



Analisa Kestabilan Transien Pada Jaringan Listrik 150KV Di Gardu Induk Waru

Aswin Dwi Rochman¹, Gatut Budiono², Reza Sarwo Widagdo³

^{1,2,3} Jurusan Teknik Elektro, Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya

Alamat: Jurusan Teknik Elektro, Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya
Jl. Semolowaru 45 Surabaya 60118, Telp. +62-031-5931800

Email: aswindwirochman@gmail.com¹, gatut_budiono@untag-sby.ac.id²
rezaswidagdo@untag-sby.ac.id³

Abstract. *The occurrence of transient disturbances in the power network can be influenced by several factors, including when a short circuit occurs, motor starting, natural factors and sudden addition of load, which causes frequency instability on the bus. As in this study, an additional load of 10%, 20% and 30% for each feeder can cause transient disturbances which cause frequency stability on the 150kV bus. Frequency experiences instability when there is a transient disturbance caused by an additional load. By simulating using the Etap software, each feeder is given an additional load of 10%, showing a normal state. The 50Hz frequency experiences instability down to 47Hz and stabilizes again at 230 seconds. Hz and rose again at 245 seconds, and when given an additional load of 30% the frequency which was originally 50% experienced instability down to 47.5Hz and stabilized again at 230 seconds.*

Keywords: *Transient Interference, Bus Frequency Stability, Etap Software 19.0.1.y*

Abstrak. Terjadinya gangguan transien pada jaringan listrik dapat dipengaruhi beberapa faktor antara lain ketika terjadi hubung singkat, motor starting, faktor alam dan penambahan beban secara tiba-tiba, yang menyebabkan ketidakstabilan frekuensi pada bus. Seperti pada penelitian ini ketika terjadinya penambahan beban sebesar 10%, 20% dan 30% pada masing-masing penyulang dapat mengakibatkan gangguan transien yang menyebabkan pada kestabilan frekuensi pada bus 150kV. Frekuensi mengalami ketidakstabilan ketika terjadinya gangguan transien yang disebabkan oleh penambahan beban. Dengan simulasi menggunakan *software* Etap masing masing penyulang diberikan penambahan beban sebesar 10% menunjukkan keadaan normal Frekuensi 50Hz mengalami ketidakstabilan turun hingga 47Hz dan stabil kembali pada detik ke 230, ketika diberikan penambahn beban sebesar 20% dari keadaan normal 50Hz mengalami ketidakstabilan turun hingga 47,5 Hz dan naik kembali pada detik ke 245, dan ketika diberikan penambahan beban sebesar 30% frekuensi yang semula 50% mengalami ketidakstabilan turun hingga 47,5Hz dan stabil kembali pada detik ke 230.

Kata Kunci: Gangguan Transien, Kestabilan Frekuensi Bus, *Software* Etap 19.0.1

LATAR BELAKANG

Semakin berkembangnya zaman kebutuhan listrik diindonesia semakin berkembang juga, masalah stabilitas pada sistem tenaga listrik menjadi hal yang utama untuk menjamin kontinuitas dan keandalan operasi listrik. Suatu sistem dikatakan stabil bila terdapat keseimbangan antar daya beban atau daya output listrik. Daya output listrik berpengaruh pada kestabilan frekuensi yang didapat ketika sebuah beban dilakukannya penambahan beban dan ketika terjadinya gangguan pada jaringan listrik [2]. Frekuensi dapat berubah naik turun tergantung pada gangguan yang terjadi pada jaringan listrik termasuk gangguan transien. Transien adalah sebuah gangguan besar yang terjadi secara tiba-tiba yang dapat mempengaruhi kestabilan jaringan listrik.

Gangguan transien disebabkan oleh beberapa faktor diantaranya adalah karena factor alam bisa jadi karena cuaca yang panas dalam kurun waktu yang lama sehingga mempengaruhi transformator,disebabkan oleh penambahan beban secara tiba-tiba,hubung singkat, motor starting. Saat terjadi transien komponen-komponen mengalami tekanan yang sangat besar terhadap tegangan dan arus yang menyebabkan penurunan kinerja pada jaringan listrik. Arus transien juga dapat menyebabkan kerusakan pada transformator [4].

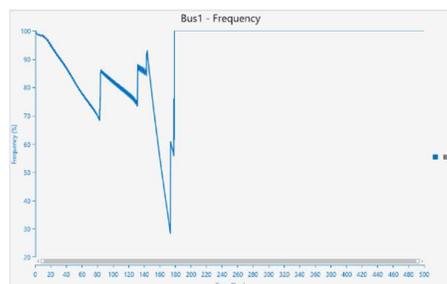
Dan gangguan transien sangat berpengaruh pada sistem kerja transformator atau sistem kelistrikan. Dapat dilihat dari frekuensi yang nantinya tidak stabil naik turun hingga pada detik keberapa frekuensi mendapatkan kestabilan kembali [5]. Dengan menggunakan aplikasi Etap bisa merancang dan mensimulasikan gangguan transien ketika terjadi penambahan beban pada sebuah penyulang.

KAJIAN TEORITIS

Kestabilan Transien

Kestabilan transien adalah kemampuan dari sistem tenaga untuk mempertahankan kondisi sinkron ketika mengalami gangguan transien berupa gangguan besar yang terjadi secara tiba-tiba pada sistem tenaga. Analisis kestabilan transien harus dilakukan pada sebuah sistem untuk mengetahui apakah sistem dapat bertahan ketika terjadi gangguan transien. Sebuah sistem dikatakan stabil ketika kondisi steady state, namun belum tentu stabil ketika terjadi gangguan transien. Transien disebabkan seperti ganguan hubung singkat,motor starting,penambahan beban secara tiba-tiba dan gangguan yang disebabkan oleh sentakan tegangan dan arus yang cukup besar sehingga menyebabkan terjadinya (Load Sheeding) yang mempengaruhi sistem tenaga listrik pada transformator. Kestabilan arus transien dapat disimulasikan dengan aplikasi etap dengan cara :

- a. Mendesain pemodelan sistem distribusi pada jaringan listrik
- b. Membuat sistem gangguan transien pada bus
- c. Menentukan rentang waktu pada saat gangguan dan menentukan parameter untuk mengetahui kestabilan jaringan listrik yang mengalami transien



Gambar 2.1. Grafik arus transien

Gambar diatas adalah simulasi ketika tegangan bus 150kV mengalami gangguan transien sehingga frekuensi tidak stabil naik turun dan pada detik tertentu frekuensi kembali stabil.

Stabilitas Sistem

Analisis kestabilan digolongkan kedalam tiga jenis, tergantung pada sifat dan besarnya masing-masing gangguan:

a. Stabilitas Keadaan Tetap

Stabilitas Keadaan Tetap (Steady State) yaitu kemampuan sistem tenaga listrik untuk menerima gangguan kecil yang bersifat gradual, yang terjadi disekitar titik keseimbangan pada kondisi tetap sistem tenaga listrik untuk mencapai kondisi stabil.

b. Stabilitas Dinamis

Stabilitas Dinamis Kemampuan sistem tenaga listrik untuk kembali ke titik keseimbangan setelah timbul gangguan yang relatif kecil secara tiba-tiba dalam waktu yang lama. Analisa kestabilan dinamis lebih kompleks karena juga memasukkan komponen kontrol otomatis dalam perhitungannya.

c. Stabilitas Peralihan

Stabilitas peralihan (Transien) yaitu kemampuan sistem untuk mencapai titik keseimbangan setelah mengalami gangguan yang besar sehingga sistem kehilangan stabilitas karena gangguan terjadi diatas kemampuan sistem.

Klasifikasi Kestabilan

Berdasarkan paper IEEE Transactions On Power Systems dengan judul Definition and Classification of Power System Stability, kestabilan sistem tenaga listrik. sistem tenaga yang dibagi menjadi tiga yaitu kestabilan frekuensi, kestabilan sudut rotor dan kestabilan tegangan.

Kestabilan Frekuensi

Kestabilan frekuensi merupakan kemampuan sistem tenaga listrik untuk mempertahankan frekuensi agar tetap dalam kondisi stabil ketika terjadi gangguan sistem yang besar akibat ketidakseimbangan antara suplai daya dan beban. Biasanya gangguan ini berupa perubahan pembangkitan atau beban yang signifikan. Titik keseimbangan antara suplai daya sistem dan beban harus dipertahankan untuk menjaga sistem dari hilangnya sinkronisasi.

Klasifikasi kestabilan frekuensi diklasifikasikan menjadi 2 yaitu jangka panjang dan jangka pendek. Kestabilan frekuensi jangka panjang disebabkan oleh kontrol governor tidak bekerja ketika terdapat gangguan. Rentang waktu fenomena jangka panjang yaitu puluhan detik

hingga beberapa menit. Kestabilan frekuensi jangka pendek adalah terjadinya perubahan beban yang besar sehingga generator tidak mampu untuk menyesuaikan kebutuhan daya pada sistem.

Single line

Single line diagram dibuat berdasarkan data yang telah diperoleh di lapangan. Pembuatannya menggunakan aplikasi ETAP. Dalam aplikasi ETAP terdapat fitur simulasi transien. Adapun bentuk single line diagram yang telah dibuat berdasarkan data real yang ada.

Periode Transien

Periode Transien mempunyai durasi waktu yang cukup singkat, yaitu pada skala milidetik dan terukur pada karakteristik magnitudo arus maupun frekuensinya. Impulsive transient Perubahan secara tiba-tiba dari tegangan, arus maupun keduanya dalam keadaan steady state dengan polaritas positif dan negatif.

Jaringan Listrik 150kV

Jaringan listrik 150 kV adalah jaringan listrik yang dioperasikan oleh Gardu Induk PLN untuk disalurkan ke konsumen seperti (pabrik-pabrik dan wilayah tertentu atau bahkan ke trafo trafo stepdown untuk diturunkan dayanya menjadi 70.

Transformator

Transformer (Trafo) Transformer adalah komponen utama yang harus ada dalam gardu induk karena fungsi gardu induk yang utama adalah untuk menurunkan dan menaikkan tegangan dan trafo adalah komponen yang berfungsi untuk menurunkan dan menaikkan tegangan. Gardu Induk merupakan sub sistem dari Transmisi tenaga listrik, merupakan satu kesatuan dari transmisi. Transmisi merupakan sub sistem dari sistem tenaga listrik. Berarti, gardu induk merupakan sub sub sistem dari sistem tenaga listrik.

Transformator juga biasa disebut dengan peralatan listrik yang dapat memindahkan dan mengubah energi listrik dari satu atau lebih rangkaian listrik ke rangkaian listrik lain melalui suatu gandengan magnet dan berdasarkan prinsip induksi elektromagnet menurut.

Pelepasan Beban

Pelepasan beban merupakan salah satu langkah untuk mempertahankan kestabilan. Jika terjadinya gangguan seperti generator outage yang mengakibatkan daya yang tersedia tidak dapat melayani beban sehingga diperlukannya pelepasan beban untuk menajanya agar tidak terjadinya black out.

Pelepasan Beban Secara Manual

Untuk pelepasan beban secara manual dilakukan ketika terjadinya starting motor besar yang menyebabkan sistem tidak stabil dilakukan pelepasan beban secara manual. Atau ketika tiba-tiba ada penambahan beban yang melebihi suplai daya dari generator. Hal ini

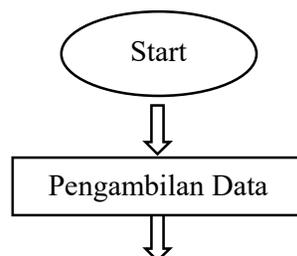
menyebabkan turunnya frekuensi dan tegangan sistem. Karena dengan turunnya tegangan dan frekuensi merupakan keadaan berbahaya maka operator melepas kan bebannya. Dengan melepaskan beban tersebut diharapkan perubahan tegangan atau frekuensi tidak berakibat fatal terhadap beban-beban yang ada.

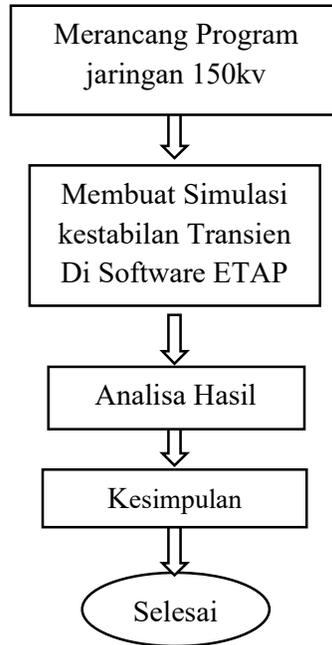
Pelepasan Beban Secara Otomatis

Pelepasan beban secara otomatis menggunakan under relay frequency. Under relay frequency bekerja berdasarkan penurunan frekuensi pada sistem tenaga setting under relay frequency dilakukan dalam kondisi beban berlebih atau disebabkan lepasnya salah satu generator dari sistem sehingga generator yang lain menanggung beban tambahan. Dengan kondisi beban berlebih ini sistem akan menurun. Jika kondisi ini berlangsung terus menerus, maka generator akan mengalami overload sehingga diperlukan mekanisme load shedding. Ketika terjadi gangguan yang mengakibatkan kondisi beban berlebih maka beban akan terlepas berdasarkan sinyal yang dikirim oleh under relay frequency Pelepasan dilakukan secara bertahap sesuai dengan nominalnya. Hal ini untuk menghindari terjadinya overvoltage. Under relay frequency akan bekerja sesuai dengan setting yang telah ditentukan untuk memutus beban secara bertahap sesuai dengan penurunan frekuensi yang terjadi. Under relay frequency terpasang pada substation-substation dan dihubungkan dengan pemutus daya pada feeder yang ingin dilepas.

METODE PENELITIAN

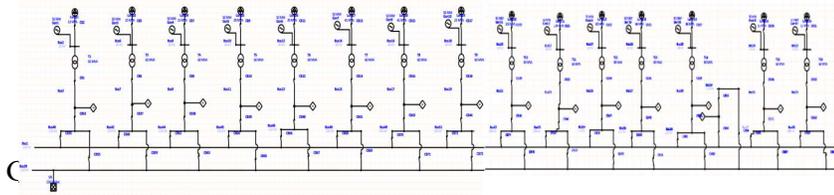
Tahapan untuk menyelesaikan rumusan masalah pada penelitian ini ditampilkan dalam bentuk diagram alir (*flowchart*) yang berguna untuk dijadikan panduan peneliti dalam mengerjakan penelitian dari awal hingga selesai.





HASIL DAN PEMBAHASAN

Simulasi ini dilakukan dengan software Etap 19.0.1 untuk menganalisa kestabilan transien pada jaringan listrik 150kV gardu idnuk waru.

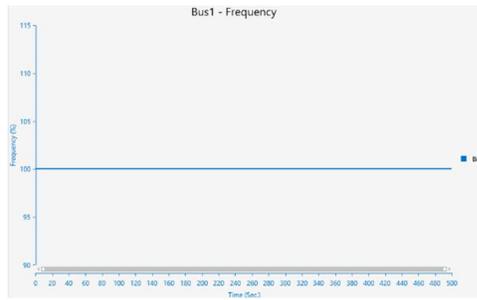


Dengan menggunakan data yang sudah diperoleh di Gardu Induk waru simulasi gangguan transien pada jaringan listrik 150kV dapat dilakukan dengan software Etap 19.0.1. gangguan transien diakibatkan oleh penambahan beban.

Simulasi terjadinya transien

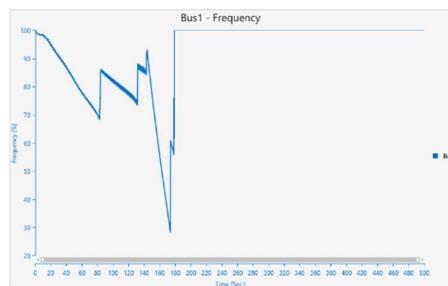
Penyulang Jatimsteel

Pada simulasi pertama yaitu dengan melakukan penambahan beban secara tiba-tiba sebesar 10%,20% dan 30% pada penyulang jatimsteel. Dan nantinya dapat dilihat perubahan dari frekuensi dari bus 150kV setelah terjadinya gangguan transien.



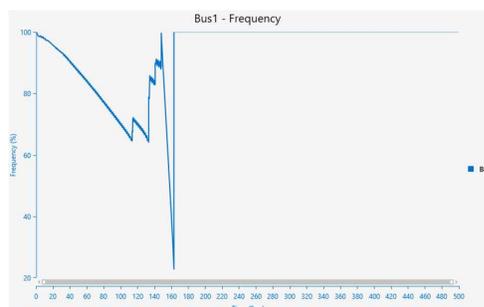
Gambar 4.1 Gambar Grafik Penyulang 1 keadaan Normal

Pada saat ini penambahan beban dan gangguan transien belum terjadi sehingga bus1 150kV masih stabil 100% di frekuensi 50Hz



Gambar 4.1. Gambar Grafik Penyulang 1 Penambahan Beban 10%

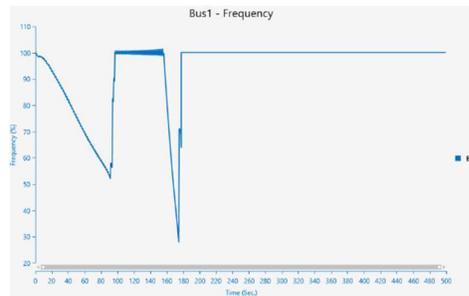
Pada gambar diatas penyulang pertama yaitu Jatimsteel diberikan mekanisme penambahan beban sebesar 10% dan terjadi gangguan transien yang menyebabkan frekuensi pada bus 1 mengalami ketidakstabilan sehingga frekuensi terus turun hingga angka 75% atau 37,5 Hz dari keadaan normal 100% atau 50Hz dan detik ke 80 frekuensi naik hingga menyentuh angka 85% atau 42,5Hz dan pada kurun waktu 80 – 160 detik frekuensi tidak stabil naik turun. Pada detik ke 160 frekuensi turun hingga 25% atau 12,5Hz dan naik kembali pada detik ke 170 hingga pada detik ke 190 frekuensi kembali stabil.



Gambar 4.1. Gambar Grafik Penyulang 1 Penambahan Beban 20%

Pada gambar diatas penyulang pertama yaitu Jatimsteel diberikan mekanisme penambahan beban sebesar 20% dan terjadi gangguan transien yang menyebabkan frekuensi

pada bus 1 mengalami ketidakstabilan sehingga frekuensi terus turun hingga 65% atau 32,5 dari keadaan frekuensi normal 100% atau 50Hz. Pada detik 110 frekuensi naik ke 70% atau 35Hz dan dalam kurun waktu 110-150 detik frekuensi tidak stabil naik turun hingga pada detik ke 150 frekuensi turun kurang lebih 20% atau 10Hz. Pada detik 160 frekuensi naik dan frekuensi stabil kembali.

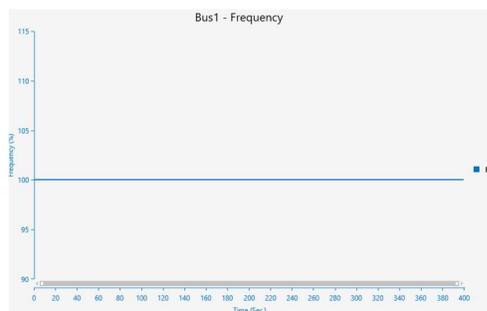


Gambar 4.1.1. Gambar Grafik Penyulang 1 Penambahan Beban 30%

Pada gambar diatas penyulang pertama yaitu Jatimsteel diberikan mekanisme penambahan beban sebesar 30% dan terjadi gangguan transien yang menyebabkan frekuensi pada bus 1 mengalami ketidakstabilan sehingga frekuensi terus turun hingga 50% atau 25Hz dari keadaan normal 100% atau 50Hz dan kembali naik pada detik ke 90. Pada detik ke 100 frekuensi hampir stabil tetapi turun kembali pada detik 160. Pada detik ke 170 frekuensi mulai kembali naik dan pada detik ke 190 frekuensi kembali stabil.

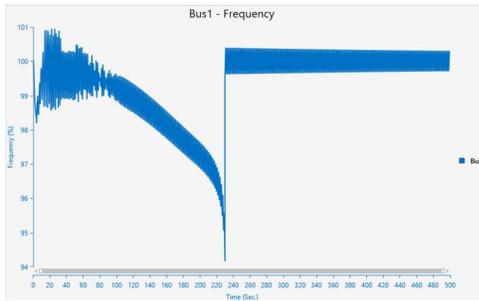
Simulasi Transien

Pada simulasi ini yaitu tiap-tiap penyulang melakukan penambahan beban secara tiba-tiba sebesar 10%,20% dan 30% pada penyulang. Dan nantinya dapat dilihat perubahan dari frekuensi dari bus 150kV setelah terjadinya gangguan transien. Untuk single line ketika penambahan beban 10%,20% dan 30% berada di lampiran.



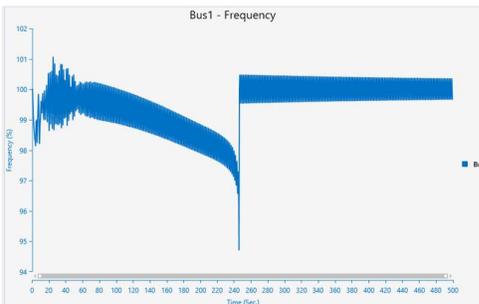
Gambar 4.2. Gambar Grafik Setiap Penyulang Keadaan normal

Pada saat ini gangguan transien belum terjadi karena belum adanya penambahan beban pada setiap penyulang keadaan bus 1 masih stabil dengan frekuensi 100% atau 50Hz.



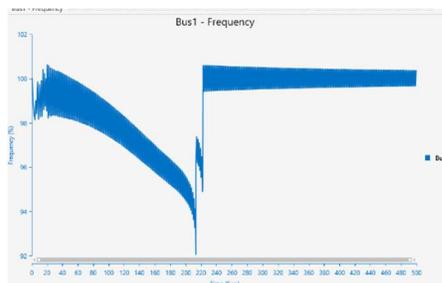
Gambar 4.2. Gambar Grafik Setiap Penyulang Penambahan beban 10%

Pada gambar diatas setiap penyulang diberikan penambahan beban sebesar 10% kemudian bus mengalami gangguan transien sehingga menyebabkan frekuensi langsung turun dan tidak stabil hingga pada detik ke 100 frekuensi turun hingga 94% atau 47Hz dan naik kembali untuk stabil pada detik ke 230.



Gambar 4.2. Gambar Grafik Setiap Penyulang Penambahan beban 20%

Pada gambar diatas setiap penyulang diberikan penambahan beban sebesar 20% kemudian bus mengalami gangguan transien sehingga menyebabkan frekuensi langsung turun dan tidak stabil hingga pada detik ke 70 frekuensi turun hingga sekitar 95% atau 47,5Hz dan naik kembali untuk stabil pada detik ke 245.



Gambar 4.2. Gambar Grafik Setiap Penyulang Penambahan beban 30%

Pada gambar diatas setiap penyulang diberikan penambahan beban sebesar 30% kemudian bus mengalami gangguan transien sehingga menyebabkan frekuensi langsung turun dan tidak stabil hingga pada detik ke 20 frekuensi turun hingga sekitar 92% atau 48,5Hz dan naik kembali pada detik ke 210 kemudian turun lagi ke 95% atau 47,5Hz. pada detik ke 230 frekuensi kembali naik dan stabil.

KESIMPULAN DAN SARAN

kesimpulan

Setelah dilakukannya Analisa kestabilan transien Jraingan Listrik 150Kv di Gardu Induk Waru dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Kestabilan transien pada jaringan listrik 150kV di Gardu Induk Waru ketika terjadinya gangguan transien berpengaruh pada kestabilan pada frekuensinya. Frekuensi pada bus 150kV mengalami ketidakstabilan naik turun dan akan stabil kembali pada antara detik ke 200 dalam kurun waktu 500-600 detik.

2. Dengan dilakukannya simulasi menggunakan software Etap 19.0.1 untuk mengetahui kestabilan transien pada jaringan listrik 150kV. Ketika beban di setiap penyulang mendapatkan penambahan beban sebesar 10%,20% dan 30% frekuensi pada bus 150kV mengalami ketidakstabilan di detik awal hingga pada sekitar detik ke 200 frekuensi mulai stabil kembali.

saran

Penelitian pada buku ini memiliki kekurangan dan membutuhkan pengembangan baru supaya hasil Analisa lebih lengkap dan sesuai dengan kondisi perkembangan terkini, saran dari penulis berikan hasil Analisa ini sebagai berikut: data pada buku ini dapat membantu penelitian selanjutnya utnuk mengembangkan Analisa kestabilan transien pada jaringan listrik 150kV di Gardu Induk waru.

DAFTAR REFERENSI

- [1] B. M. Tama dan S. I. Haryudo, “ANALISIS ARUS TRANSIEN TRANSFORMATOR SAAT PENYAMBUNGAN BEBAN DI BATU NIGHT SPECTACULER (BNS),” *J. Tek. Elektro*, vol. 09, 2020.
- [2] S. O. Ferdiansyah dan S. Sarwito, “Analisis Kestabilan Transien pada Container Crane dengan Suplai Energi Terbaru Berbasis Simulasi,” *J. Tek. ITS*, vol. 9, no. 2, hlm. G131–G136, Feb 2021, doi: 10.12962/j23373539.v9i2.57096.
- [3] B. A. Arzandhy, M. Pujiantara, dan D. Fahmi, “Analisis Kestabilan Transien Dan Mekanisme Pelepasan Beban Di PT. Pusri Akibat Penambahan Generator Dan

- Penambahan Beban,” *J. Tek. ITS*, vol. 6, no. 1, hlm. 170–175, Mar 2017, doi: 10.12962/j23373539.v6i1.21145.
- [4] D. N. K. Hardani, A. A. Triyanda, dan W. Winarso, “Monitoring Stabilitas Transien Pada Sistem Tenaga Listrik,” *JRST J. Ris. Sains Dan Teknol.*, vol. 3, no. 2, hlm. 69, Sep 2019, doi: 10.30595/jrst.v3i2.4686.
- [5] D. T. Kumara, O. Penangsang, dan N. K. Aryani, “Analisa Stabilitas Transien Pada Sistem Transmisi Sumatera Utara 150 kV - 275 kV dengan Penambahan PLTA Batang Toru 4 x 125 MW,” *J. Tek. ITS*, vol. 5, no. 2, hlm. B202–B206, Sep 2016, doi: 10.12962/j23373539.v5i2.16119.
- [6] R. P. Suteja, H. Suyono, dan R. N. Hasanah, “Analisis Stabilitas Transien pada Onshore Windfarm Terhubung VSC-HVDC Sistem Jawa Bali,” *ELKOMIKA J. Tek. Energi Elektr. Tek. Telekomun. Tek. Elektron.*, vol. 10, no. 4, hlm. 873, Okt 2022, doi: 10.26760/elkomika.v10i4.873.
- [7] A. Priyadi, A. Rimbodo, T. Puspita Sari, dan S. Soediby, “Pengaruh Penambahan SCES Terhadap Peningkatan Kestabilan Transien Menggunakan Metode Critical Trajectory Berbasis Losing Synchronism,” *J. FORTECH*, vol. 1, no. 1, hlm. 7–12, Feb 2020, doi: 10.32492/fortech.v1i1.216.
- [8] J. A. Pongtiku, M. Tuegeh, dan I. H. Tumaliang, “Analisa Stabilitas Transien