

Rancang Bangun Alat Ukur Kecepatan Angin untuk Pengendali Posisi Kincir pada PLTB Skala Mikro

Nurjannah^{1,a)}, Zulhendra^{2,b)}, Mochammad Yan Pandu Akbar^{3,c)} dan Hendro^{1,d)}

¹Laboratorium Fisika Elektronika,
Kelompok Keilmuan Fisika Teoretik Energi Tinggi dan Instrumentasi,
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Teknologi Bandung,
Jl. Ganesha no. 10 Bandung, Indonesia, 40132

²Laboratorium Fisika Bumi,
Kelompok Keilmuan Fisika Bumi dan Sistem Kompleks,
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Teknologi Bandung,
Jl. Ganesha no. 10 Bandung, Indonesia, 40132

³Laboratorium Fisika Magnetik,
Kelompok Keilmuan Fisika Magnetik dan Fotonik,
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Teknologi Bandung,
Jl. Ganesha no. 10 Bandung, Indonesia, 40132

a) nur.jannah.a2f@gmail.com

b) zulhendraphetir@gmail.com

c) yp.akbar027@gmail.com

d) hd.hendro@gmail.com

Abstrak

Telah dibuat rancang bangun alat untuk mengukur kelajuan dan arah angin untuk mengendalikan posisi kincir pada pembangkit listrik tenaga bayu (PLTB) skala mikro. Pengukuran kelajuan memanfaatkan anemometer berbasis sensor optik MOC70T3 dan pengukuran arah angin memanfaatkan sensor efek Hall. Sedangkan, kincir angin direpresentasikan dengan motor stepper. Data hasil pengukuran dapat diamati secara langsung pada serial monitor arduino uno. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sensor kelajuan dapat mengukur kelajuan angin dengan baik dan motor stepper dapat bergerak ke delapan arah mata angin mengikuti gerakan sensor arah. Rancang bangun ini dapat dikembangkan lebih lanjut untuk PLTB skala mikro, sehingga dapat menunjang kebutuhan energi listrik utama.

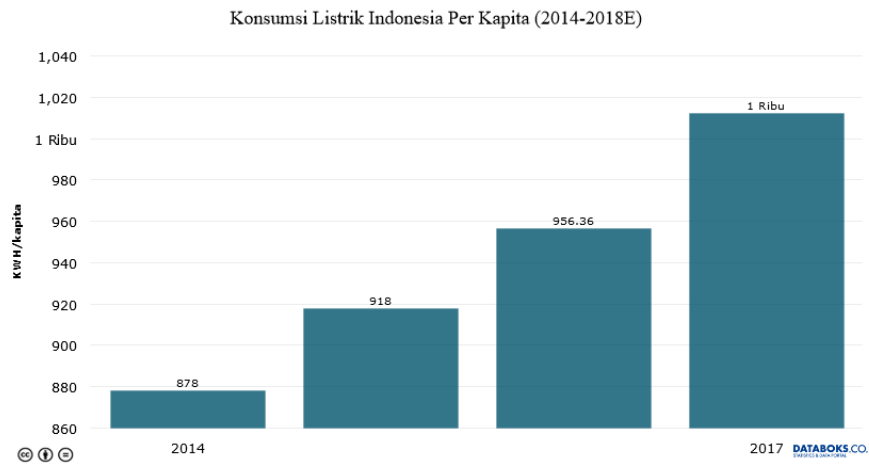
Kata-kata kunci: arah angin, arduino uno, laju angin, motor stepper, posisi kincir.

PENDAHULUAN

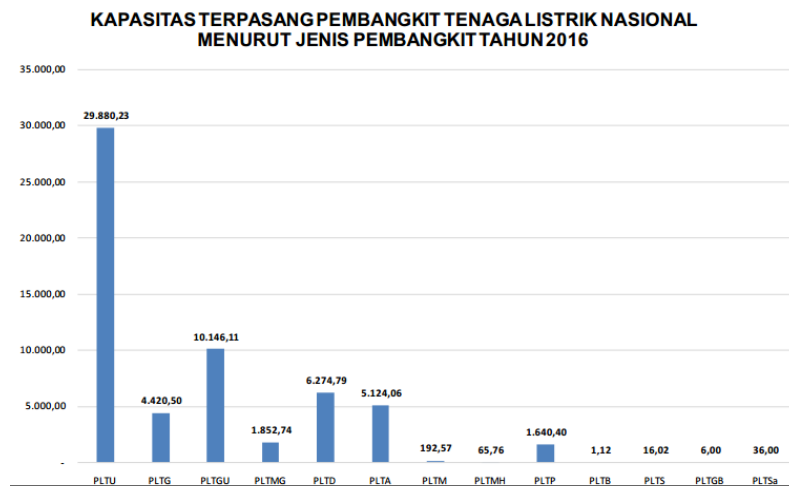
Menurut survei Badan Pusat Statistik, jumlah penduduk Indonesia pada tahun 2017 sebesar 261,89 juta jiwa yang tersebar dari Sabang, Aceh sampai Merauke, Papua [1]. Dengan jumlah penduduk sebesar itu, energi listrik merupakan kebutuhan utama yang harus dipenuhi. Beragam metode konversi telah dilakukan untuk memperoleh energi listrik, seperti melalui konversi konvensional minyak bumi, panas bumi, arus air, dan pasang surut air laut, atau pun konversi alternatif seperti sel surya, termoelektrik, *fuel cell*, dan *biomass*. Umumnya, dibandingkan dengan sumber energi alternatif, pembangkitan konvensional menghasilkan efek samping berupa gas buang yang dapat memicu pencemaran lingkungan. Namun, pembangkitan metode

konvensional justru menghasilkan daya yang lebih besar. Sehingga, metode konvensional tersebut seringkali digunakan sebagai sumber energi utama.

Berdasarkan data Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM), terdapat peningkatan konsumsi listrik perkapita, yaitu dari 878 KWH/kapita pada 2014, menjadi 1.020 KWH/kapita pada 2018. Dan diprediksi, angka tersebut akan kembali meningkat di tahun berikutnya. Peningkatan konsumsi listrik tersebut mendorong pemerintah untuk menambahkan produksi daya dari 60 GW menjadi 65 GW. Sehingga, diharapkan akhir tahun ini, rasio elektrifikasi mencapai 95,15 %. Saat ini, rasio elektrifikasi di semua provinsi sudah di atas 70%, kecuali di Nusa Tenggara Timur dan Papua yang baru 60,74% [2].



Gambar 1. Peningkatan konsumsi listrik Indonesia perkapita dari tahun 2014 sampai 2018[2].



Gambar 2. Perbandingan kapasitas terpasang pembangkit tenaga listrik nasional berdasarkan jenis pembangkit tahun 2016[3].

Menurut data Direktorat Jenderal Ketenagalistrikan, Kementerian ESDM tahun 2016, empat besar kapasitas terpasang pembangkit tenaga listrik nasional berdasarkan jenis pembangkit berturut-turut adalah pembangkit listrik tenaga uap (PLTU), pembangkit listrik tenaga gas dan uap (PLTGU), pembangkit listrik tenaga diesel (PLTD), dan pembangkit listrik tenaga air (PLTA), dengan kapasitas terkecil adalah pembangkit listrik tenaga bayu (PLTB) sebesar 1,12 MW, padahal potensi tenaga bayu di Indonesia mencapai 9,3 GW atau baru 0,012% yang telah dimanfaatkan [3]. Untuk meningkatkan potensi tenaga bayu, pemerintah dalam programnya mengembangkan PLTB Sidrap di Sulawesi Tengah dengan kapasitas 70 MW [4].

Pada penelitian ini dibuat sebuah rancang bangun sistem pengukur laju dan pengontrolan posisi kincir angin menggunakan anemometer berbasis sensor cahaya dan sensor efek Hall. Kincir angin disederhanakan menggunakan *motor stepper* dan perputaran *motor stepper* berdasarkan masukan dari sensor arah. Proses gerakan kincir-generator dan efisiensi konversi daya tidak ditinjau.

DASAR TEORI

Pembangkit Listrik Tenaga Bayu

Komponen utama PLTB adalah menara kincir angin yang terhubung dengan kumparan. Di dalam generator tersebut, terdapat kumparan dan magnet permanen. Baling-baling kincir yang berputar akibat angin akan memutar generator dan secara simultan akan menggerakkan generator, sehingga menghasilkan arus listrik induksi. Sistem pembangkit ini memiliki beberapa keuntungan antara lain: ramah lingkungan karena tidak menghasilkan gas emisi dan menghasilkan efisiensi yang lebih tinggi dibandingkan dengan metode pembangkitan lainnya.

Daya teoretis yang dikonversikan dari putaran kincir angin dirumuskan berdasarkan hubungan:

$$P \approx \rho v^3 A, \quad (1)$$

dengan ρ , v , dan A secara berurutan-turut adalah rapat jenis udara, kecepatan udara, dan luas penampang efektif baling-baling kincir. Persamaan tersebut mengindikasikan bahwa luas penampang efektif baling-baling terbesar akan memberikan daya teoretis terbesar. Artinya, posisi hadap kincir terhadap arah datang angin menjadi suatu parameter penting guna mendapatkan daya yang optimum.

Anemometer

Anemometer berasal dari kata Yunani yaitu *anemos* yang artinya angin. Oleh sebab itu sebuah alat ukur kecepatan angin disebut dengan Anemometer [5]. Terdapat beberapa jenis anemometer, di antaranya adalah anemometer baling-baling dengan tiga mangkok. Ketika angin yang berada di sekitar baling-baling tersebut mendorong ketiga mangkok untuk berputar maka ini menginterpretasikan bahwa terdapat perubahan kelajuan angin di sekitar anemometer. Besarnya kelajuan angin sebanding dengan kecepatan sudut putar baling-baling pada anemometer. Berikut ini gambar anemometer yang digunakan pada penelitian ini.



Gambar 3. Sensor Anemometer

Anemometer di Gambar. 3 di atas berbasis sensor optik M0C70T3. Prinsip kerja anemometer berbasis sensor optik tersebut adalah dengan cara mencacah banyaknya lubang pada piringan selama baling-baling berputar. Dari putaran tersebut diperoleh perubahan kelajuan angular yang kemudian di konversikan ke kelajuan angin yang diukur.

Sensor Arah Angin

Sensor arah angin merupakan sensor yang mendeteksi perubahan angin di sekitarnya. Berikut gambar sensor arah angin yang digunakan pada penelitian ini.



Gambar 4. Sensor Arah Angin

Sensor arah angin pada Gambar 4. di atas berbasis sensor efek Hall. Pada sensor arah angin tersebut terdapat 8 buah sensor efek Hall dan pada baling-baling atas terdapat 1 magnet. Ketika magnet berada pada salah satu posisi sensor efek Hall, maka sensor efek Hall di posisi tersebut akan mendeteksi perubahan fluks magnet sehingga terdapat perubahan tegangan keluaran sensor tersebut. Hal ini mengidentifikasi bahwa arah angin pada saat itu berada pada posisi sensor efek Hall.

Motor Stepper

Motor stepper merupakan perangkat elektromekanik yang dapat mengubah pulsa elektronik menjadi gerakan mekanik diskrit [6]. *Motor stepper* bergerak berdasarkan urutan pulsa yang diberikan oleh *driver motor*. Perubahan pulsa yang diterima oleh motor berhubungan dengan sudut diskrit rotasi motor. Setiap *motor stepper* memiliki besar derajat sudut per step yang berbeda-beda. *Motor stepper* dapat beroperasi pada tegangan AC 12 V dan memiliki 4 pin *input*. 4 *input* tersebut terhubung pada *driver motor* yang berfungsi sebagai pengendali motor. *Motor stepper* yang digunakan adalah *motor stepper* model 14HY3402 yang besar derajat sudut per stepnya adalah 1.8 derajat/step.

Arduino uno

Arduino uno merupakan mikrokontroler berbasis ATmega 328. Arduino uno memiliki 14 pin I/O digital (6 pin *input* tersebut digunakan sebagai *output* PWM dan 6 pin *input* analog), sebuah osilasi kristal 16 MHz, sebuah koneksi USB, sebuah *power jack*, sebuah ICSP header dan sebuah tombol *reset*. Arduino uno beroperasi pada tegangan 7-12 V. Tegangan operasi Arduino Uno adalah 5 V DC [7]. Berikut gambar Arduino uno.

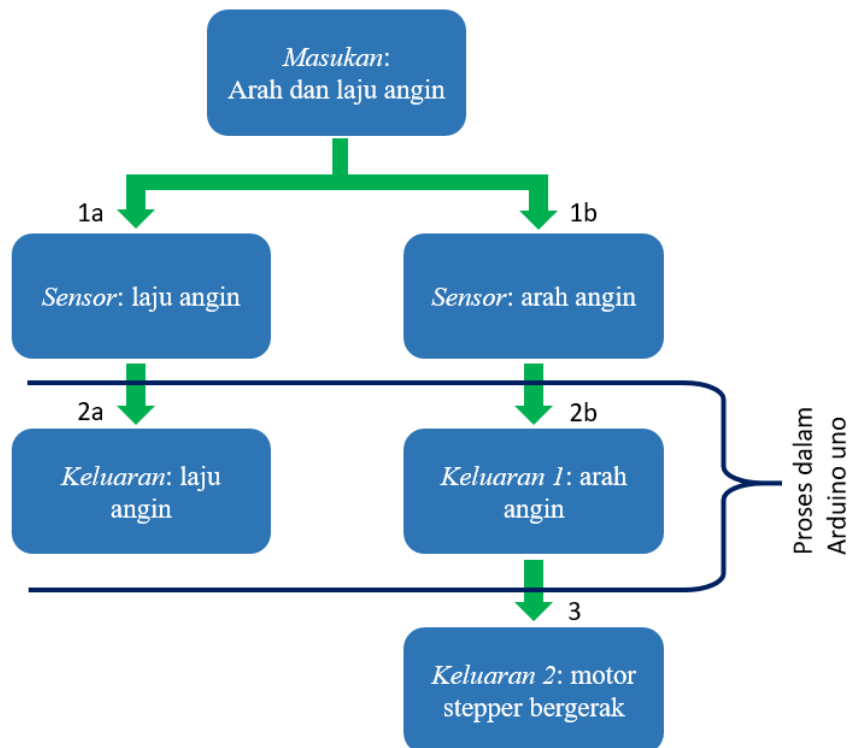


Gambar 5. Arduino Uno R3

METODOLOGI PENELITIAN

Diagram Alir

Pada penelitian ini telah dibuat sebuah rancang bangun PLTB skala mikro yang dilengkapi dengan sensor laju dan arah angin. Kincir angin pada rancang bangun ini direpresentasikan oleh *motor stepper* yang dapat bergerak 360° ke semua arah. Alur kerja rancang bangun tersebut dirangkum pada diagram alir berikut:

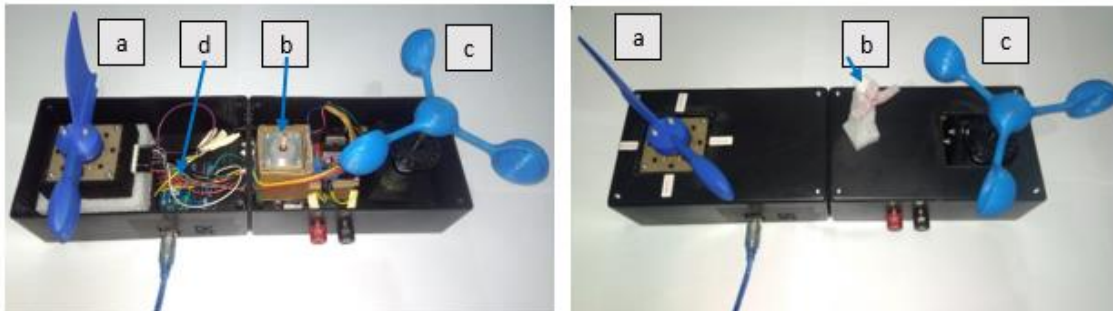


Gambar 6. Diagram Alir Alat

Hembusan angin akan menggerakkan baling-baling pada sensor laju dan sensor arah. Parameter masukan tersebut kemudian akan diteruskan ke arduino uno. Anemometer akan menunjukkan besar laju angin dan akan ditampilkan nilainya melalui serial monitor arduino. Sensor arah angin akan memberikan informasi arah dan mengolahnya di dalam arduino, sehingga akan menggerakkan motor stepper.

Rancang Bangun

Rangkaian elektronik dan rancang bangun sistem ini ditunjukkan pada Gambar 7. Gambar kiri merupakan tampilan dalam sistem rancang bangun dan gambar kanan merupakan tampilan ketika sistem telah diberikan tutup. Komponen a, b, c, dan d berturut-turut merupakan anemometer dengan sensor arah, sensor *motor stepper*, dan arduino uno.



Gambar 7. Rancang bangun alat

HASIL DAN DISKUSI

Pengukuran kelajuan angin dan pengujian kontrol motor berdasarkan arah angin dilakukan untuk melihat apakah alat bekerja dengan baik. Pada pengukuran kelajuan angin digunakan kipas sebagai sumber angin. Hasil pengukurannya dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Pengukuran Kelajuan Angin

No	Kelajuan Angin (m/s)
1	0
2	1,8
3	2,4
4	3,6
5	4,2

Dari Tabel 1 terlihat kelajuan 0 m/s. Kelajuan tersebut terbaca di serial monitor Arduino saat baling-baling sensor dalam keadaan diam. Kelajuan berikutnya terbaca saat kipas dihidupkan dengan berbagai variasi kelajuan kipas. Pengukuran kelajuan dilakukan dengan set waktu *delay* dan periode 600 ms.

Pengujian selanjutnya dilakukan pada kontrol motor berdasarkan arah angin yang memperlihatkan keselarasan posisi antara sensor dan motor. Hasil pengujian dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Kontrol motor berdasarkan arah angin

No	Arah Sensor Angin	Arah Motor
1	Utara	Utara
2	Timur Laut	Timur Laut
3	Timur	Timur
4	Tenggara	Tenggara
5	Selatan	Selatan
6	Barat	Barat
7	Barat Daya	Barat Daya

Dari Tabel 2 terlihat bahwa motor dapat mengikuti arah sensor arah. Sensor arah dapat mengukur pada delapan arah mata angin, namun karena keterbatasan *port* yang digunakan pada Arduino maka pada alat ini hanya memperlihatkan tujuh arah mata angin.

KESIMPULAN

Berdasarkan pengukuran dan pengujian keselarasan posisi sensor arah dan motor dapat disimpulkan:

- a. Sensor kecepatan angin dapat mengukur besarnya kecepatan angin mulai dari 0 m/s.
- b. Sensor mata angin dapat membaca 7 arah mata angin dengan baik.
- c. *Motor stepper* (kincir) dapat berotasi mengikuti sensor arah angin.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada berbagai pihak yang telah membantu dalam penulisan makalah ini.

REFERENSI

1. Badan Pusat Statistik, *STATISTIK INDONESIA 2018 Statistical Yearbook of Indonesia 2018*. Badan Pusat Statistik. Indonesia. (2018)
2. Kementerian ESDM, Inilah Konsumsi Listrik Nasional. <https://databoks.katadata.co.id/datapublish/2018/01/11/inilah-konsumsi-listrik-nasional>. (2018)
3. Kementerian ESDM, Statistik Ketenagalistrikan 2015. <http://www.djk.esdm.go.id/pdf/Buku%20Statistik%20Ketenagalistrikan/Statistik%20Ketenagalistrikan%20T.A.%202016.pdf>. (2016)
4. M.H. Rahmat, Potensi Pengembangan PLTB di Indonesia. 3 Desember 2018. 3 Desember 2018(2017)
5. D. Husumardiana, *Analisa Paket Loss Sistem Telemetry pada Perangkat Pengukur Kecepatan Angin Berbasis Xbee Pro Menggunakan Kalmen Filter*. (Skripsi). Pendidikan Sarjana, Universitas Jember. (2015).
6. Pradana D.K. *Rancang Bangun CNS Milling Machinehome Made untuk membuat PCB*, Jurnal Teknk Elektro, Fakultas Teknik Udayana. (2011)
7. T. Hardianto,., dkk, Design of Real Time Anemometer Basen On Wind Speed and derection.EECS. (2015)