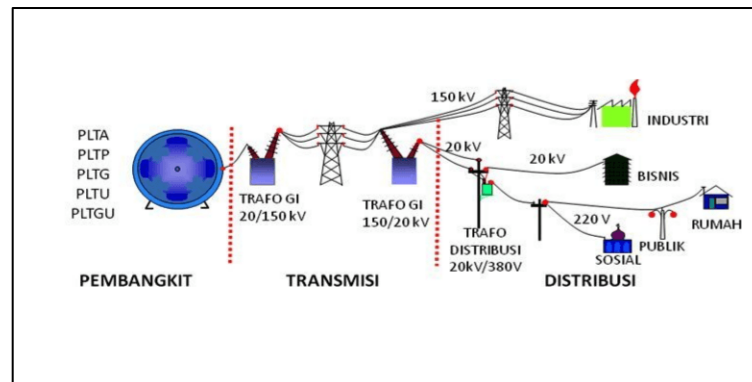


## BAB II LANDASAN TEORI

### 2.1. Sistem Distribusi Tenaga Listrik

Sistem distribusi tenaga listrik merupakan bagian dari sistem tenaga listrik yang berfungsi menyalurkan energi listrik dari gardu induk hingga ke konsumen akhir serta menjadi bagian sistem yang paling langsung dipengaruhi oleh perubahan karakteristik beban. (Khomarudin *et al.*, 2023).



Gambar 2. 1. Sistem Distribusi Listrik (Harahap and Purba, 2025)

Secara umum, sistem tenaga listrik terdiri atas tiga bagian utama, yaitu pembangkitan, transmisi, dan distribusi, seperti ditunjukkan pada Gambar 2.1. Energi listrik dihasilkan pada pembangkit, kemudian disalurkan melalui sistem transmisi bertegangan tinggi menuju gardu induk, sebelum akhirnya didistribusikan ke konsumen melalui jaringan distribusi (Kersting, 2017). Dalam penelitian ini, fokus analisis dibatasi pada sistem distribusi sebagai bagian akhir dari sistem tenaga listrik yang secara langsung berinteraksi dengan beban.

Jaringan distribusi umumnya beroperasi pada tingkat tegangan menengah dan rendah serta memiliki konfigurasi jaringan yang bersifat radial, terutama pada sistem distribusi di wilayah perkotaan dan kepulauan. Konfigurasi radial menyebabkan aliran daya hanya memiliki satu jalur utama, sehingga sistem distribusi menjadi lebih sensitif terhadap perubahan beban dan kondisi operasi jaringan (Karmaker *et al.*, 2024).

Pada jaringan distribusi, peningkatan atau fluktuasi beban dapat menyebabkan terjadinya pelanggaran batas teknis, seperti penurunan tegangan di sisi pelanggan dan kelebihan arus pada penghantar distribusi. Kondisi ini menjadi semakin relevan pada jaringan distribusi eksisting yang pada awal perancangannya tidak mempertimbangkan adanya beban baru dengan karakteristik temporal yang bervariasi (Fachrizal, 2020).

Dalam penelitian ini, evaluasi difokuskan pada parameter profil tegangan dan pembebanan jaringan sebagai indikator utama *hosting capacity* kendaraan listrik. Parameter-parameter tersebut digunakan untuk menilai kemampuan jaringan dalam mempertahankan kondisi operasi agar tetap berada dalam batas standar yang ditetapkan. Oleh karena itu, pemahaman terhadap karakteristik dan keterbatasan sistem distribusi menjadi landasan utama dalam analisis integrasi beban baru pada jaringan distribusi tenaga listrik (Khomarudin *et al.*, 2023; Karmaker *et al.*, 2024).

#### **2.1.1. Sistem Distribusi Terisolasi (*Isolated Grid*)**

Sistem distribusi terisolasi (*isolated grid*) merupakan sistem tenaga listrik yang beroperasi tanpa keterhubungan dengan sistem interkoneksi yang lebih besar.

Pada sistem ini, seluruh kebutuhan daya dipenuhi oleh pembangkit lokal dan disalurkan langsung melalui jaringan distribusi setempat, sehingga tidak terdapat dukungan daya dari sistem eksternal apabila terjadi gangguan atau peningkatan beban secara signifikan (IRENA, 2025).

Pada sistem distribusi terisolasi, integrasi beban pengisian kendaraan listrik dapat menimbulkan deviasi tegangan dan tantangan operasional yang signifikan, terutama ketika dikombinasikan dengan keterbatasan kapasitas pembangkitan dan variasi beban harian (Clairand *et al.*, 2018). Sistem distribusi terisolasi umumnya menggunakan konfigurasi radial dengan panjang penyulang relatif besar dan impedansi jaringan yang tinggi. Kondisi ini menyebabkan penurunan tegangan menjadi lebih signifikan ketika terjadi peningkatan beban, terutama pada bus yang berada jauh dari sumber pembangkit atau gardu distribusi utama. Akibatnya, sistem menjadi lebih rentan terhadap pelanggaran batas tegangan dan pembebanan peralatan. (Lamedica *et al.*, 2019).

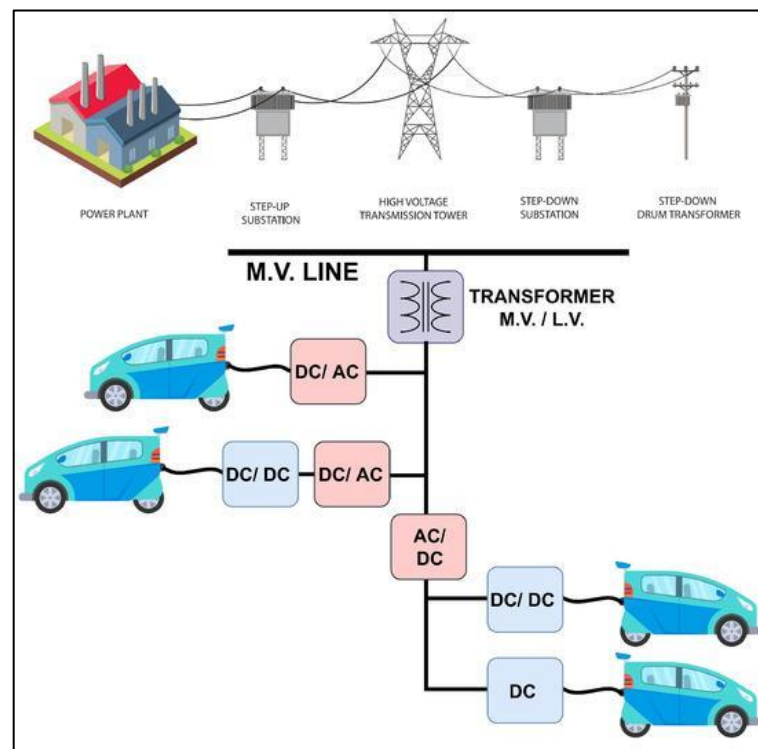
Dalam konteks integrasi kendaraan listrik, karakteristik sistem distribusi terisolasi menjadi faktor kritis yang perlu diperhatikan. Beban pengisian kendaraan listrik yang bersifat temporal dan berpotensi terjadi secara simultan dapat memberikan dampak yang lebih besar pada *isolated grid* dibandingkan sistem interkoneksi, meskipun jumlah kendaraan listrik yang terhubung relatif kecil. Batas tegangan merupakan salah satu kriteria teknis utama dalam penentuan *hosting capacity* pada sistem distribusi terisolasi, karena sistem tersebut memiliki toleransi

yang lebih rendah terhadap variasi beban dan gangguan operasional (Clairand *et al.*, 2018).

## **2.2. Kendaraan Listrik sebagai Beban pada Sistem Distribusi**

Kendaraan listrik merupakan salah satu bentuk elektrifikasi sektor transportasi yang meningkatkan kebutuhan energi listrik pada sistem tenaga listrik, khususnya jaringan distribusi (Mancini *et al.*, 2020). Berbeda dengan kendaraan konvensional yang menggunakan bahan bakar fosil, kendaraan listrik memperoleh suplai energi melalui proses pengisian daya baterai yang terhubung langsung dengan jaringan distribusi tenaga listrik (Hasan *et al.*, 2023). Dengan meningkatnya penetrasi kendaraan listrik, jaringan distribusi harus mampu mengakomodasi tambahan kebutuhan daya akibat proses pengisian EV tanpa mengganggu kualitas dan keandalan operasi sistem distribusi (Yuvaraj *et al.*, 2024).

Dalam sistem distribusi, kendaraan listrik dipandang sebagai tambahan beban listrik yang terhubung pada jaringan tegangan rendah melalui transformator distribusi. Beban pengisian kendaraan listrik meningkatkan daya aktif dan arus yang mengalir pada jaringan distribusi, sehingga menambah pembebanan pada saluran dan transformator distribusi (Cardinha *et al.*, 2025). Semakin besar penetrasi kendaraan listrik, semakin besar pula tambahan pembebanan yang diterima jaringan distribusi dan semakin tinggi potensi terjadinya pelanggaran batas operasi sistem (Yuvaraj *et al.*, 2024).



Gambar 2. 2. Kendaraan Listrik Sebagai Beban Pada Sistem Distribusi (Tamay and Inga, 2022)

Gambar 2.2 menunjukkan bahwa kendaraan listrik memperoleh suplai energi melalui perangkat pengisian yang terhubung langsung dengan jaringan distribusi, sehingga kendaraan listrik bertindak sebagai tambahan beban pada sistem distribusi tenaga listrik. Peningkatan penetrasi kendaraan listrik dapat memengaruhi kondisi operasi jaringan distribusi, seperti profil tegangan, dan pembebanan peralatan (Yuvaraj *et al.*, 2024). Semakin besar penetrasi kendaraan listrik, semakin besar pula tambahan pembebanan yang diterima jaringan distribusi sehingga potensi pelanggaran batas operasi sistem menjadi lebih tinggi (Cardinha *et al.*, 2025). Oleh karena itu, integrasi kendaraan listrik memerlukan evaluasi teknis untuk memastikan bahwa jaringan distribusi tetap mampu beroperasi dalam batas operasi yang diizinkan ketika menerima penetrasi beban EV.

### 2.3. Karakteristik dan Profil Beban Pengisian Kendaraan Listrik

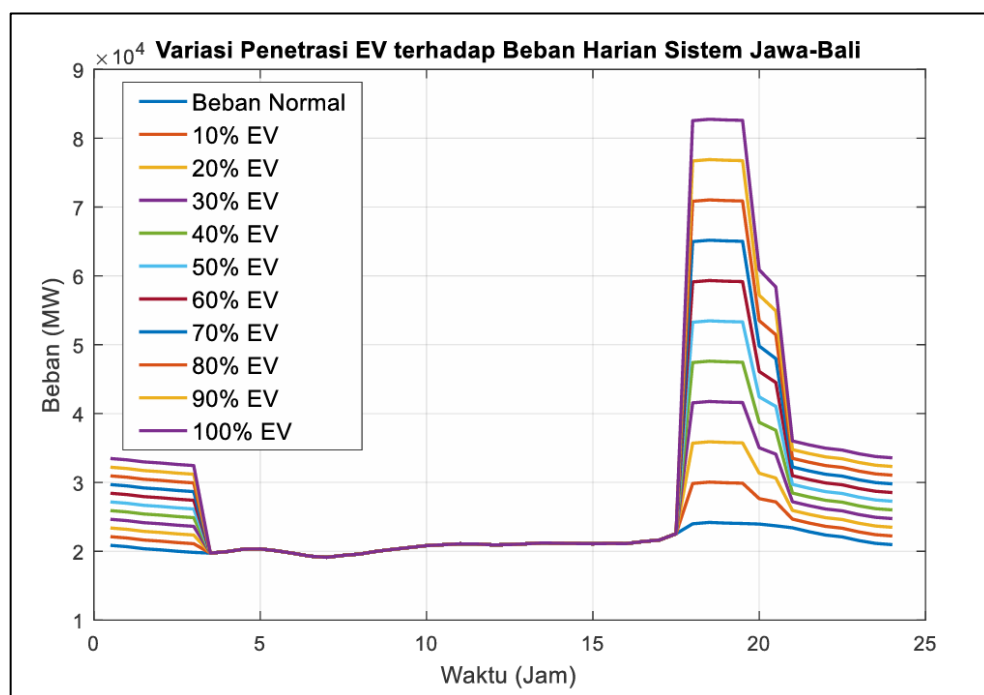
Profil beban pengisian kendaraan listrik dipengaruhi oleh pola penggunaan kendaraan, waktu kedatangan pengguna, durasi pengisian, kapasitas baterai, dan kebutuhan energi kendaraan listrik (Shariatzadeh *et al.*, 2025). Karakteristik tersebut menyebabkan beban pengisian EV bersifat dinamis dan berubah terhadap waktu sesuai aktivitas harian pengguna kendaraan listrik (Quiros-Tortos *et al.*, 2018).

Aktivitas pengisian kendaraan listrik umumnya meningkat pada periode sore hingga malam hari setelah pengguna menyelesaikan aktivitas harian dan mulai menghubungkan kendaraan ke sistem pengisian (Muratori, 2018; Sohail *et al.*, 2022). Kondisi tersebut menyebabkan profil beban pengisian EV cenderung terkonsentrasi pada interval waktu tertentu dan sering kali berimpit dengan periode beban puncak sistem distribusi (Quiros-Tortos *et al.*, 2018; Shariatzadeh *et al.*, 2025).

Selain dipengaruhi oleh waktu pengisian, profil beban EV juga dipengaruhi oleh jumlah kendaraan listrik yang terhubung pada jaringan distribusi. Semakin besar penetrasi kendaraan listrik, semakin besar pula agregasi beban pengisian yang terbentuk pada sistem distribusi sehingga menyebabkan perubahan profil beban harian dan peningkatan *demand* sistem pada interval waktu tertentu (Sohail *et al.*, 2022; Hasan *et al.*, 2023).

### 2.3.1. Pembentukan Profil Beban Pengisian Kendaraan Listrik

Profil kenaikan beban sistem pada Gambar 2.3 diperoleh dari hasil simulasi penetrasi kendaraan listrik pada sistem kelistrikan Jawa-Bali yang dilakukan oleh Ihsan *et al.* (2020). Pada penelitian tersebut, kendaraan listrik dimodelkan sebagai tambahan beban sistem yang terhubung ke jaringan selama periode pengisian daya, kemudian dianalisis pengaruhnya terhadap perubahan kurva beban harian sistem. Hasil simulasi menunjukkan bahwa peningkatan penetrasi kendaraan listrik menyebabkan kenaikan *demand* sistem yang semakin signifikan, terutama pada periode sore hingga malam hari yang berdekatan dengan kondisi beban puncak sistem (Ihsan *et al.*, 2020).



Gambar 2. 3. Variasi Profil Beban Harian Sistem Akibat Penetrasi Kendaraan Listrik (Ihsan *et al.*, 2020)

Gambar 2.3 menunjukkan perubahan profil beban harian sistem akibat peningkatan penetrasi kendaraan listrik. Terlihat bahwa semakin tinggi tingkat penetrasi kendaraan listrik, semakin besar tambahan beban yang muncul pada sistem, terutama pada periode sore hingga malam hari ketika aktivitas pengisian daya berlangsung secara bersamaan. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa karakteristik pengisian kendaraan listrik dan jumlah kendaraan yang terhubung ke jaringan memiliki pengaruh yang signifikan terhadap bentuk profil beban sistem (Ihsan *et al.*, 2020).

Pembentukan profil beban kendaraan listrik pada berbagai tingkat penetrasi dilakukan melalui beberapa tahapan. Tahap pertama adalah menentukan jenis atau model kendaraan listrik yang digunakan sebagai representasi kendaraan listrik. Pemilihan model kendaraan listrik diperlukan untuk memperoleh informasi kapasitas baterai, daya pengisian, dan karakteristik pengisian yang akan digunakan dalam perhitungan profil beban (Ihsan *et al.*, 2020).

Tahap berikutnya adalah menghitung kebutuhan energi pengisian setiap kendaraan listrik berdasarkan kapasitas baterai dan kondisi *State of Charge* (SOC) awal kendaraan. Energi pengisian tersebut kemudian digunakan untuk menentukan durasi pengisian berdasarkan daya *charger* yang digunakan (Ihsan *et al.*, 2020). Kebutuhan energi pengisian dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$E = (100\% - SOC) \times BC \quad (2.1)$$

dengan:

$E$  : energi yang diperlukan untuk pengisian (kWh),

$SOC$  : *State of Charge* awal baterai (%),

$BC$  : kapasitas baterai kendaraan (kWh).

Setelah kebutuhan energi dan durasi pengisian diperoleh, beban pengisian dari seluruh kendaraan listrik diagregasikan sehingga membentuk profil beban kendaraan listrik terhadap waktu yang selanjutnya dapat diintegrasikan ke dalam kurva beban sistem untuk menganalisis dampak penetrasi kendaraan listrik terhadap operasi jaringan distribusi (Ihsan *et al.*, 2020). Durasi pengisian kendaraan listrik selanjutnya dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$D = \frac{E}{C_k} \quad (2.2)$$

dengan:

$D$  : durasi pengisian (jam),

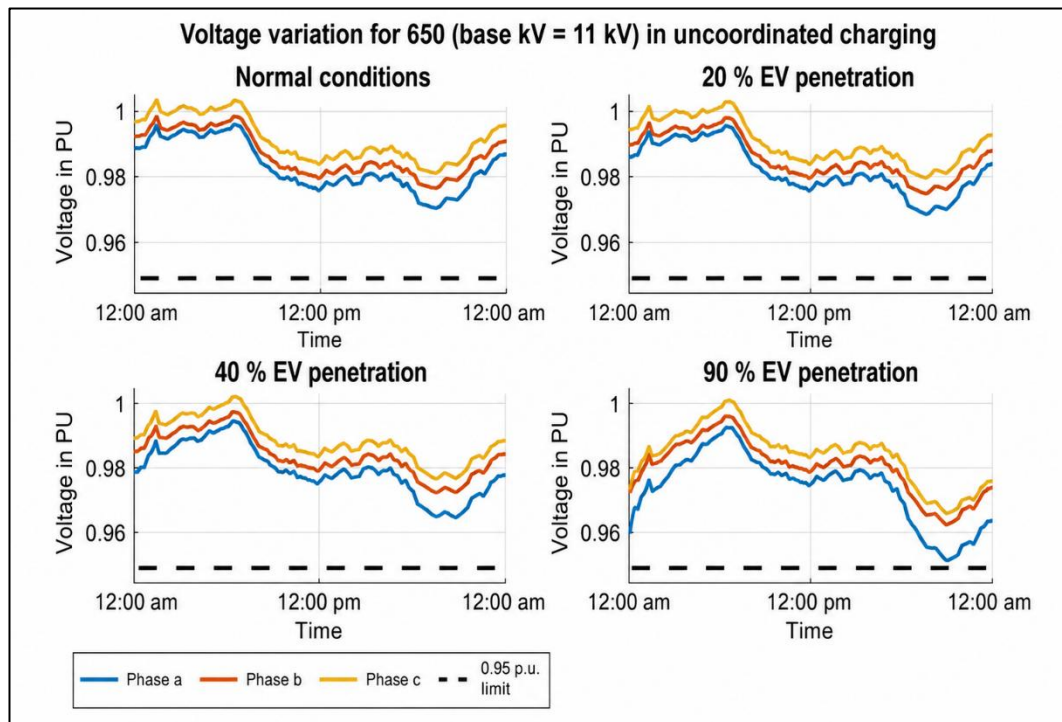
$C_k$  : kapasitas daya pengisian (kW).

Berdasarkan uraian tersebut, dapat dipahami bahwa profil beban kendaraan listrik merupakan hasil interaksi antara karakteristik kendaraan, kebutuhan energi pengisian, durasi *charging*, serta tingkat penetrasi kendaraan listrik pada sistem. Karakteristik pengisian yang cenderung terkonsentrasi pada periode tertentu menyebabkan tambahan beban EV berpotensi meningkatkan *demand* sistem secara signifikan dan mengubah kondisi operasi jaringan distribusi (Ihsan *et al.*, 2020).

### 2.3.2. *Uncoordinated Charging*

*Uncoordinated charging* merupakan kondisi pengisian kendaraan listrik tanpa pengaturan waktu maupun daya pengisian, di mana pengguna kendaraan listrik melakukan pengisian segera setelah kendaraan terhubung ke jaringan distribusi (*plug-and-charge*) (Iqbal *et al.*, 2021; Sohail *et al.*, 2022). Pada kondisi ini, waktu pengisian kendaraan listrik sepenuhnya mengikuti perilaku pengguna sehingga aktivitas *charging* EV berpotensi terjadi secara simultan pada interval waktu tertentu, terutama setelah kendaraan selesai digunakan untuk aktivitas harian (Muratori, 2018; Quiros-Tortos *et al.*, 2018).

Pola pengisian kendaraan listrik yang terjadi secara simultan dapat meningkatkan tekanan operasi jaringan distribusi, terutama pada kondisi penetrasi EV yang tinggi. Ketika sejumlah kendaraan melakukan pengisian pada interval waktu yang sama, tambahan beban yang muncul dapat meningkatkan arus pada peralatan distribusi serta menyebabkan penurunan tegangan pada bus-bus jaringan. Pada sistem dengan kapasitas terbatas, kondisi tersebut dapat mempercepat tercapainya batas operasi yang ditetapkan, baik berupa pelanggaran batas tegangan maupun peningkatan pembebanan peralatan, sehingga berpotensi membatasi kemampuan jaringan dalam mengakomodasi penetrasi kendaraan listrik. (Sohail *et al.*, 2022; Hasan *et al.*, 2023).



Gambar 2. 4. Dampak *Uncoordinated Charging* Terhadap Profil Tegangan (Sohail *et al.*, 2022)

Gambar 2.4 menunjukkan profil tegangan sistem distribusi pada berbagai tingkat penetrasi kendaraan listrik dengan skema *uncoordinated charging* yang dilakukan oleh Sohail *et al.* (2022). Berdasarkan grafik tersebut terlihat bahwa peningkatan penetrasi EV menyebabkan profil tegangan sistem mengalami penurunan secara bertahap, terutama pada periode ketika aktivitas pengisian kendaraan listrik meningkat. Pada kondisi penetrasi EV yang tinggi, profil tegangan sistem terlihat semakin mendekati batas minimum operasi sebesar 0,95 pu yang digunakan dalam penelitian tersebut. Kondisi ini menunjukkan bahwa pola *uncoordinated charging* dapat menyebabkan penurunan profil tegangan seiring meningkatnya penetrasi kendaraan listrik. Pada tingkat penetrasi tertentu, penurunan tegangan maupun peningkatan pembebanan peralatan dapat mencapai

batas operasi yang diizinkan sehingga menjadi faktor pembatas dalam penentuan *hosting capacity* jaringan distribusi (Sohail *et al.*, 2022; Karmaker *et al.*, 2024).

Oleh karena itu, penelitian ini menggunakan profil pengisian kendaraan listrik berbasis literatur untuk merepresentasikan kondisi *uncoordinated charging* sebagai skenario dalam evaluasi *hosting capacity*. Pendekatan ini digunakan untuk mengidentifikasi batas kemampuan teknis jaringan distribusi dalam mengakomodasi penetrasi kendaraan listrik berdasarkan respon tegangan dan pembebanan peralatan terhadap tambahan beban pengisian EV (Hasan *et al.*, 2023; Karmaker *et al.*, 2024).

## **2.4. Dampak Integrasi EV terhadap Sistem Distribusi**

### **2.4.1. Dampak Integrasi EV terhadap Profil Tegangan**

Profil tegangan merupakan parameter penting dalam menilai kualitas penyaluran tenaga listrik pada sistem distribusi. Integrasi EV sebagai beban tambahan menyebabkan peningkatan daya aktif dan reaktif yang disuplai oleh jaringan, sehingga arus yang mengalir pada saluran distribusi meningkat (Hasan *et al.*, 2023; Trio Putra *et al.*, 2025). Peningkatan arus ini berkontribusi langsung terhadap bertambahnya jatuh tegangan sepanjang penghantar, khususnya pada penyulang dengan panjang saluran yang besar (Fachrizal, 2020).

Secara umum, jatuh tegangan pada saluran distribusi dapat dinyatakan dengan persamaan berikut:

$$\Delta V = I(R \cos \varphi + X \sin \varphi) \quad (2.3)$$

dengan:

$\Delta V$ : jatuh tegangan pada saluran (V),

$I$ : arus yang mengalir pada saluran (A),

$R$ : resistansi saluran ( $\Omega$ ),

$X$ : reaktansi saluran ( $\Omega$ ),

$\varphi$ : sudut faktor daya beban.

Peningkatan daya pengisian EV menyebabkan kenaikan arus  $I$ , sehingga secara langsung meningkatkan nilai jatuh tegangan  $\Delta V$  pada jaringan distribusi (Trio Putra *et al.*, 2025).

Arus saluran akibat beban EV pada sistem tiga fasa dapat dihitung menggunakan persamaan:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} V \cos \varphi} \quad (2.4)$$

dengan:

$I$ : arus saluran (A),

$P$ : daya aktif total beban (kW),

$V$ : tegangan nominal sistem (kV),

$\cos \varphi$ : faktor daya beban.

Kenaikan daya aktif akibat pengisian EV, terutama pada kondisi pengisian serentak, akan meningkatkan arus saluran dan berpotensi menurunkan tegangan pada bus-bus tertentu (Hasan *et al.*, 2023; Yuvaraj *et al.*, 2024).

Evaluasi kondisi tegangan pada jaringan distribusi umumnya dinyatakan dalam satuan per unit (p.u.) sebagai berikut:

$$V_{pu} = \frac{V_{actual}}{V_{base}} \quad (2.5)$$

dengan:

$V_{pu}$ : tegangan dalam satuan per unit (p.u.),

$V_{actual}$  : tegangan pada bus yang dianalisis (V),

$V_{base}$  : tegangan nominal sistem (V).

Nilai tegangan yang berada di bawah batas minimum yang diizinkan, umumnya 0,90 p.u., dikategorikan sebagai kondisi *undervoltage* (Fachrizal, 2020; Trio Putra *et al.*, 2025). Beberapa studi melaporkan bahwa penetrasi kendaraan listrik yang tinggi tanpa pengelolaan pengisian dapat meningkatkan risiko terjadinya *undervoltage*, khususnya pada ujung penyulang dan saat periode beban puncak (Hasan *et al.*, 2023; Cardinha *et al.*, 2025).

#### 2.4.2. Dampak Integrasi EV terhadap Pembebanan Peralatan

Selain Integrasi kendaraan listrik menyebabkan peningkatan kebutuhan daya pada jaringan distribusi sehingga arus yang mengalir pada saluran distribusi juga meningkat (Yuvaraj *et al.*, 2024). Peningkatan arus tersebut berdampak langsung terhadap tingkat pembebanan saluran, karena saluran harus menyalurkan tambahan daya yang berasal dari aktivitas pengisian kendaraan listrik. Semakin tinggi penetrasi kendaraan listrik, semakin besar pula arus yang mengalir pada penghantar jaringan distribusi (Cardinha *et al.*, 2025). Tingkat pembebanan saluran umumnya dinyatakan sebagai perbandingan antara arus operasi dan kapasitas nominal penghantar, yang dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$\text{Loading}_{line} = \frac{I_{operasi}}{I_{nominal}} \times 100\% \quad (2.6)$$

dengan:

$\text{Loading}_{line}$ : tingkat pembebanan saluran (%),

$I_{operasi}$ : arus operasi saluran (A),

$I_{nominal}$ : kapasitas arus nominal penghantar (A).

Apabila nilai pembebanan mencapai atau melebihi kapasitas nominal penghantar, saluran berada pada kondisi *overloading* yang berpotensi meningkatkan temperatur konduktor dan menurunkan keandalan operasi jaringan distribusi (Yuvaraj *et al.*, 2024).

Pada integrasi kendaraan listrik, peningkatan pembebanan saluran umumnya terjadi secara bertahap seiring bertambahnya penetrasi EV. Namun demikian, tingkat keparahan pembebanan tidak hanya dipengaruhi oleh jumlah kendaraan listrik, tetapi juga oleh lokasi pengisian serta distribusi tambahan beban pada jaringan distribusi (Paudyal *et al.*, 2021).

Selain saluran distribusi, peningkatan penetrasi kendaraan listrik juga dapat menyebabkan kenaikan pembebanan transformator distribusi. Tambahan beban pengisian EV meningkatkan daya yang harus disuplai transformator sehingga arus pada sisi transformator bertambah seiring meningkatnya penetrasi kendaraan listrik. Apabila pembebanan transformator mendekati atau melebihi kapasitas nominalnya, temperatur operasi transformator dapat meningkat dan berpotensi mempercepat penuaan isolasi serta menurunkan umur peralatan (Lamedica *et al.*, 2019; Mancini *et al.*, 2020).

Dalam penelitian ini, evaluasi tingkat pembebanan transformator mengacu pada SPLN 50:1997, yang menetapkan bahwa pembebanan transformator pada kondisi operasi normal tidak boleh melebihi 100% dari kapasitas nominalnya. Oleh karena itu, nilai pembebanan transformator yang diperoleh dari hasil simulasi dibandingkan dengan batas tersebut untuk menentukan apakah telah terjadi kondisi *overload*.

Tingkat pembebanan transformator umumnya dinyatakan sebagai rasio antara daya semu operasi terhadap kapasitas nominal transformator, yang dapat dirumuskan sebagai:

$$Loading_{trafo} = \frac{S_{operasi}}{S_{nominal}} \times 100\% \quad (2.7)$$

dengan:

$Loading_{tr}$  : tingkat pembebanan transformator (%),

$S_{operasi}$  : daya semu yang mengalir pada transformator saat operasi (kVA atau MVA),

$S_{nominal}$  : kapasitas nominal transformator (kVA atau MVA).

Oleh karena itu, baik pembebanan saluran maupun pembebanan transformator merupakan parameter penting dalam evaluasi *hosting capacity* kendaraan listrik. Kedua parameter tersebut merepresentasikan batasan termal (*thermal constraint*) yang dapat membatasi kemampuan jaringan distribusi dalam mengakomodasi tambahan beban pengisian kendaraan listrik.

## 2.5. Konsep *Hosting Capacity* (HC)

*Hosting Capacity* (HC) merupakan parameter yang digunakan untuk menyatakan kemampuan suatu jaringan distribusi dalam mengakomodasi penambahan beban atau sumber daya baru tanpa menyebabkan pelanggaran terhadap batas operasi sistem tenaga listrik. Dalam konteks sistem distribusi, *hosting capacity* menggambarkan tingkat penetrasi maksimum suatu sumber daya atau beban tambahan yang masih dapat diterima oleh jaringan tanpa menimbulkan

gangguan terhadap kualitas dan keandalan operasi sistem distribusi (Peppanen *et al.*, 2018).

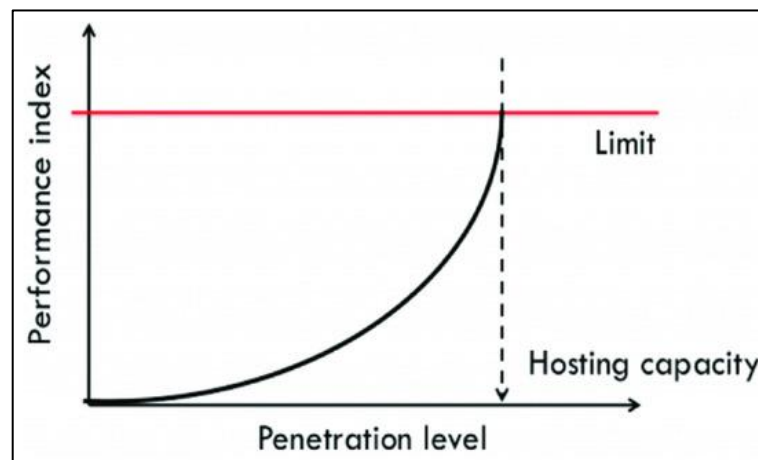
Pada integrasi kendaraan listrik, *hosting capacity* didefinisikan sebagai tingkat penetrasi maksimum beban pengisian kendaraan listrik yang masih dapat diterima oleh jaringan distribusi eksisting tanpa melanggar batas tegangan maupun batas pembebanan peralatan jaringan distribusi (Fachrizal, 2020; Yuvaraj *et al.*, 2024). Konsep ini menjadi penting karena peningkatan jumlah kendaraan listrik akan menambah kebutuhan daya pada sistem distribusi dan berpotensi mempengaruhi kondisi operasi jaringan, terutama pada periode beban puncak.

Secara konseptual, *hosting capacity* menggambarkan hubungan antara peningkatan penetrasi kendaraan listrik dan respons teknis jaringan distribusi. Seiring meningkatnya penetrasi kendaraan listrik, parameter operasi jaringan seperti profil tegangan, dan tingkat pembebanan peralatan distribusi akan mengalami perubahan hingga mendekati batas operasi yang diizinkan (Fachrizal, 2020). Titik ketika salah satu parameter operasi tersebut pertama kali melampaui batas yang diizinkan menunjukkan batas kemampuan jaringan dalam menerima tambahan penetrasi kendaraan listrik dan dinyatakan sebagai *hosting capacity* sistem distribusi (Karmaker *et al.*, 2024).

Selain dipengaruhi oleh tingkat penetrasi kendaraan listrik, nilai *hosting capacity* juga bergantung pada karakteristik teknis jaringan distribusi. Faktor-faktor seperti panjang penyulang, impedansi saluran, konfigurasi jaringan, tingkat pembebanan awal, kapasitas peralatan, serta lokasi penambahan beban dapat

mempengaruhi kemampuan jaringan dalam mengakomodasi kendaraan listrik (Paudyal *et al.*, 2021; Hasan *et al.*, 2023). Oleh karena itu, nilai *hosting capacity* pada setiap sistem distribusi dapat berbeda.

Paudyal *et al.* (2021) menjelaskan bahwa *hosting capacity* merupakan parameter yang bersifat *location-dependent*, sehingga kemampuan setiap titik beban atau bus dalam menerima tambahan beban kendaraan listrik dapat berbeda sesuai kondisi jaringan di lokasi tersebut. Bus yang berada dekat dengan sumber daya, memiliki impedansi rendah, dan kondisi tegangan yang baik umumnya mampu menerima tambahan beban lebih besar dibandingkan bus yang berada pada ujung penyulang dengan kondisi tegangan yang lebih rendah (Paudyal *et al.*, 2021)



Gambar 2. 5. Hubungan Tingkat Penetrasi dan Batas *Hosting Capacity* (Fachrizal, 2020)

Gambar 2.5 menunjukkan hubungan konseptual antara tingkat penetrasi kendaraan listrik dan kondisi operasi jaringan distribusi. Seiring meningkatnya penetrasi kendaraan listrik, parameter operasi sistem akan bergerak mendekati batas operasi yang diizinkan hingga akhirnya terjadi pelanggaran batas tegangan atau

pembebanan peralatan. Oleh karena itu, analisis *hosting capacity* umumnya dilakukan melalui peningkatan penetrasi kendaraan listrik secara bertahap untuk mengidentifikasi batas kemampuan jaringan dalam menerima tambahan beban kendaraan listrik (Fachrizal, 2020).

Dalam studi *hosting capacity* kendaraan listrik, tingkat penetrasi umumnya dinyatakan sebagai jumlah unit kendaraan listrik yang dapat diintegrasikan ke dalam sistem distribusi tanpa melanggar batas teknis operasi jaringan. Jumlah unit kendaraan listrik tersebut ditingkatkan secara bertahap hingga salah satu parameter operasi sistem, seperti tegangan atau pembebanan peralatan, mencapai atau melampaui batas yang diizinkan. Dengan demikian, *hosting capacity* dapat dinyatakan sebagai jumlah maksimum kendaraan listrik yang masih dapat diterima oleh jaringan distribusi pada kondisi operasi tertentu (Karmaker *et al.*, 2024; Yuvaraj *et al.*, 2024). Maka dari itu total beban kendaraan listrik dapat dinyatakan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$P_{EV,total} = N \times P_{charger} \quad (2.8)$$

dengan:

$P_{EV,total}$  : total daya beban EV yang diintegrasikan ke sistem (kW),

$N$  : jumlah unit EV yang diintegrasikan ke sistem,

$P_{charger}$  : daya pengisian EV (kW).

### 2.5.1. Metode Analisis *Hosting Capacity*

Analisis *hosting capacity* kendaraan listrik pada jaringan distribusi telah dikembangkan menggunakan berbagai pendekatan, mulai dari *deterministic analysis*, *probabilistic analysis*, *stochastic modeling*, hingga simulasi berbasis waktu (*time-series simulation*). Pemilihan metode analisis umumnya dipengaruhi oleh tujuan penelitian, kebutuhan data, tingkat detail pemodelan, dan kompleksitas komputasi yang digunakan (Karmaker *et al.*, 2024).

Pendekatan *probabilistic* dan *stochastic* umumnya digunakan untuk merepresentasikan ketidakpastian perilaku pengguna kendaraan listrik, seperti waktu kedatangan kendaraan, durasi pengisian, *state of charge* (SoC), dan variasi pola konsumsi energi. Metode ini banyak diterapkan menggunakan simulasi Monte Carlo untuk menghasilkan berbagai kemungkinan kondisi operasi jaringan distribusi. Meskipun mampu memberikan representasi sistem yang lebih detail, pendekatan tersebut memerlukan data perilaku pengguna yang cukup besar serta jumlah iterasi simulasi yang tinggi sehingga meningkatkan kompleksitas simulasi (Iqbal *et al.*, 2021; Karmaker *et al.*, 2024).

Sebaliknya, pendekatan *deterministic* digunakan dengan menetapkan kondisi operasi tertentu yang dianggap mewakili skenario kritis sistem distribusi. Dalam studi *hosting capacity* kendaraan listrik, pendekatan ini umumnya digunakan untuk mengevaluasi kondisi *worst-case* akibat penetrasi kendaraan listrik terhadap profil tegangan dan pembebanan jaringan. Dibandingkan metode *probabilistic*, pendekatan *deterministic* memiliki kebutuhan data yang lebih

sederhana dan kompleksitas simulasi yang lebih rendah, sehingga banyak digunakan pada studi evaluasi teknis awal dan perencanaan sistem distribusi (Paudyal *et al.*, 2021; Karmaker *et al.*, 2024; Yuvaraj *et al.*, 2024).

Selain pendekatan statik berbasis snapshot *load flow*, perkembangan studi *hosting capacity* kendaraan listrik juga mengarah pada penggunaan simulasi berbasis waktu (*time-series simulation*) untuk merepresentasikan variasi beban sistem dan aktivitas pengisian kendaraan listrik sepanjang periode pengamatan (Shubhy *et al.*, 2024). Pendekatan ini memungkinkan evaluasi kondisi operasi jaringan pada setiap interval waktu simulasi sehingga perubahan profil tegangan dan pembebanan peralatan dapat diamati secara lebih detail dibandingkan analisis statik (Shubhy *et al.*, 2024). Melalui simulasi berbasis waktu, interval kritis ketika beban dasar sistem berimpit dengan aktivitas pengisian kendaraan listrik dapat diidentifikasi secara lebih akurat, sehingga nilai *hosting capacity* yang diperoleh lebih representatif terhadap kondisi operasi sistem yang lebih representatif terhadap kondisi operasi sistem yang berubah sepanjang periode pengamatan (Hasan *et al.*, 2023; Khomarudin *et al.*, 2023).

Dalam penelitian ini, analisis *hosting capacity* dilakukan menggunakan pendekatan deterministik berbasis *time-series simulation*. Penetrasi kendaraan listrik ditingkatkan secara bertahap pada setiap skenario hingga salah satu batas teknis sistem terlampaui. Pendekatan ini dipilih karena tujuan penelitian difokuskan pada evaluasi batas kemampuan teknis jaringan distribusi dalam mengakomodasi penetrasi kendaraan listrik pada kondisi operasi tertentu, bukan pada pemodelan

ketidakpastian perilaku pengguna kendaraan listrik. Oleh karena itu, penggunaan pendekatan deterministik dinilai lebih sesuai untuk merepresentasikan skenario pembebanan yang telah ditetapkan dan mengevaluasi respon teknis jaringan terhadap peningkatan penetrasi kendaraan listrik secara bertahap (Hasan *et al.*, 2023; Karmaker *et al.*, 2024).

### 2.5.2. Sebaran Beban Kendaraan Listrik dalam Analisis *Hosting Capacity*

Dalam studi *hosting capacity* kendaraan listrik, pola sebaran beban EV digunakan untuk merepresentasikan distribusi tambahan beban kendaraan listrik pada jaringan distribusi. Perbedaan pola sebaran beban EV dapat menghasilkan respons jaringan yang berbeda meskipun total daya kendaraan listrik yang diintegrasikan ke sistem memiliki nilai yang sama. Oleh karena itu, pendekatan sebaran beban menjadi salah satu aspek penting dalam evaluasi *hosting capacity* kendaraan listrik (Karmaker *et al.*, 2024).

Salah satu pendekatan yang umum digunakan adalah *Uniform Hosting Capacity*. Pada pendekatan ini, total beban kendaraan listrik didistribusikan secara merata ke seluruh bus beban yang menjadi lokasi integrasi kendaraan listrik. Pendekatan ini digunakan untuk menggambarkan kondisi ketika lokasi kendaraan listrik belum diketahui secara pasti sehingga setiap bus dianggap memiliki peluang yang sama untuk menerima tambahan beban kendaraan listrik (Shubhy *et al.*, 2024).

Secara matematis, distribusi beban EV pada pendekatan *uniform* dapat dinyatakan sebagai:

$$P_{EV,i}^{\text{uniform}} = \frac{P_{EV,\text{total}}}{N} \quad (2.9)$$

dengan:

$P_{EV,i}^{\text{uniform}}$  : daya beban EV pada bus ke- $i$  (kW),

$P_{EV,\text{total}}$  : total daya beban EV yang diintegrasikan ke sistem (kW),

$N$  : Jumlah bus beban pada jaringan distribusi.

Pendekatan *uniform* banyak digunakan sebagai kondisi dasar (*baseline*) dalam studi *hosting capacity* karena memberikan gambaran umum mengenai kemampuan sistem distribusi dalam menerima tambahan beban kendaraan listrik yang tersebar secara merata pada seluruh jaringan (Shubhy *et al.*, 2024).

Selain pendekatan *uniform*, penelitian ini juga menggunakan pendekatan *Distributed Hosting Capacity*. Pada pendekatan ini, tambahan beban kendaraan listrik pada setiap bus dialokasikan secara proporsional terhadap besar beban eksisting pada bus tersebut (Shubhy *et al.*, 2024). Pendekatan ini didasarkan pada asumsi bahwa aktivitas pengisian kendaraan listrik cenderung mengikuti pola konsumsi energi yang telah ada pada sistem distribusi, sehingga bus dengan tingkat pembebanan yang lebih besar berpotensi menerima tambahan beban kendaraan listrik yang lebih tinggi dibandingkan bus dengan tingkat pembebanan yang lebih rendah (Karandeh *et al.*, 2021; Shariatzadeh *et al.*, 2025). Distribusi beban EV pada pendekatan ini dapat dirumuskan sebagai:

$$P_{EV,i}^{\text{distributed}} = \frac{P_{\text{beban},i}}{P_{\text{beban},\text{total}}} \times P_{EV,\text{total}} \quad (2.10)$$

dengan:

$P_{EV,i}^{\text{distributed}}$  : daya beban EV pada bus ke- $i$  (kW),

$P_{\text{beban},i}$  : daya beban eksisting pada bus ke- $i$  (kW),

$P_{\text{beban},\text{total}}$  : total daya beban eksisting sistem (kW).

Pendekatan distribusi berbasis kontribusi beban juga sejalan dengan konsep bahwa *hosting capacity* bersifat *location-dependent*, sehingga kemampuan setiap bus dalam menerima tambahan beban kendaraan listrik dipengaruhi oleh karakteristik teknis jaringan pada lokasi tersebut (Paudyal *et al.*, 2021). Selain itu, Shubhy (2024) menunjukkan bahwa distribusi pertambahan beban yang tidak seragam pada setiap *node* dapat digunakan untuk memperoleh representasi yang lebih realistis terhadap pengaruh penetrasi kendaraan listrik pada sistem distribusi.

### 2.5.3. Batasan Teknis dalam Penentuan *Hosting Capacity*

Penentuan *hosting capacity* kendaraan listrik pada jaringan distribusi dilakukan berdasarkan pemenuhan batas teknis operasi sistem distribusi. Secara umum, batasan teknis yang digunakan dalam analisis *hosting capacity* meliputi batas tegangan dan batas pembebanan peralatan jaringan, seperti saluran dan transformator distribusi (Fachrizal, 2020). Penambahan penetrasi kendaraan listrik dilakukan secara bertahap hingga salah satu parameter operasi jaringan melampaui

batas yang diizinkan, sehingga kondisi tersebut dinyatakan sebagai batas *hosting capacity* jaringan distribusi (Karmaker *et al.*, 2024).

Batasan tegangan bertujuan untuk memastikan bahwa nilai tegangan pada setiap bus jaringan tetap berada dalam rentang operasi yang diizinkan. Secara matematis, batasan tegangan dinyatakan sebagai:

$$V_{\min} \leq V_i \leq V_{\max} \quad (2.11)$$

dengan:

$V_i$  : tegangan pada bus ke- $i$  (V atau p.u.),

$V_{\min}$  : batas bawah tegangan yang diizinkan,

$V_{\max}$  : batas atas tegangan yang diizinkan.

Dalam penelitian ini, batas tegangan mengacu pada *Grid Code* Jamali Tahun 2007 dengan rentang tegangan operasi sebesar 0,90–1,05 p.u. Apabila tegangan pada salah satu bus berada di luar batas tersebut akibat peningkatan penetrasi kendaraan listrik, maka kondisi tersebut dinyatakan telah melampaui batas *hosting capacity* jaringan (ESDM, 2007; Karmaker *et al.*, 2024).

Selain batas tegangan, pembebanan termal pada saluran distribusi juga digunakan sebagai batasan teknis dalam analisis *hosting capacity*. Pembebanan saluran dinyatakan dalam bentuk persentase terhadap kapasitas nominal peralatan dan dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$I_i \leq I_{i,\max} \quad (2.12)$$

atau dalam bentuk daya semu:

$$S_i \leq S_{i,\max} \quad (2.13)$$

dengan:

$I_i$  : arus yang mengalir pada peralatan ke- $i$  (A),

$I_{i,\max}$  : arus maksimum yang diizinkan (A),

$S_i$  : daya semu pada peralatan (kVA),

$S_{i,\max}$  : kapasitas daya semu maksimum (kVA).

Pada penelitian ini, batas pembebanan termal ditetapkan sebesar 100% dari kapasitas nominal saluran distribusi. Apabila nilai pembebanan melebihi batas tersebut, maka peralatan dinyatakan beroperasi di luar kapasitas yang diizinkan dan digunakan sebagai indikator bahwa sistem telah mencapai batas *hosting capacity* (Karmaker et al., 2024).

Pada jaringan distribusi radial dengan impedansi saluran yang tinggi, pelanggaran batas tegangan umumnya terjadi lebih dahulu dibandingkan pelanggaran batas pembebanan termal, terutama pada penyulang dengan kondisi tegangan awal yang telah mendekati batas operasi (Fachrizal, 2020; Hasan *et al.*, 2023). Oleh karena itu, parameter tegangan sering menjadi faktor pembatas utama dalam penentuan *hosting capacity* kendaraan listrik pada sistem distribusi terisolasi.

## 2.6. *Quasi-Dynamic Simulation (QDS)*

*Quasi-Dynamic Simulation (QDS)* merupakan salah satu metode simulasi berbasis waktu (*time-series simulation*) yang tersedia pada perangkat lunak DIgSILENT PowerFactory dan digunakan untuk mengevaluasi perubahan kondisi operasi sistem tenaga listrik pada setiap interval waktu tertentu (DIgSILENT GmbH, 2026). Pada pendekatan ini, simulasi dilakukan melalui serangkaian perhitungan aliran daya (*load flow*) secara berulang dengan memperbarui nilai beban dan kondisi operasi sistem pada setiap langkah waktu (*time step*), sehingga perubahan parameter jaringan dapat diamati secara temporal (Khomarudin *et al.*, 2023).

Pendekatan QDS menjadi penting dalam studi integrasi kendaraan listrik karena beban pengisian EV bersifat temporal dan berubah terhadap waktu mengikuti aktivitas pengisian pengguna kendaraan listrik, kondisi pengisian EV juga sering terjadi secara simultan pada periode tertentu yang dapat menyebabkan perubahan profil tegangan dan pembebanan peralatan yang tidak dapat direpresentasikan secara memadai menggunakan analisis aliran daya statik konvensional (Hasan *et al.*, 2023). Oleh karena itu, berbagai penelitian menggunakan pendekatan QDS untuk mengevaluasi dampak penetrasi kendaraan listrik terhadap kondisi operasi jaringan distribusi sepanjang periode simulasi (Khomarudin *et al.*, 2023).

Pada simulasi QDS, total beban sistem pada setiap interval waktu dinyatakan sebagai penjumlahan antara beban dasar sistem dan beban EV, yang dirumuskan sebagai:

$$P_{\text{total}}(t_k) = P_{\text{beban}}(t_k) + P_{\text{EV}}(t_k) \quad (2.14)$$

dengan:

$P_{\text{total}}(t_k)$  : total daya beban sistem pada waktu ke- $k$  (kW)

$P_{\text{beban}}(t_k)$  : daya beban dasar sistem pada waktu ke- $k$  (kW)

$P_{\text{EV}}(t_k)$  : daya beban EV pada waktu ke- $k$  (kW)

Setiap interval waktu simulasi dievaluasi menggunakan perhitungan aliran daya untuk memperoleh parameter operasi jaringan, seperti tegangan bus, arus, dan tingkat pembebanan peralatan. Interval simulasi pada pendekatan QDS dapat dinyatakan sebagai:

$$t = t_0 + k \cdot \Delta t \quad (2.15)$$

dengan:

$t$  : waktu simulasi (jam)

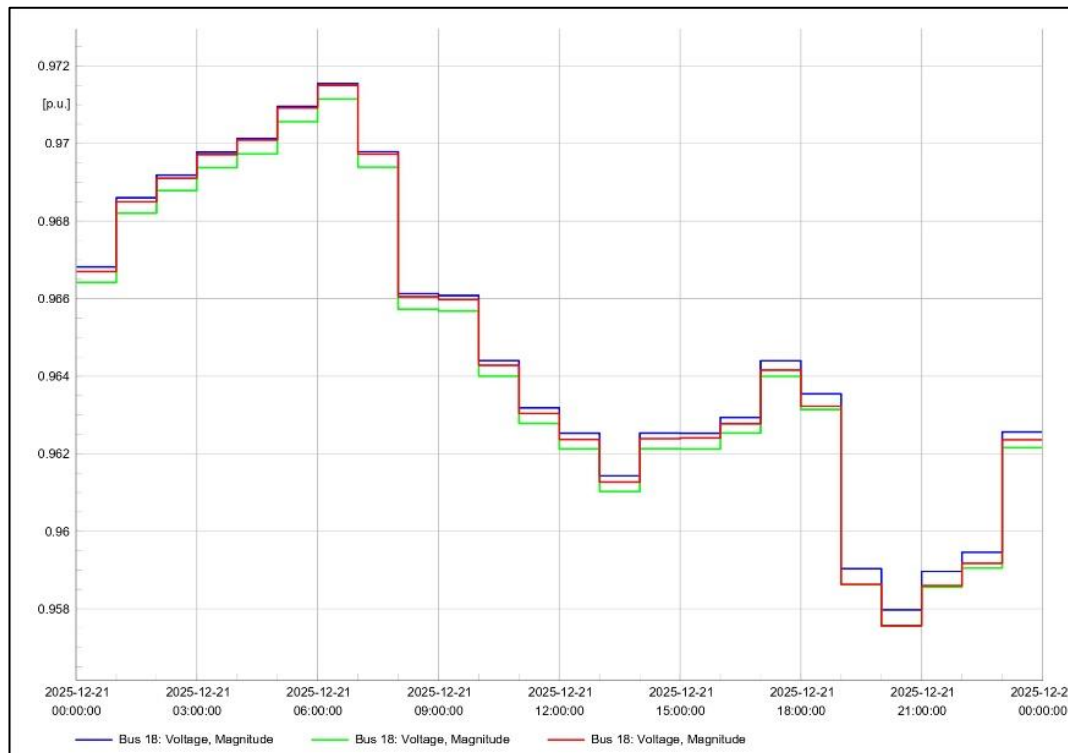
$t_0$  : waktu awal simulasi

$\Delta t$  : interval waktu simulasi

$k$  : indeks langkah waktu simulasi

Pendekatan QDS dinilai sesuai untuk analisis *hosting capacity* kendaraan listrik karena mampu mengevaluasi perubahan kondisi operasi jaringan pada setiap

interval waktu, sehingga waktu terjadinya pelanggaran batas tegangan maupun pembebanan jaringan dapat diidentifikasi secara lebih akurat dibandingkan analisis statik konvensional (Hasan *et al.*, 2023; DIgSILENT GmbH, 2026).



Gambar 2. 6. Ilustrasi Profil Tegangan Bus Terhadap Waktu Pada Simulasi *Quasi-Dynamic*

Gambar 2.6 menunjukkan contoh hasil *Quasi-Dynamic Simulation* pada DIgSILENT PowerFactory berupa perubahan profil tegangan terhadap waktu simulasi. Grafik tersebut memperlihatkan bahwa parameter operasi jaringan dapat berubah secara dinamis mengikuti variasi profil beban sepanjang periode simulasi, sehingga pendekatan QDS mampu memberikan representasi kondisi operasi jaringan yang lebih realistis dibandingkan analisis statik konvensional (DIgSILENT GmbH, 2026).

## 2.7. Penelitian Terdahulu (*State of the Art*)

Tabel 2. 1. Penelitian Terdahulu

| No | Nama Peneliti & Tahun                                                                             | Judul Penelitian                                                                                   | Permasalahan                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Hasil Utama                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|----|---------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1  | Boy Ihsan, Deny Hamdani, Nanang Hariyanto (2020)                                                  | Pengaruh Strategi Pengisian Daya Terhadap Kenaikan Beban Puncak Akibat Penetrasi Kendaraan Listrik | Penetrasi EV berpotensi meningkatkan beban puncak sistem tenaga, terutama apabila pengisian daya dilakukan secara bersamaan tanpa pengaturan.                                                                                                                                                                                                            | Pada penetrasi EV 10%, beban puncak sistem Jawa–Bali meningkat sebesar 5.857 MW. Strategi pengisian terjadwal mampu menurunkan kenaikan beban puncak sebesar 3.232 MW, sedangkan skema V2G dapat mengurangi kebutuhan energi pembangkit sebesar 20.003 MWh.                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| 2  | Kazi N. Hasan, Kashem M. Muttaqi, Pablo Borboa, Jakem Scira, Zihao Zhang, Matthew Leishman (2023) | <i>Distribution Network Voltage Analysis with Data-Driven Electric Vehicle Load Profiles</i>       | Pengisian daya EV yang tidak terkoordinasi berpotensi menyebabkan pelanggaran batas tegangan pada jaringan distribusi, namun dampaknya berbeda untuk tipe dan lokasi pengisian yang berbeda.                                                                                                                                                             | Profil pengisian EV berbasis data aktual menunjukkan bahwa pelanggaran tegangan paling sering terjadi pada periode puncak pengisian. Pengisian terkoordinasi dan integrasi energi terbarukan mampu mengurangi pelanggaran tegangan hingga sekitar 50%.                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| 3  | Priti Paudyal, Shibani Ghosh, Santosh Veda, Deepak Tiwari, dan Jal Desai (2021)                   | <i>EV Hosting Capacity Analysis on Distribution Grids</i>                                          | Peningkatan penetrasi kendaraan listrik berpotensi menyebabkan pelanggaran batas operasi jaringan distribusi, seperti penurunan tegangan dan kelebihan beban termal pada saluran maupun transformator. Diperlukan metode untuk menentukan kapasitas maksimum jaringan dalam mengakomodasi beban pengisian EV tanpa memerlukan peningkatan infrastruktur. | Penelitian mengembangkan alat analisis EV <i>hosting capacity</i> untuk mengevaluasi kemampuan penyulang distribusi dalam menampung beban pengisian EV, termasuk pengisian cepat berdaya tinggi. Hasil menunjukkan bahwa kapasitas <i>hosting</i> sangat dipengaruhi oleh lokasi pengisian EV dan batasan tegangan serta termal jaringan. Analisis <i>hosting capacity</i> dapat membantu utilitas merencanakan integrasi EV dan mengevaluasi strategi pengelolaan beban seperti <i>smart charging</i> dan tarif berbasis waktu. |
| 4  | Ashraful Karmaker,                                                                                | <i>A Review of Electric Vehicle</i>                                                                | Belum terdapat pendekatan baku dalam penentuan EV                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Nilai EV <i>Hosting Capacity</i> sangat dipengaruhi oleh batas                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |

|   |                                                          |                                                                                                                               |                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                         |
|---|----------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|   | Md. Rabiul Islam, Saad Mekhilef, Md. Moinul Islam (2024) | <i>Hosting Capacity Assessment Methods</i>                                                                                    | <i>Hosting Capacity</i> karena beragam metode, indikator kinerja, batas operasi, dan karakteristik jaringan yang digunakan dalam berbagai penelitian. | teknis yang digunakan, seperti batas tegangan, pembebanan saluran, transformator, kualitas daya, serta metode analisis yang diterapkan.                                                                                 |
| 5 | Dzulfikar Shubhy (2024)                                  | Analisis EV <i>Hosting Capacity</i> Pada Jaringan Listrik Distribusi PT PLN (Persero) UID Lampung Wilayah Kota Bandar Lampung | Diperlukan evaluasi kemampuan jaringan distribusi PLN dalam mengakomodasi peningkatan jumlah kendaraan listrik tanpa melanggar batas operasi sistem.  | Nilai <i>hosting capacity</i> ditentukan oleh batas tegangan dan pembebanan jaringan. Penelitian menunjukkan bahwa kemampuan jaringan menerima EV berbeda pada setiap sistem sesuai karakteristik teknis masing-masing. |

Berdasarkan Tabel 2.1, penelitian terdahulu menunjukkan bahwa peningkatan penetrasi kendaraan listrik dapat memengaruhi operasi sistem tenaga listrik melalui kenaikan beban puncak, perubahan profil tegangan, serta peningkatan pembebanan jaringan distribusi (Ihsan *et al.*, 2020; Hasan *et al.*, 2023). Selain itu, penelitian Paudyal *et al.* (2021) menunjukkan bahwa nilai EV *hosting capacity* pada jaringan distribusi dipengaruhi oleh lokasi pengisian kendaraan listrik serta batasan operasi jaringan, khususnya batas tegangan dan kapasitas termal peralatan. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa perbedaan lokasi pengisian EV dapat menghasilkan kemampuan *hosting capacity* yang berbeda, sehingga analisis *hosting capacity* diperlukan untuk menentukan batas integrasi kendaraan listrik tanpa melanggar batas operasi jaringan. Pada aspek *hosting capacity*, penelitian Karmaker *et al.* (2024) menunjukkan bahwa nilai *hosting capacity* dipengaruhi oleh metode analisis, kriteria teknis, dan karakteristik jaringan yang digunakan, sedangkan penelitian Shubhy (2024) menunjukkan bahwa kemampuan

jaringan menerima penetrasi kendaraan listrik dapat berbeda pada setiap sistem sesuai kondisi operasional dan karakteristik teknisnya.

Selain itu, sebagian besar studi *hosting capacity* kendaraan listrik dilakukan pada jaringan distribusi yang terhubung dengan sistem interkoneksi, sedangkan penerapan metode analisis *hosting capacity* sebagaimana dibahas oleh Karmaker et al. (2024) pada sistem distribusi terisolasi masih relatif terbatas. Padahal, karakteristik operasional sistem terisolasi berbeda sehingga hasil analisis *hosting capacity* dapat menunjukkan kondisi yang berbeda dibandingkan sistem interkoneksi. Dengan demikian, masih terdapat celah penelitian terkait evaluasi EV *Hosting Capacity* pada jaringan distribusi terisolasi dengan mempertimbangkan karakteristik profil beban dan pengisian kendaraan listrik secara waktu nyata.

Oleh karena itu, penelitian ini difokuskan pada evaluasi EV *Hosting Capacity* pada jaringan distribusi 20 kV Sistem Kelistrikan Nusa Penida menggunakan skenario *uncoordinated charging* sebagai kondisi dasar integrasi kendaraan listrik. Penelitian dilakukan dengan pendekatan *Quasi-Dynamic Simulation* (QDS) untuk mengevaluasi dampak penetrasi kendaraan listrik terhadap profil tegangan dan pembebanan jaringan, serta menentukan batas kemampuan teknis sistem dalam mengakomodasi kendaraan listrik tanpa melanggar batas operasi yang ditetapkan.