

**RANCANG BANGUN KONTROL LOGIKA FUZZY
PADA SUDUT ANGGUK TURBIN ANGIN
UNTUK OPTIMISASI DAYA LISTRIK
DI LADANG ANGIN JAWA TIMUR - INDONESIA**

Nama : Ali Musyafa'
NRP : 2208 301 009
Pembimbing : Prof.Dr.Ir. Imam Robandi, MT.
Co-Pembimbing : Dr.I. Made Yulistya Negara,ST, M Sc.

ABSTRAK

Indonesia memiliki wilayah yang luas dan terdapat banyak pemukiman di kawasan-kawasan terpencil. Pemenuhan kebutuhan energi listrik pada kawasan tersebut belum memungkinkan melalui jaringan listrik nasional. Pemenuhan kebutuhan energi melalui potensi energi lokal dan sumber daya lokal serta pemanfaatan energi baru terbarukan adalah jawaban yang paling tepat. Salah satu sumber energi terbarukan yaitu energi angin perlu dimanfaatkan secara optimum untuk pemenuhan kebutuhan energi listrik di kawasan terpencil. Pada penelitian ini telah dilakukan kajian potensi angin di wilayah Jawa Timur, pengembangan prototipe turbin angin, dan penggunaan sistem kontrol cerdas berbasis fuzzy logic yang sesuai dengan karakteristik angin di Jawa Timur. Angin yang berada di ladang angin secara umum memiliki kecepatan fluktuasi, sehingga kajian ladang angin penting untuk dilakukan. Kajian ladang angin meliputi akusisi data yang dilakukan dengan pengukuran secara langsung maupun tidak langsung dengan cara mencuplik data cuaca dari stasiun cuaca. Selanjutnya data tersebut diolah dan dianalisis untuk mengetahui kecepatan angin rata-rata dan arah angin. Data tersebut berupa kecepatan angin rata-rata dalam kurun waktu singkat, kurun waktu menengah maupun kurun waktu panjang. Pada bagian lain data kecepatan angin juga diolah melalui teknik peramalan yang diikuti perhitungan terhadap nilai ketidakpastian pengukuran untuk mengetahui kualitas data yang dihasilkan. Informasi ladang angin tersebut merupakan data yang sangat penting untuk mengukur tingkat keberhasilan dalam instalasi turbin angin.

Pada penelitian dikembangkan dua unit prototipe turbin angin. Perbedaan spesifik dari keduanya terletak pada komponen *blade*-nya. Blade yang dibangun mengacu pada standar NACA dan standar NREL yang selanjutnya disebut turbin angin plant-1 dan turbin angin plant-2. Oleh karena produksi daya listrik turbin angin secara dominan didominasi oleh kinerja blade turbin angin, maka fokus dalam penelitian ini adalah melakukan pengendalian sudut *pitch* blade turbin angin. Pengendalian sudut *pitch* blade turbin angin dilakukan untuk menjaga kecepatan sudut yang stabil dan mampu mengekstraksi energi angin yang melintas secara optimum. Pengendalian sudut *pitch* blade turbin angin dirancang berbasis logika fuzzy untuk mengoptimisasi energi angin yang berada di ladang angin yang memiliki kecepatan rendah dengan variasi kecepatan 3-6 m/s mampu diekstrak secara penuh. Penerapan kontrol logika fuzzy pada sudut *pitch* blade diharapkan mampu memaksimalkan keluaran daya rata-rata turbin angin dibanding dengan turbin angin yang memiliki sudut *pitch* blade tetap.

Pengujian prototipe turbin angin pada turbin angin plant-1 dan plant-2, meliputi pengujian variasi kecepatan angin terhadap variasi posisi sudut blade terhadap produksi RPM turbin angin. Pengujian strategi kontrol logika fuzzy terhadap variasi kecepatan angin maupun perubahan beban dengan kecepatan angin osilasi naik dan turun. Pengujian turbin ketika dikopel dengan generator. Pengujian elektronika daya, pengujian produksi daya listrik terhadap perubahan sistem turbin angin. Diketahui bahwa turbin angin mampu bekerja secara optimum pada daerah kerja kecepatan angin dengan *cut-in* 2,8 m/s dan *cut-off* 10 m/s . Koefisien daya maksimum (daya angin yang mampu diekstrak turbin angin) yang dihasilkan oleh turbin angin plant-1 0,22 dan turbin angin plant-2 0,545.

Adapun daya maksimum yang mampu diproduksi oleh turbin angin plant-1 dengan diameter 1 meter sebesar 13,2 Watt ketika kecepatan angin 5 m/s dan daya maksimum yang mampu diproduksi oleh turbin angin tipe plant-2 dengan diameter 2 meter sebesar 416 Watt pada kecepatan angin 7,5 m/s. Prototipe yang telah dikembangkan dalam penelitian ini sangat potensial dapat diterapkan di berbagai kawasan daerah pantai, daratan maupun pgunungan di Indonesia. Dengan nilai $C_p=0,545$ pada turbin angin plant-2 dengan sistem kendali logika fuzzy, maka prototipe turbin angin ini mampu menghasilkan efisiensi daya yang tinggi. Sehingga turbin angin ini dapat memberikan harapan besar untuk pemenuhan kebutuhan energi listrik yang berasal dari energi bayu.

Kata kunci : Kecepatan angin , Sudut angguk, Turbin angin, Kontrol logika fuzzy, Koefisien daya.

**DESIGN AND DEVELOPMENT OF FUZZY LOGIC CONTROLLER
ON THE PITCH ANGLE OF THE WIND TURBINE
FOR ELECTRICAL POWER OPTIMIZATION
IN THE EAST JAVA WIND FARM - INDONESIA**

Name : Ali Musyafa'
Id. : 2208 301 009
Supervisor : Prof.Dr.Ir. Imam Robandi, MT.
Co-Supervisor : Dr.I. Made Yulistya Negara, ST. M Sc.

ABSTRACT

Indonesia has a vast territory and there are many settlements in remote areas. Electricity on the remote areas can not be fulfilled by through the national grid system. Ones of possible solutions is utilized by local energy source and renewable energy. A wind energy as renewable energy can be optimally used for the electricity energy consumption in the remote areas. In this research, it has been carried out of a wind potential energy assessment in East Java, the development of wind turbine prototype, and the use of intelligent control systems based on fuzzy logic in respect to the characteristics of the wind in East Java. In general, the wind velocity fluctuates whole day and night; therefore a study of the wind farms characteristics is important. The study of wind farm characteristics includes data acquisition from direct measurement and sampling data from the weather stations. The obtained data are processed and analyzed to determine its average velocity and its also direction. The data include the average wind speed in a short, a medium, and a long period of time. The data also are processed using a forecasting technique the uncertainty value of measurement. These data are important to determine a successful of the wind turbine installation.

Further successfully instalation of wind turbine strong depend on these data are also development two units prototype of wind turbines. The two prototypes of the wind turbine namely plant-land plant-2 comply NACA and NREL standard, respectively. The wind turbine electrical power generation is predominantly dominated by the performance of wind turbine blade, therefore this researches concerned on the wind turbine blade pitch angle control. Pitch angle blade wind turbine is controller to maintain and stable angular velocity and then the extracting of energy optimum. The wind turbine blade pitch-angle control is designed based on a fuzzy logic controller. A wind velocity variation of 3-6 m / s can be extracted to achieve a maximum output power. The use of fuzzy logic control in blade pitch angle has a better performance compared to the wind turbine at a fixed blade pitch angle. Testing on the wind turbine prototype of type I and type II includes the testing of wind speed variation and the blade angle position variation to the production of rotation per minute (rpm) of the wind turbine. The fuzzy logic controller was used to control the pitch angle position with the variation of wind speeds and the load changes to the wind turbine. Coupling between the wind turbine and generator was also tested. It is obtained that the wind turbines are able to work at its optimum wind speed on the wind speed area with a cut-in of 2.8 m/s and a cut-off of 10 m/s with the coefficient of maximum power generated of 0.22 and 0.545 for plant-1 and plant-2, respectively.

The maximum power that can be generated by the wind turbines of 1 meter in diameter of plant-1 was 13.2 Watts at wind speed of 5 m/s and by the wind turbine that of 2 meter plant-2 was 426 Watts at the wind speed of 7.5 m / s. The prototype developed in this study can be applied potentially in different regions in the coastal areas, inland and mountains in Indonesia. With the value of C_p of 0.545 of wind turbine plant-2 and utilizing the fuzzy logic control system, the prototype wind turbine has a capability of a producing power efficiency. Therefore, the wind turbine can be used to fulfill the need of electrical energy derived from the wind energy.

Key words: wind speed, pitch angle, wind turbines, fuzzy logic control, power coefficient.

