol. Potensiometer berfungsi untuk menentukan batas sudut dari putaran servo. Sedangkan sudut dari sumbu motor servo diatur berdasarkan lebar pulsa yang dikirim melalui kaki sinyal dari kabel motor. Medan magnet pada motor DC servo dibangkitkan oleh magnet permanen motor servo, jadi tidak perlu tenaga untuk membuat medan magnet [13]. Motor servo ialah motor yang berputar lambat dimana biasanya ditunjukkan oleh rate putarannya yang lambat, namun demikian motor servo memiliki torsi yang kuat karena internal gear-nya [14]. Motor servo yang digunakan ialah motor servo tipe continuous yang dapat berputar hampir 360° dengan kode MG996R seperti yang terlihat pada gambar 4. Motor servo memiliki 3 kabel yaitu kabel power, ground, dan sinyal.



Gambar 6. Motor Servo.

### Power Supply

Sebagian besar perangkat elektronika membutuhkan arus DC dengan tegangan yang lebih rendah untuk pengoperasiannya. Oleh karena itu, hampir setiap peralatan elektronika memiliki sebuah rangkaian yang berfungsi untuk melakukan konversi atau mengubah arus listrik dari arus AC menjadi arus DC dan juga untuk menyediakan tegangan yang sesuai dengan rangkaian elektronika-nya. Untuk melengkapi kebutuhan itu dibutuhkan power supply, atau disebut juga dengan catu daya. Power supply pada dasarnya memiliki 4 bagian utama agar dapat menghasilkan arus DC yang stabil. Keempat bagian utama tersebut diantaranya adalah Transformer, Rectifier, Filter dan Voltage Regulator [15]. Power supply yang digunakan untuk pembuatan alat ini adalah power suplai 12V 5A seperti terlihat pada gambar 7.



Gambar 7. Power Suplai

### LCD Display

LCD adalah media tampilan yang paling mudah untuk diamati karena menghasilkan tampilan karakter yang baik dan cukup banyak. Pada LCD 16×2 dapat ditampilkan 32 karakter, 16 karakter pada baris atas dan 16 karakter pada baris bawah. LCD 16×2 pada umumnya menggunakan 16 pin sebagai kontrolnya, tentunya akan sangat boros apabila menggunakan 16 pin tersebut. Karena itu, digunakan driver khusus sehingga LCD dapat dikontrol dengan jalur I2C. melalui I2C maka LCD dapat dikontrol dengan menggunakan 2 pin saja yaitu SDA dan SCL. LCD display yang digunakan tampak seperti gambar 8.



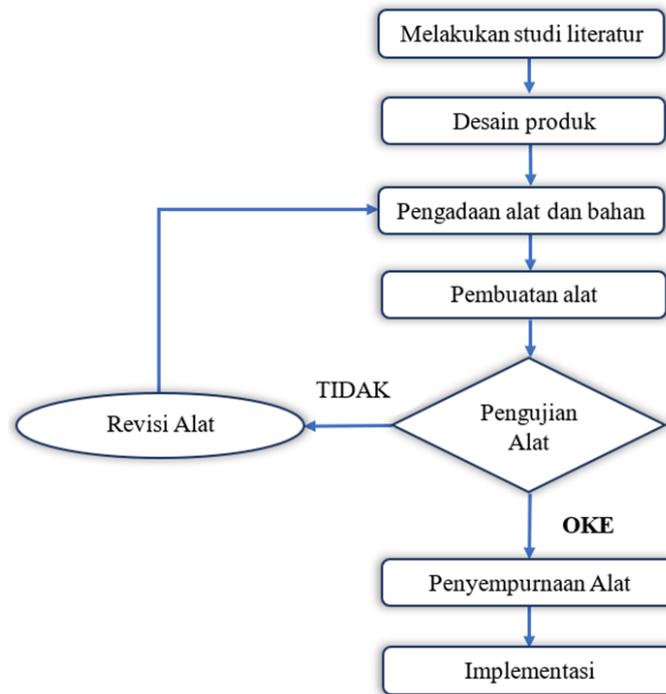
Gambar 8. LCD Display 16 × 2.

### **METODA PENELITIAN**

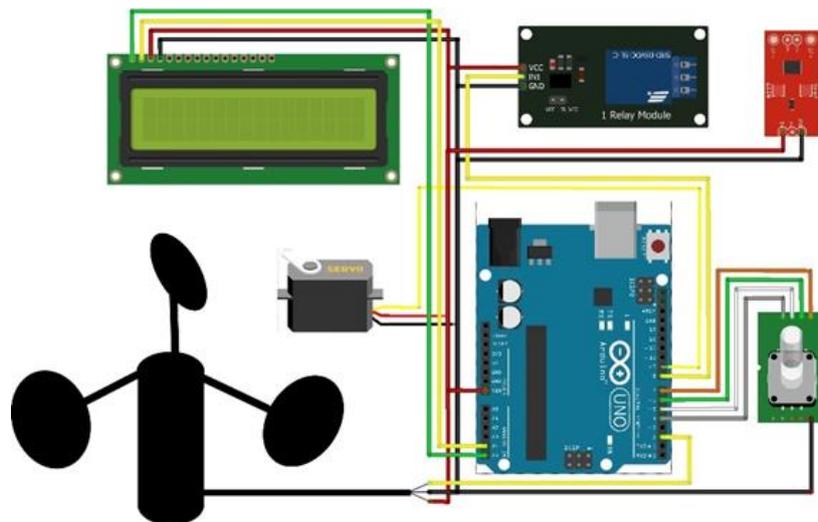
Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode research and development (R&D) atau penelitian dan pengembangan. Penelitian dan pengembangan bertujuan untuk menghasilkan produk baru melalui proses pengembangan [16]. Metode penelitian dan pengembangan ini lebih tepat untuk dilakukan untuk membuat dan melakukan pengembangan suatu alat terhadap produk yang sudah ada sebelumnya. Sesuai yang dikemukakan oleh para ahli, penggunaan metode penelitian dan pengembangan ini dilaksanakan agar dapat menghasilkan produk tertentu, maka digunakan penelitian yang bersifat analisis dan menguji produk tersebut supaya dapat berfungsi dengan baik dan sesuai dengan tujuan penelitian.

Penelitian ini dilakukan di salah satu objek pada bagian wind tunnel yaitu motor fan sebagai penggerak aliran udara. Kecepatan putaran motor fan nantinya akan bisa dikontrol sesuai kebutuhan pengujian wind tunnel. Beberapa komponen elektronika akan dibutuhkan dalam pembuatan alat ini. Komponen-komponen yang dipilih ini dirangkai menjadi satu kesatuan untuk menciptakan suatu alat yang sesuai dengan tujuan utama penelitian.

Pengambilan data dilakukan dengan cara mengukur setiap tegangan input menuju ke komponen yang akan dipasang agar tegangan yang masuk ke komponen sesuai dengan spesifikasi setiap komponen dan tidak merusak setiap komponen yang digunakan. Data pengukuran tegangan diperoleh dengan menggunakan multimeter digital. Proses penelitian dilakukan dengan beberapa langkah yang telah dirangkum dalam flowchart yang telah dirangkum pada gambar 9. Desain rangkaian dari perangkat pengontrol yang diaplikasikan di motor fan bisa dilihat pada gambar 10.



Gambar 9. *Flowchart* Proses Penelitian.



Gambar 10. Rangkaian.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Hasil

Tegangan output power suplai diatur sebesar 11,19 Volt seperti pada gambar 8. Tegangan 11,19 Volt ini akan digunakan untuk menyuplai arduino, komponen-komponen aktuator dan stepdown.



Gambar 1. Tegangan Output Power Suplai.

Tegangan power suplai diturunkan menggunakan *stepdown* menjadi sebesar 5,069 Volt untuk menyuplai motor servo, LCD display, modul relay dan sensor anemometer. Hasil pengukuran ditunjukkan pada gambar 9.



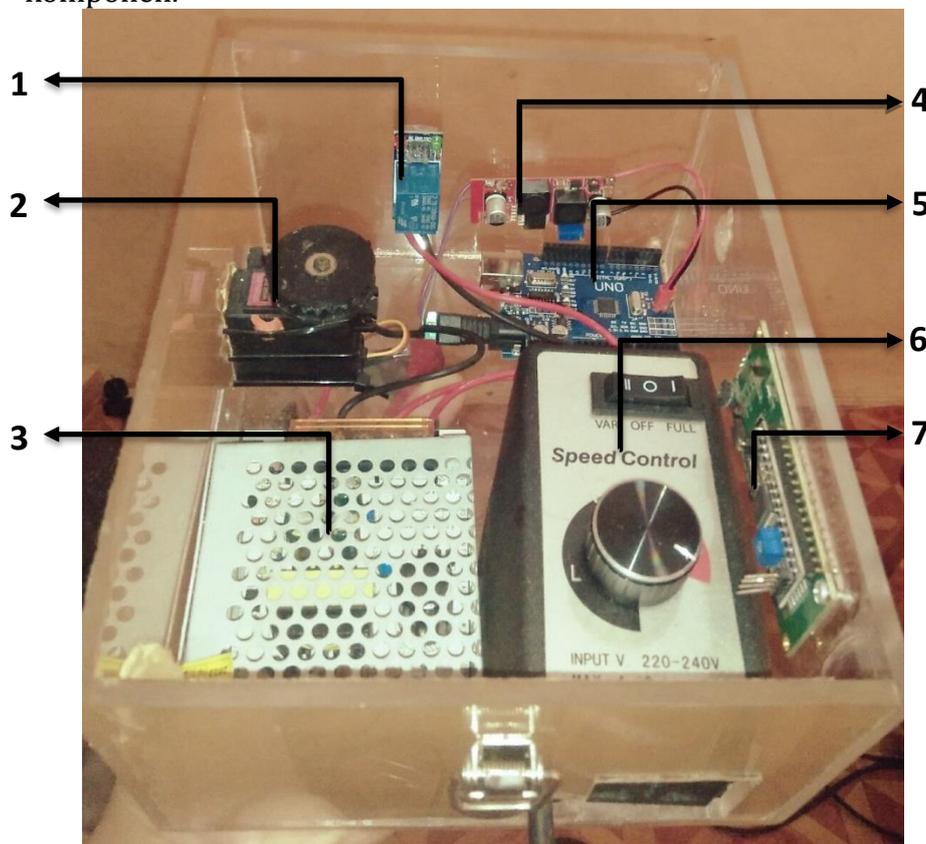
Gambar 2. Tegangan *output* stepdown.

Kapasitas arus yang bisa disuplai pada *mainboard* arduino hanya berkisar pada 210 mA yang ditunjukkan pada gambar 10.



Gambar 3. Kapasitas Arus pada *Mainboard* Arduino.

Setelah dilakukan revisi rangkaian dan diganti dengan rangkaian yang baru seperti terlihat pada gambar 10, komponen yang mengambil sumber daya dari mainboard arduino sudah ditambahkan sumber daya yang terpisah. Ini diperoleh dari power suplai menggunakan *stepdown* dengan tegangan di atur sebesar 5 Volt, sama dengan tegangan pada *mainboard* arduino seperti terlihat pada gambar 9. Dengan begitu komponen tidak lagi mengalami kekurangan arus saat diaktifkan seperti sebelumnya. Stepdown yang digunakan memiliki dapat menghantarkan arus sampai 5A sehingga kebutuhan arus akan tercukupi dengan baik kesemua komponen.



Keterangan :

1. Modul relay
2. Motor servo
3. Power supply
4. Modul stepdown
5. Arduino Uno
6. Dimmer speed controller
7. LCD display

Gambar 4. *Software* Rangkaian.

Pemasangan setiap kabel komponen ke pin pada arduino dijabarkan pada tabel 1.

Tabel 1. Pemasangan kabel komponen ke pin arduino

No.	Kabel Komponen	Pin pada <i>Mainboard</i> Arduino
1.	Vcc semua komponen	Pin Vin
2.	<i>Ground</i> semua komponen	Pin GND
3.	Sinyal sensor anemometer	Pin 2
4.	Rotary switch posisi OFF	Pin 4
5.	Rotary switch posisi 10 m/s	Pin 5
6.	Rotary switch posisi 20 m/s	Pin 6
7.	Rotary switch posisi 30 m/s	Pin 7
8.	Sinyal modul relay	Pin 8
9.	Sinyal motor servo	Pin 9
10.	Pin SDA LCD <i>display</i>	Pin A4
11.	Pin SCL LCD <i>display</i>	Pin A5

Setelah semua komponen dirangkai dan dilakukan uji coba, alat dapat bekerja dengan baik. Saat alat diaktifkan kecepatan udara yang ditunjukkan LCD display dapat mencapai 39 m/s. Kecepatan udara yang dicapai saat dilakukan uji coba dapat dilihat pada gambar 15.



Gambar 5. Hasil uji coba kecepatan udara.

### Pembahasan

Tegangan output power suplai diatur sekitar 11 Volt. Tegangan sebesar ini sedikit diturunkan dari tegangan spesifikasi power suplai 12 Volt. Hal ini dilakukan karena untuk keamanan dan memperpanjang umur pemakaian mikrokontroler arduino. Power supply terdapat pengatur tegangan yang Unit arduino bisa diberi tegangan input 5 volt dari koneksi USB, akan tetapi alat ini menggunakan tegangan input dari power supply yang dapat menggunakan tegangan antara 7–12V yang aksesnya menggunakan soket pin Vin. Tegangan input ini akan dikonversi lagi menjadi 5 Volt oleh komponen bernama voltage regulator. Semakin tinggi tegangan input maka semakin tidak efektif karena voltage regulator pada board arduino akan semakin panas. Jika terlalu panas maka voltage regulator akan hangus dan arus menuju board arduino akan langsung terputus. Untuk menghindari hal itu maka tegangan diturunkan lagi menggunakan voltage adjustable yang terdapat pada power supply.

Tegangan power suplai diturunkan menggunakan stepdown menjadi sebesar 5,069 Volt yang terdapat pada gambar 9 untuk menyuplai motor servo, LCD display, modul relay dan sensor anemometer serta salah arus positif stepdown dihubungkan dengan pin Vin pada board arduino. Hal ini dilakukan karena kapasitas arus yang tersedia pada mainboard arduino hanya berkisar sekitar 210 mA seperti yang terlihat pada gambar 10. Ini juga telah dijabarkan disitus resmi arduino itu sendiri. Sementara untuk alat yang dirancang ini memiliki beberapa komponen yang pemakaian arusnya melebihi dari 210 mA. Ini mengakibatkan motor servo tidak dapat bekerja dan mempengaruhi komponen lain. Saat knop switch selector di ubah ke posisi 10 m/s cahaya LCD display meredup oleh karena relay juga aktif bekerja. Oleh sebab itu diperlukan sumber arus tambahan untuk menyuplai kebutuhan arus dari komponen yang ada. Tegangan 5 Volt pada board arduino bisa langsung digunakan sebagai sumber daya untuk menyuplai komponen aktuator dengan syarat pemakaian arus tidak lebih dari 210 mA.

Sensor anemometer ditempatkan dibagian tet section. Posisi sensor anemometer dipasang disalah satu ujung test section dekat dengan contraction cone. Posisikan agar baling-baling dapat berputar bebas tanpa gangguan ataupun bergeser dengan dinding test section.

Untuk memilih tingkat kecepatan udara digunakan switch selector tipe rotary. Jika ingin berpindah dari kecepatan 10 m/s ke 13 m/s ataupun sebaliknya cukup dengan memutar knop switch selector. Dengan begitu kecepatan udara didalam wind tunnel akan berubah seiring dengan berubahnya kecepatan motor fan. Untuk posisi OFF motor fan juga sudah include di switch selector yakni dengan memutar knop switch selector ke ujung paling kiri.

## SIMPULAN DAN SARAN

### Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan, dapat ditarik kesimpulan bahwa terdapat pengaman dan penstabil tegangan pada mainboard arduino yang dinamakan dengan voltage regulator. Ini akan membuat tegangan yang masuk ke arduino akan stabil sebesar 5 Volt. Tegangan input bisa diberikan dengan power suplai antara 7-12 Volt. Jika tegangan diberikan lebih dari 12 Volt maka voltage regulator akan terlalu panas dan kemungkinan terburuk voltage regulatornya hangus sehingga arus yang masuk ke arduino akan terputus.

Terdapat sumber tegangan 3,3 Volt dan 5 Volt yang di jadikan pin pada *mainboard* arduino. Sumber tegangan 5 Volt dengan pemakaian arus hanya sampai 210 mA, jika kebutuhan arus lebih dari 210 mA maka komponen yang disuplai tidak akan bekerja dengan optimal.

Dengan menambahkan sumber daya untuk menyuplai komponen aktuator dengan tegangan 5 Volt menggunakan *stepdown*, maka arus yang awalnya hanya tersedia 210 mA dari *mainboard* arduino bisa dinaikkan kapasitasnya sesuai dengan spesifikasi *stepdown* yang digunakan. Tidak lupa dengan menyambungkan terminal positif *output stepdown* dengan pin Vin pada *mainboard* arduino agar sinyal dari arduino terhubung ke setiap komponen yang disuplai. Jika tidak disambungkan maka komponen aktuator tidak akan bekerja saat diaktifkan meskipun sudah diberikan sumber tegangan 5 Volt.

### Saran

Setelah penelitian dilakukan diharapkan saat pemasangan dan dalam merangkai setiap komponen harap berhati hati. Sebaiknya cari tahu terlebih dahulu spesifikasi setiap komponen elektronika yang akan di Perhatikan setiap terminal kabel yang akan dipasang, apakah kebel tersebut merupakan terminal positif atau kabel ground. Walaupun tegangan kerja untuk setiap komponen rendah akan tetapi jika pemasangan terminal kabel terbalik maka komponen tersebut rentan mengalami kerusakan karena arus yang digunakan ialah arus DC atau arus searah. Ukur setiap tegangan input yang akan digunakan untuk menyuplai komponen karena tidak semua komponen elektronika mempunyai tegangan kerja yang sama. Sesuaikan sumber tegangan input dengan spesifikasi setiap komponen yang akan disuplai agar tidak terjadi kerusakan.

## DAFTAR RUJUKAN

- [1] M. Y. Setiawan, M. Martias and E. & Alwi, "Numerical Study Of Diffuser Effect On Bluff Body: Aerodynamic Characteristics," VANOS Journal of Mechanical Engineering Education, p. 127, 2017.
- [2] M. Y. Setiawan, W. Purwanto and W. Afnison, "Analisa Numerik Aliran Fluida pada Dinding Silinder Sirkular dengan Pemodelan K- $\epsilon$  untuk Bilangan Reynolds yang Tinggi," MOTIVECTION : Journal of Mechanical, Electrical and Industrial Engineering , pp. 43-50, 2019.
- [3] P. D. Rey, A. Aziz, D. Hermawan and M. F. Nurkhozin, "Desain dan Rancang Bangun Alat Uji "Open Circuit Wind Tunnel Tipe Subsonic", " Kocenin Serial Konferensi, 2020.
- [4] A. S. Silitonga and H. Ibrahim, Buku ajar energi baru dan terbarukan., Deepublish, 2020.
- [5] M. C. D., "Alat Pengukur Pemakaian Energi Listrik Menggunakan Sensor Optocoupler Dan Mikrokontroler AT89S52," Techno-Socio Ekonomika, vol. 12, no. 1, pp. 5-13, 2020.
- [6] J. R. Oroh, Kendekallo and S. & O. Wuwung, "Rancang Bangun Sistem Keamanan Motor," e-Journal Teknik Elektro dan Komputer, 2014.

- [7] Suwarti, Wahyono and B. Prasetyo, "Analisis Pengaruh Intensitas Matahari, Suhu Permukaan & Sudut Pengarah Terhadap Kinerja Panel Surya," *Jurnal Teknik Energi*, pp. 78-85, 2018.
- [8] Z. & M. Erianto, "Sistem Keamanan Pintu Ruang Berbasis Mikrokontroler Atmega328," *SATIN - Sains dan Teknologi Informasi*, Vol. 4, No. 2, 2018.
- [9] P. Handoko, "Sistem Kendali Perangkat Elektronika Monolitik," *Prosiding Semnastek*, p. 4, 2017.
- [10] J. W. Leksono and dkk, "Modul Belajar Arduino Uno," *LPPM*, 2019.
- [11] K. E. Z. and A. E. K. & M. D. J., "Rancang Bangun Penyiram Tanaman Berbasis Arduino Uno Menggunakan Sensor Kelembaban YL-39 Dan YL-69.," *Jurnal Teknik Elektro dan Komputer*, pp. 267-276, 2018.
- [12] D. Rimanto, *Perancangan Sistem Keamanan Kendaraan Sepeda Motor Menggunakan Mikrokontroler Arduino Bebrbasis Android*, Yogyakarta: Doctoral dissertation, University of Technology Yogyakarta, 2019.
- [13] A. Amarudin and R. S. D. & Rubiyah, "Rancang Bangun Alat Pemberi Pakan Ikan Menggunakan Mikrokontroler," *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Kendali Dan Listrik*, pp. 7-13, 2020.
- [14] S. M. Ahmad Hilal, *Pemanfaatan Motor Servo Sebagai Penggerak CCTV untuk Melihat Alat-Alat Monitor Dan Kondisi Pasien Di Ruang ICU*, Gema Teknologi, 2012.
- [15] B. A. Mustika, "Prototype Marine Growth Prevention System (MGPS) Plan Menggunakan Power Supply," *Doctoral Dissertation*, Politeknik Ilmu Pelayaran Semarang, 2022.
- [16] M. Rumetna and & L. T. Santoso, "Rancang bangun aplikasi koperasi simpan pinjam menggunakan metode research and development. Simetris," *Jurnal Teknik Mesin, Elektro Dan Ilmu Komputer*, pp. 119-128, 2020.

Halaman ini sengaja dikosongkan