

INTISARI

Hasil studi awal energi angin khususnya di daerah pantai Selatan Purworejo selama satu tahun (Oktober 2004 – September 2005) mempunyai potensi kecepatan angin pada ketinggian 100 m dengan nilai parameter bentuk Weibull sebesar 1,74 dan parameter skala Weibull 6,93 m/s. Lokasi penelitian dekat dengan kegiatan industri perikanan dan tempat pelelangan ikan serta dekat dengan jaringan transmisi listrik. Studi untuk pengembangan potensi energi angin menjadi sebuah ladang angin di daerah pantai Selatan Purworejo sangat strategis bagi provinsi Jawa Tengah.

Tujuan menggunakan ladang angin di Purworejo sebagai tempat studi penelitian mempunyai tujuan sebagai berikut (i) menggunakan studi optimasi desain untuk memperoleh desain konfigurasi ladang angin guna memperoleh hasil pemanfaatan energi yang optimal secara teknis dan ekonomis, (ii) menganalisis pengaruh perubahan posisi turbin *non-staggered* dan *staggered* terhadap *wake effect* dan produksi daya, (iii) visualisasi aliran *wake* dan analisis efeknya terhadap pengurangan daya, (iv) dimungkinkannya studi optimasi desain sebagai alternatif cara untuk pengembangan ladang angin di Indonesia.

Metode yang digunakan di dalam penelitian menggunakan dua metode yaitu studi pemodelan matematika ladang angin dan studi eksperimen. Studi pustaka menggunakan studi pemodelan matematika ladang angin terdiri atas dua bahasan pokok yaitu (i) studi optimasi berdasarkan desain konfigurasi ladang angin, dan (ii) studi ekonomi ladang angin. Studi eksperimen yang dilakukan dengan studi eksperimen model ladang angin dan disertai juga dengan simulasi CFD.

Analisis dan pembahasan hasil yang paling optimal adalah desain konfigurasi ladang angin dengan ukuran luas $L_{row} = 4000$ m dan $L_{col} = 1000$ m dengan pembagian jarak $k_x D = 1,7D$ dan $k_y D = 8,85D$, total jumlah turbin angin 42 yang berdiameter 113 m. Energi total sebesar 198.202,62 MWh pertahun dengan rasio biaya per satuan energinya sebesar $0,000145$ (MWh)⁻¹ dan persentase pengurangan energi sebesar 11%. Hasil studi ekonomi berdasarkan skenario yang menggunakan harga terendah biaya investasi modal sebesar 1700 USD/kW dengan harga jual ke PLN sebesar tertinggi 0,11 USD/kWh lebih menguntungkan untuk diimplementasikan. Studi secara eksperimen pada posisi turbin *non-staggered* menginvestigasi pengaruh *wake effect* dan produksi daya di terowongan angin dari susunan turbin angin. Hasil-hasil dari data eksperimen, diusulkan korelasi empiris untuk pengurangan kecepatan centerline, intensitas turbulen dan radius *wake*. Hasil eksperimen menunjukkan kehilangan daya berkenaan dengan aliran *wake* dari turbin *upwind* sebesar 19% ketika jaraknya *downwind* sebesar 8,85 diameter rotor. Hal ini berbeda dengan hasil secara numerik sebesar 11% pada jarak *downwind* sebesar 8,85 diameter rotor. Hasil posisi turbin *staggered* menjadi salah satu solusi ladang angin untuk memanfaatkan area yang terbatas. Hasil studi eksperimen sebagai pendukung dari hasil studi berdasarkan studi pemodelan matematika ladang angin terhadap fenomena secara visual (video) aliran *wake* yang dihasilkan dengan eksperimen dan persentase pengurangan daya yang terjadi pada eksperimen dapat dibandingkan dengan studi pemodelan matematika ladang angin. Hasil dari penelitian ini dapat dijadikan sebagai alternatif cara untuk pengembangan ladang angin di Indonesia.

Kata Kunci : ladang angin, rasio biaya dan energi, terowongan angin, *wake effect*, produksi daya.

ABSTRACT

The initial result of wind energy study conducted in onshore Purworejo in one year (October 2004 ~ September 2005) shows that potential wind speed on the heights of 100 m with the Weibull shape parameter is 1.74 and the Weibull scale parameter is 6.93 m/s. The research is located near fishery industrial activity, fish auction market and transmission network electric. Study for the development of potential wind energy into wind farm in coastal area of South Purworejo is strategic for Central Java Province, Indonesia.

The purpose of using wind farms in Purworejo as a research study has the following objectives: (i) using a study design optimization to obtain configuration design wind farms in order to obtain the results of the utilization of optimal energy technically and economically, (ii) analyze the effect of changing the position of the turbine non-staggered and staggered to wake effect and power production, (iii) wake flow visualization and analysis of its effect on power reduction, (iv) allowing for design optimization studies as an alternative way for the development of wind farms in Indonesia.

This research applies two methods: mathematical modeling study of wind farm and experimental study. This study uses a mathematical modeling study of wind farm which consists of two principal topics: (i) optimization study based on the design of the wind farm configuration, and (ii) economic study to wind farms. Experimental study which was conducted a model experimental study to wind farms and accompanied by CFD simulate.

Result and discussion concluded that wind farm configuration has optimal design with size $L_{row} = 4000$ m and $L_{col} = 1000$ m with separation distances $k_x D = 1,7D$ dan $k_y D = 8,85D$, 42 turbines with rotor diameter 113 m. Produced total energy about 198.202,62 MWh per year with ratio cost per energy about $0.000145 \text{ (MWh)}^{-1}$ and deficit energy 11%, it has the most optimal result. The results of the economic study based on a scenario that uses the lowest price the cost of a capital investment of 1700 USD / kW with the selling price to the highest at PLN \$ 0.11 / kWh more profitable to be implemented. Experimental studies on non-staggered position in this research aim at investigating the influence of wake effect and power production in wind tunnel of wind turbine arrays. Based on the results of the experiment, empirical relations for the centreline velocity deficit, centreline intensity turbulence and wake radius are proposed. The experiment results show that the power loss is due to the wake flow of upwind turbine about 19% if the downwind distance is about 8.85 rotor diameters. This result is different from numerical result study which shows that 11% at downwind distance is 8.85 rotor diameters. Results turbine staggered position has become one of the solutions to harness wind farms confined areas. Results of experimental studies as a supporter of the study is based on a mathematical modeling study of wind farm from phenomenon of visual (video) wake flow generated by the experiment and the percentage deficit in power that occurred in the experiment can be compared to the mathematical modeling study of wind farm. Results from this study can be used as an alternative way for the development of wind farms in Indonesia.

Keywords: wind farm, ratio cost per unit energy, wind tunnel, wake effect, power production.