UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Analisis Opportunity Cost pada Integrasi PLTGL di Sumba, Nusa Tenggara Timur
Ahmad Farel Desadvi Akbar, Dr. Ir. Yusuf Susilo Wijoyo, S.T., M.Eng., IPU; Dr.-Ing. Ir. Yohan Fajar Sidik, S.T., M.Eng
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

INTISARI

Sistem Kelistrikan Sumba, Nusa Tenggara Timur, merupakan sistem *isolated* yang sepenuhnya bergantung pada Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD) sebagai sumber pembangkitan utama. Rencana penyambungan Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang Laut (PLTGL) ke sistem ini disertai dengan keputusan operasional terkait dukungan daya reaktif inverter PLTGL. Ketika PLTGL beroperasi tanpa menyuplai daya reaktif, kebutuhan daya reaktif yang sebelumnya dapat dipenuhi oleh PLTGL beralih ditanggung oleh generator PLTD eksisting. Peralihan tersebut bergantung pada kondisi aliran daya dan kontribusi masing-masing generator, sehingga terdapat generator PLTD tertentu yang menjadi lebih terbebani. Apabila peningkatan pembangkitan daya reaktif menyebabkan generator mendekati atau melampaui batas kemampuan daya reaktif dasarnya, keterbatasan arus medan (*field current limit*) dapat membatasi kemampuan pembangkitan daya aktif generator tersebut. Nilai ekonomi dari kesempatan pembangkitan daya aktif yang hilang tersebut merupakan *opportunity cost*.

Penelitian ini bertujuan mengidentifikasi generator PLTD yang paling signifikan menggantikan peran PLTGL dalam menyediakan daya reaktif, serta menganalisis *opportunity cost* yang ditanggung generator tersebut pada dua skenario operasi PLTGL: dengan dukungan daya reaktif (*Var support*, *power factor* 0,95) dan tanpa dukungan daya reaktif (*unity power factor*). Metode yang digunakan meliputi simulasi *Optimal Power Flow* (OPF) untuk menentukan kondisi operasi sistem, *reactive power tracing* berbasis algoritma Kirschen untuk menelusuri kontribusi daya reaktif tiap generator terhadap bus beban, serta perhitungan *opportunity cost* berbasis kurva kapabilitas generator menggunakan metode Kumar dan Kumar.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa generator yang paling signifikan menggantikan peran PLTGL adalah sembilan unit PLTD Waikabubak (1–9) pada subsistem Sumba Barat, yang teridentifikasi melalui *reactive power tracing* pada kedua skenario. Pada skenario dengan dukungan daya reaktif, hanya PLTD Waikabubak 9 yang mengalami *opportunity cost* sebesar Rp4.346.531,99 per jam. Pada skenario tanpa dukungan daya reaktif, empat generator terdampak, yaitu PLTD Waikabubak 3, 4, dan 5 (masing-masing Rp91.064,31 per jam) serta PLTD Waikabubak 9 (Rp5.536.012,58 per jam), dengan total *opportunity cost* sistem sebesar Rp5.809.205,51 per jam. Perbandingan kedua skenario menunjukkan peningkatan total *opportunity cost* sebesar 33,65% akibat hilangnya dukungan daya reaktif PLTGL, dengan dampak yang terkonsentrasi pada sembilan unit PLTD di subsistem Sumba Barat. Sebagai gambaran tambahan, pada kondisi sebelum PLTGL tersambung ke sistem, total *opportunity cost* hanya sebesar Rp3.037.419,93 per jam, sehingga kedua skenario integrasi PLTGL tersebut sama-sama meningkatkan *opportunity cost* dibandingkan kondisi tersebut, dengan peningkatan pada skenario dengan dukungan daya reaktif tetap lebih kecil dibandingkan tanpa dukungan daya reaktif.

Kata kunci : *opportunity cost*, daya reaktif, *reactive power tracing*, PLTGL, Sistem Kelistrikan Sumba

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Analisis Opportunity Cost pada Integrasi PLTGL di Sumba, Nusa Tenggara Timur
Ahmad Farel Desadvi Akbar, Dr. Ir. Yusuf Susilo Wijoyo, S.T., M.Eng., IPU; Dr.-Ing. Ir. Yohan Fajar Sidik, S.T., M.Eng
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

ABSTRACT

The Sumba Electrical System in East Nusa Tenggara, Indonesia, is an isolated system that relies entirely on diesel generators (PLTD) as its primary source of electricity generation. The planned integration of an Ocean Wave Power Plant (PLTGL) into this system is accompanied by an operational decision regarding the reactive power support capability of the PLTGL inverter. When the PLTGL operates without supplying reactive power, the reactive power demand that could previously be met by the PLTGL shifts to the existing PLTD generators. This shift depends on the power flow conditions and the contribution of each generator, resulting in certain PLTD generators bearing a greater reactive power burden. If the increase in reactive power generation causes a generator to approach or exceed its base reactive power capability limit, the field current limit may constrain the generator's active power generation capacity. The economic value of the lost active power generation opportunity constitutes the opportunity cost.

This study aims to identify the PLTD generators most significantly replacing the PLTGL's reactive power role, and to analyze the opportunity cost incurred under two PLTGL operating scenarios: with reactive power support (Var support, power factor 0.95) and without reactive power support (unity power factor). The methods employed include Optimal Power Flow (OPF) simulation to determine the system operating point, reactive power tracing based on the Kirschen algorithm to trace each generator's reactive power contribution to load buses, and opportunity cost calculation based on the generator capability curve using the Kumar and Kumar method.

The results show that the generators most significantly replacing the PLTGL's reactive power role are the nine PLTD Waikabubak units (1–9) in the West Sumba subsystem, identified through reactive power tracing in both scenarios. Under the scenario with reactive power support, only PLTD Waikabubak 9 incurs an opportunity cost of Rp4,346,531.99 per hour. Under the scenario without reactive power support, four generators are affected — PLTD Waikabubak 3, 4, and 5 (each Rp91,064.31 per hour) and PLTD Waikabubak 9 (Rp5,536,012.58 per hour) — with a total system opportunity cost of Rp5,809,205.51 per hour. The comparison between the two scenarios reveals a 33.65% increase in total opportunity cost when the PLTGL does not provide reactive power support, with the impact concentrated on the nine PLTD units in the West Sumba subsystem. As additional context, under the condition before the PLTGL is connected to the system, the total opportunity cost is only Rp3,037,419.93 per hour, so both PLTGL integration scenarios increase the opportunity cost relative to that condition, with the increase under the scenario with reactive power support remaining smaller than under the scenario without reactive power support.

Keywords : opportunity cost, reactive power, reactive power tracing, PLTGL, Sumba Electrical System