

Analisa Kuota Maksimum EBT Intermitten Pada Tahun 2025 Untuk Menjaga Kestabilan Frekuensi Di Sistem Sumatera

Yudhi Pratama^{1*}; Nofriyanto Eka Putra¹; Atin Yudhi Wibowo¹

1. PT PLN (Persero) UP2B Sumatera Bagian Tengah Jl. Ir. H. Sutami Batang Tapakis, Padang Pariaman 25581, Indonesia

**Email: pratama.yudhi89@gmail.com*

ABSTRACT

The problems of climate change and global warming are pushing electricity providers to switch to using renewable energy that is clean and eco friendly. However, the limitations of stable renewable energy sources make variable renewable energy (VRE) a viable solution. VRE on a system will affect the stability of the system, therefore it is necessary to analyze the calculation of the maximum value of VRE capacity that can be connected to a system and maintain system stability. To calculate the maximum value of a VRE that can be connected to the system is based on the frequency stability of the power system stiffness.

Keywords: *Variable Renewable Energy (VRE), Sumatera Power System*

1. PENDAHULUAN

Penggunaan Energi Baru Terbarukan (EBT) semakin berkembang di beberapa tahun terakhir, pemerintah juga menargetkan bauran energi baru terbarukan sebesar 23% pada tahun 2025. Keterbatasan EBT yang bersifat stabil membuat EBT intermitten menjadi pilihan.

Daya keluaran yang dihasilkan oleh EBT intermitten bersifat fluktuatif, sehingga jika komposisinya tidak tepat, maka keberadaannya akan memberi dampak negatif terhadap kestabilan sistem. Oleh karena itu perlu dikaji lebih lanjut untuk menentukan seberapa besar komposisi pembangkit intermitten yang diizinkan sinkron agar tidak mengganggu kestabilan sistem.

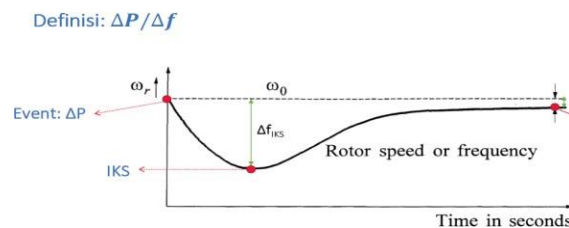
2. LANDASAN TEORI

2.1. Pembangkit EBT Intermitten atau Variable Renewable Energy (VRE)

PLTS (Pembangkit Listrik Tenaga Surya) dan PLTB (Pembangkit Listrik Tenaga Bayu) adalah pembangkit EBT yang paling populer saat ini, namun dua jenis EBT ini memiliki sifat ketidakstabilan daya listrik yang dihasilkannya. Oleh sebab itu maka dua jenis EBT ini disebut sebagai VRE (Variable Renewable Energy) atau pembangkit intermitten. Potensi PLTS di Sumatera sangat tinggi dibandingkan dengan potensi PLTB. Suatu PLTS dengan jarak diatas 12 km dapat dianggap sebagai Pembangkit independen. Penurunan daya untuk tiap independen PLTS dapat mencapai 75% per menit.

2.2. Indeks Kekuatan Sistem

Indeks kekuatan sistem (IKS) adalah besaran perbandingan perubahan daya (ΔP) terhadap perubahan frekuensi (Δf) suatu sistem (MW / Hz).



Gambar 1. Contoh Grafik Penurunan Daya dan Frekuensi

Dari gambar 2.1 dapat dianalisa penurunan frekuensi akibat penurunan daya pembangkit. Untuk menghitung IKS suatu sistem dapat menggunakan simulasi aliran daya dinamis pada aplikasi dan juga dapat diketahui dari data statistik gangguan pembangkit yang menyebabkan penurunan frekuensi.

2.3. Kestabilan Frekuensi

Kestabilan frekuensi adalah kemampuan suatu sistem tenaga untuk menjaga frekuensi dalam batas nominal setelah terjadi suatu perubahan ketidakseimbangan yang signifikan antara pembangkitan dan beban. Untuk menjaga kestabilan frekuensi perlu dipersiapkan cadangan Pembangkit untuk mengimbangi beban pada sistem. Sesuai aturan jaringan (grid code) Sumatera tahun 2020, frekuensi sistem dipertahankan dalam kisaran $\pm 0,20$ Hz di sekitar 50 Hz.

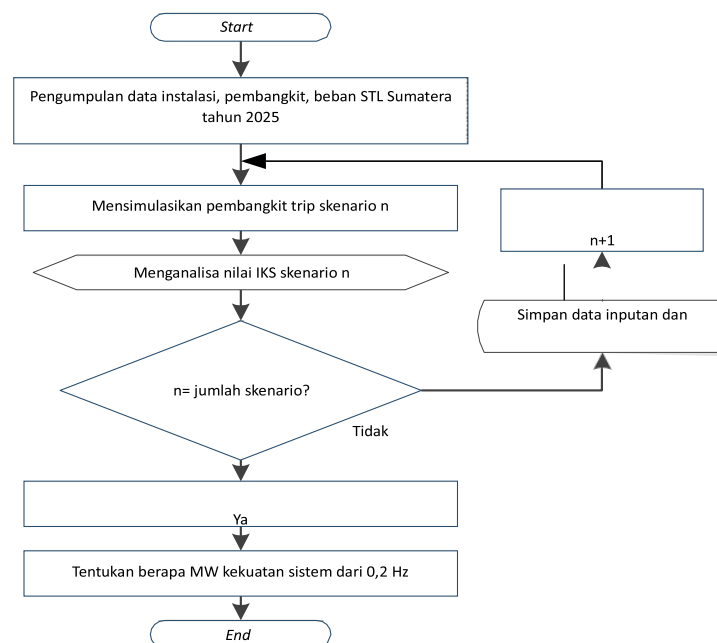
Kecepatan naik/turun daya Pemabangkit (Ramp Up / Ramp Down) pun harus dipersiapkan untuk mengimbangi laju perubahan beban agar frekuensi sistem tetap terjaga. Ramp rate unit pembangkit sangat dipengaruhi oleh jenis penggerak mula dan energi primer.

2.4. *Technical Minimum Load (TML)* Pembangkit

Technical Minimum Load adalah nilai beban dimana pembangkit masih mampu dioperasikan dengan keluaran daya minimum dalam waktu tertentu. Setiap jenis pembangkit, memiliki tingkat minimum load yang berbeda-beda sesuai dengan karakteristik dan spesifikasinya.

3. METODOLOGI PENELITIAN

Prosedur yang dilakukan pada penelitian ini adalah dengan mengumpulkan data rencana operasi sistem tenaga listrik Sumatera dari RUPTL 2021-2030 dan menyesuaikan perkembangan saat ini untuk dilakukan simulasi aliran daya dan mencari nilai indeks kekuatan sistem (IKS) Sumatera pada tahun 2025. Dari nilai IKS yang didapatkan maka dilakukan analisa besaran pembangkit intermitten yang dapat masuk ke sistem tanpa menyebabkan ketidakstabilan frekuensi.



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

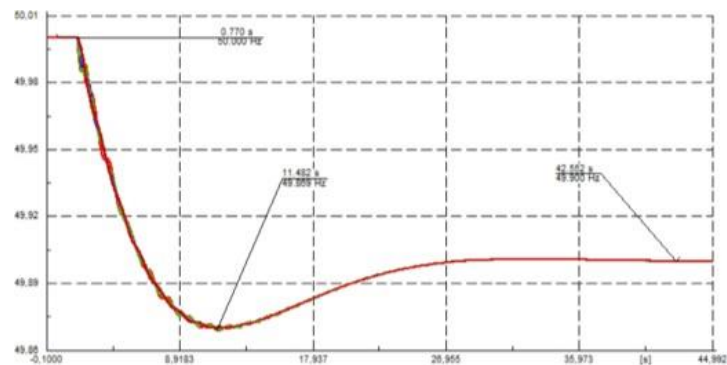
Seluruh data sistem disimulasikan menggunakan aplikasi secara dynamic, lalu dibuat scenario trip Pembangkit dan dilihat grafik respon frekuensi terhadap perubahan tersebut. Dari grafik ditentukan besaran Δf kemudian dilakukan scenario berikutnya. Setelah data seluruh scenario selesai disimulasikan maka dibuat persamaan linier untuk menentukan indeks kekuatan sistem rata-rata dari seluruh scenario yang telah dibuat. Setelah itu tentukan besaran penyimpangan frekuensi yang diizinkan sesuai aturan jaringan lalu dianalisa berapa besaran daya (MW) pembangkit intermitten yang dapat masuk sistem agar frekuensi pada sistem tidak menyimpang melebihi batasan pada aturan jaringan.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Simulasi Gangguan Pembangkit

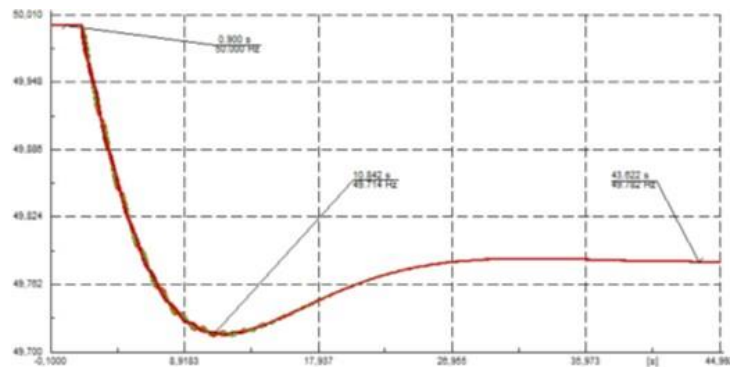
Simulasi gangguan pembangkit Simulasi menggunakan aplikasi Digsilent dengan beberapa case pembangkit trip untuk melihat besar penurunan frekuensi Sistem Sumatera. Base case yang digunakan adalah kondisi Sistem Sumatera berdasarkan RUPTL tahun 2025 dengan beban sebesar 5891 MW saat Luar Waktu Beban Puncak (LWBP).

4.1.1. Gangguan pembangkit sebesar 50 MW menyebabkan frekuensi di Sistem Sumatera turun dari 50 Hz menjadi 49,869 Hz. Hz.



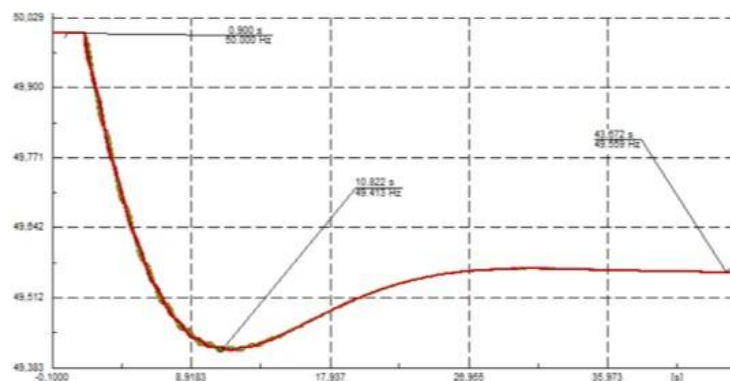
Gambar 3. Grafik Frekuensi Ketika Gangguan Pembangkit 50 MW

4.1.2. Gangguan pembangkit sebesar 100 MW menyebabkan frekuensi di Sistem Sumatera turun dari 50 Hz menjadi 49,714 Hz.



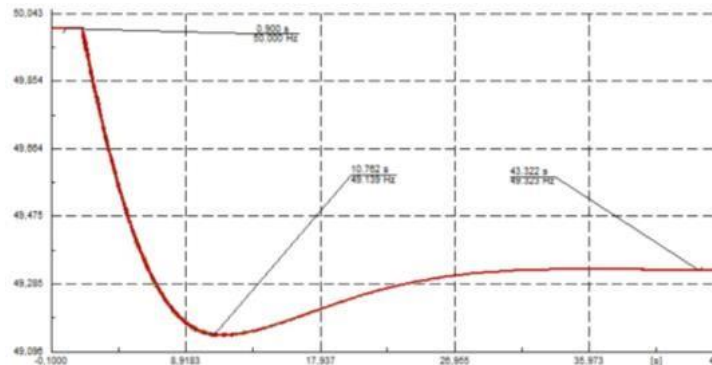
Gambar 4. Grafik Frekuensi Ketika Gangguan Pembangkit 100 MW

4.1.3. Gangguan pembangkit sebesar 200 MW menyebabkan frekuensi di Sistem Sumatera turun dari 50 Hz menjadi 49,413 Hz.



Gambar 5. Grafik Frekuensi Ketika Gangguan Pembangkit 200 MW

4.1.4. Gangguan pembangkit sebesar 300 MW menyebabkan frekuensi di Sistem Sumatera turun dari 50 Hz menjadi 49,139 Hz.



Gambar 6. Grafik Frekuensi Ketika Gangguan Pembangkit 300 MW

4.2. Indeks Kekuatan Sistem

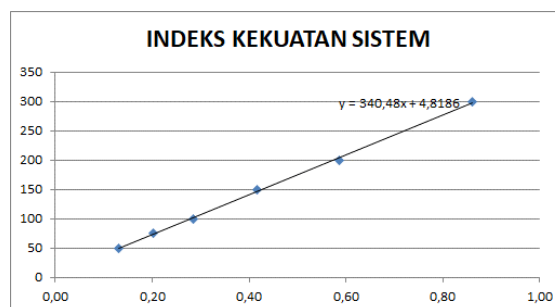
Indeks Kekuatan Sistem merupakan aspek penilaian pada suatu Interkoneksi Sistem Tenaga Listrik untuk mengetahui batasan nilai kekuatan Sistem saat terjadi gangguan. Biasanya Indeks Kekuatan Sistem (IKS) didapatkan dari rekapitulasi gangguan pada pembangkit yang menyebabkan frekuensi Sistem turun.

Dari hasil beberapa simulasi gangguan pembangkit di atas dapat kita hitung besar dari Indeks Kekuatan Sistem (IKS) Sumatera dengan menggunakan persamaan linear.

Tabel 1. Perubahan Frekuensi Terhadap Daya

FREK AWAL	FREK AKHIR	DELTA FREK	TRIP (MW)
50	49,869	0,13	50
50	49,797	0,20	75
50	49,714	0,29	100
50	49,583	0,42	150
50	49,413	0,59	200
50	49,139	0,86	300
50	48,823	1,177	400

Dari table diatas maka dibuat grafik persamaan linier sebagai berikut.



Gambar 7. Grafik Persamaan Linier

Dari hasil simulasi diatas didapatkanlah persamaan linear sebagai berikut :

$$y=340,48x +4,8186$$

dimana $x=1$

Maka didapatkanlah besar nilai Indeks Kekuatan Sistem Sumatera:

$$IKS = y = 345,2986 \text{ MW/Hz}$$

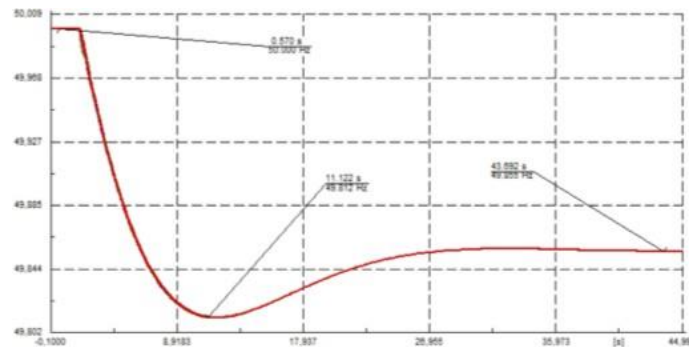
4.3. Kuota EBT Intermitten

Dari nilai Indeks Kekuatan Sistem (IKS) ini kita dapat menentukan berapa besar kuota maksimum penambahan pembangkit EBT intermitten pada tahun 2025. Dengan mempertimbangkan keandalan Sistem Sumatera dimana pembangkit EBT Intermitten yang dapat diakomodir adalah setara dengan kehilangan pembangkit yang menyebabkan ekskursi frekuensi sebesar 0,2 Hz. Maka dapat dihitung besar kuota maksimum pembangkit EBT Intermitten yang diizinkan Sistem Sumatera sebesar :

$$EBT = 0,2 \text{ Hz} \times 345,2986 \text{ Hz}$$

$$EBT = 69,0597 \text{ MW}$$

Gangguan pembangkit EBT Intermitten sebesar 69 MW menyebabkan frekuensi di Sistem Sumatera turun dari 50 Hz menjadi 49,812 Hz.



Gambar 8. Grafik Frekuensi Saat Gangguan Pembangkit 69 MW

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Dari hasil kajian yang dilakukan, didapatkan nilai kuota maksimum EBT intermitten yang dapat terhubung dengan tetap menjaga kestabilan frekuensi sesuai grid code sebesar 69 MW.

5.2. Saran

Agar memaksimalkan Pembangkit EBT yang stabil dan mengoptimalkan fungsi AGC dari Pembangkit, serta menambah kompensator pembangkit EBT intermitten seperti pump storage, battery energy storage system (BESS), dsb.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Stevenson, William D., dan Grainger, John J. (1994). Powe System Analysis. New York : McGraw-Hill International Edition.
- [2] LAPI ITB. (2021). Studi Optimalisasi Sistem Tenaga Listrik 2021-2030. Bandung : ITB.
- [3] PLN PUSDIKLAT. (2022). Pengenalan Sistem Tenaga Listrik. Jakarta : PLN.
- [4] Peraturan Menteri ESDM No. 20 Tahun 2020 Tentang “Aturan Jaringan Sistem Tenaga Listrik (Grid Code).

- [5] Banu Adrieq (2019). Studi Perencanaan Pembangkit Sistem Kalimantan Timur Dan Utara Untuk Masterplan Kalimantan Sampai Tahun 2050. Surabaya : Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

BIODATA PENULIS

Anggota Tim 1

Nama : Yudhi Pratama
NIP : 8913169ZY
Unit : UP2B Sumbagteng
Jabatan : TL Strategi Opreasi
Sistem
Email : pratama.yudhi89@gmail.com
No HP : +62 821-6904-1424



Anggota Tim 2

Nama : Nofriyanto Eka Putra
NIP : 9318341ZY
Unit : UP2B Sumbagteng
Jabatan : TC OP Real Time A
Email : nofriyanto7@gmail.com
No HP : +62 853-7462-4622



Anggota Tim 3

Nama : Atin Yudi Wibowo
NIP : 9519600ZY
Unit : UP2B Sumbagteng
Jabatan : JTC OP REAL TIME C
Email : attiny95@gmail.com
No HP : +62 858 7596 0295

