



ABSTRAK

Permintaan integrasi pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) pada jaringan distribusi tegangan rendah tercatat mengalami kenaikan karena harga panel PLTS yang semakin menurun, pemenuhan visi pengurangan pembangkit listrik berbahan bakar fosil, dll. Namun, dalam tingkat tertentu, penetrasi PLTS tersebar dapat memberikan dampak negatif pada jaringan distribusi tegangan rendah. Untuk mengantisipasi agar pertumbuhan penetrasi PLTS tidak menimbulkan dampak negatif pada sistem distribusi, penentuan kapasitas *hosting* dari sistem distribusi dalam menerima penetrasi PLTS tersebar perlu dilakukan. Dalam hal ini, *Monte Carlo* merupakan proses stokastik yang populer untuk digunakan dalam penentuan kapasitas *hosting* pada sejumlah penelitian sebelumnya. Meskipun demikian, *Monte Carlo* membutuhkan jumlah simulasi yang besar untuk mendapatkan akurasi yang diharapkan. Hal ini menjadi keterbatasan implementasi dari *Monte Carlo* karena representasi ketidakpastian dan variabilitas harus ditekankan untuk mengurangi beban komputasi yang besar. Dalam mengatasi permasalahan tersebut, penelitian disertasi ini ditujukan untuk mengembangkan metode penentuan kapasitas *hosting* secara stokastik berbasis model *Markov*, yaitu *Markov chain* dan *hidden Markov*. *Markov chain* untuk penentuan kapasitas *hosting* dikembangkan untuk peningkatan akurasi. Hasilnya menunjukkan bahwa penentuan kapasitas *hosting* dengan *Markov chain* tersebut menghasilkan akurasi yang lebih tinggi dibandingkan *Monte Carlo*. Selanjutnya penelitian disertasi ini mengembangkan penentuan kapasitas *hosting* berbasis *hidden Markov* untuk meningkatkan representasi ketidakpastian dan variabilitas. Terkait karakteristik ketidakpastian, kategori pelanggan, kategori penetrasi PLTS dan PLTS-baterai, serta kategori daya PLTS dan PLTS-baterai dipertimbangkan. Untuk karakteristik variabilitas, skema min-maks untuk permintaan beban dan daya keluaran PLTS diusulkan. Hasilnya, representasi ketidakpastian dan variabilitas dapat ditingkatkan. Kapasitas *hosting* yang didapat dengan *Markov chain* adalah 123,58 kW, sedangkan hasil kapasitas *hosting* dengan *hidden Markov* yang mengakomodasi karakteristik ketidakpastian dan variabilitas yang lebih tinggi adalah sebesar 158,974 kW. Hasil evaluasi akurasi menunjukkan bahwa penentuan kapasitas *hosting* dengan *hidden Markov* membutuhkan 50 simulasi untuk nilai *mean absolute error* (MAE) sebesar 1,33, kemudian *Markov chain* membutuhkan 93 simulasi, sedangkan *Monte Carlo* membutuhkan 216 simulasi untuk nilai MAE yang sama. Hasil penelitian disertasi ini juga membuktikan bahwa peningkatan representasi ketidakpastian dan variabilitas dengan model *Markov* yang diusulkan dapat meningkatkan akurasi. Selanjutnya, sebuah skema penerapan metode perhitungan kapasitas *hosting* juga diusulkan dalam dokumen ini sehingga kontribusi riil dari penelitian disertasi ini dapat secara langsung dirasakan.

Kata kunci—kapasitas *hosting*, model *Markov*, penetrasi PLTS dan PLTS-baterai.



ABSTRACT

The integration of photovoltaic (PV) systems into low-voltage distribution networks has experienced a significant increase in demand, driven by factors such as the declining costs of PV panels, objectives to reduce reliance on fossil fuel-based power generation, etc. However, it is crucial to note that, when the penetration of PV systems in the network exceeds a certain threshold, it can adversely impact the low-voltage distribution network. To mitigate negative impacts on the distribution system due to this increased PV penetration, it is essential to accurately determine the network's hosting capacity for such dispersed PV integrations. The Monte Carlo stochastic process, widely employed in prior research for determining hosting capacity, requires a substantial number of simulations to achieve the necessary accuracy, presenting a limitation due to the trade-off between representing uncertainty and computational burden. To address these challenges, this dissertation research proposes the development of a stochastic method for hosting capacity determination using Markov model, specifically the Markov chain and hidden Markov. The Markov chain is developed with a focus on improving accuracy in hosting capacity assessment. The results indicate that the Markov chain provides a higher level of accuracy in determining hosting capacity compared to the Monte Carlo. Additionally, the research progresses with the use of the hidden Markov for hosting capacity determination, enhancing the representation of uncertainty and variability. Regarding the characteristics of uncertainty, categories such as customer types, PV and PV-battery penetration, and the capacity categories of PV and PV-battery systems are considered. For the characteristics of variability, a min-max scheme for load demand and solar PV output power is proposed. As a result, the representation of uncertainty and variability can be enhanced. The hosting capacity obtained using the Markov chain is 123.58 kW, whereas the hosting capacity result using a hidden Markov model, which accommodates higher characteristics of uncertainty and variability, is 158.974 kW. It is found that the hidden Markov requires only 50 simulations to achieve a mean absolute error (MAE) of 1.33, compared to 93 simulations for the Markov chain and 216 simulations for the Monte Carlo to reach the same MAE value. Furthermore, this research establishes that the improved representation of uncertainty and variability in the proposed Markov model leads to increased accuracy. Finally, an implementation scheme for the hosting capacity calculation method is also proposed in this document, ensuring the practical application of the research's contributions in real-world scenarios.

Keywords—hosting capacity, Markov model, PV and PV-battery penetration.