

ABSTRAK

Oksigen Terlarut (Dissolved Oxygen / DO) merupakan parameter kualitas air paling kritis dalam intensifikasi budidaya udang Vaname (Litopenaeus vannamei). Sistem aerasi kincir air konvensional umumnya dioperasikan secara manual pada kecepatan penuh secara terus-menerus selama 24 jam. Hal ini menyebabkan pemborosan energi listrik yang signifikan, terutama pada siang hari ketika proses fotosintesis alami telah menyuplai oksigen secara memadai. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem kendali aerator otomatis terpusat menggunakan algoritma logika fuzzy Mamdani guna mengoptimalkan stabilitas DO sekaligus menekan tingkat konsumsi energi harian.

Purwarupa sistem dikembangkan menggunakan unit komputasi Mini PC yang terintegrasi dengan sensor DO dan aktuator Variable Frequency Drive (VFD) melalui antarmuka komunikasi serial Modbus-RTU. Logika Fuzzy bertugas mengevaluasi fluktuasi nilai DO terhadap referensi target (setpoint) sebesar 4,5 mg/L untuk menghasilkan penyesuaian kecepatan putaran motor kincir secara dinamis pada rentang 50% hingga 100%. Untuk memastikan keandalan operasional pada lingkungan tambak, arsitektur perangkat lunak dilengkapi dengan mekanisme hierarki keselamatan (fail-safe) ganda dan penerapan pola desain circuit-breaker guna menangani kegagalan jaringan internet maupun pemutusan jalur perangkat keras.

Hasil pengujian operasional selama 24 jam menunjukkan bahwa kontroler Fuzzy berhasil menjaga nilai DO terendah pada angka 4,2 mg/L, yang secara aman berada di atas standar budidaya udang (4,0 mg/L). Saat terjadi simulasi kegagalan komunikasi VFD dan penurunan DO ekstrem, mekanisme fail-safe terbukti sukses melakukan pengambilalihan kendali secara instan untuk memaksa kincir beroperasi maksimal pada frekuensi 50 Hz. Melalui perlambatan putaran kincir yang adaptif pada saat kadar DO melimpah, sistem otomasi ini terbukti mampu meningkatkan efisiensi konsumsi daya listrik motor berkapasitas 0,75 kW sebesar 36,46%, yang ekuivalen dengan penghematan energi sebesar 6,56 kWh dibandingkan dengan pengoperasian sistem konvensional dalam satu hari.

Kata Kunci: Budidaya Udang Vaname, Logika Fuzzy, Efisiensi Energi, Fail-Safe, Oksigen Terlarut, Variable Frequency Drive.