

Optimasi Penempatan Kapasitor Bank dalam Memperbaiki Undervoltage pada Studi Kasus Kontingensi Jaringan Listrik 150 kV Madura

Sujito^{1*}, Thoriq Bachtiar Yusuf Ekananda², Dyah Lestari³, Moh. Zainul Falah⁴, Abdullah Iskandar Syah⁵

1. Universitas Negeri Malang, Indonesia | sujito.ft@um.ac.id
2. Universitas Negeri Malang, Indonesia | thoriq.bachtiar.1905366@students.um.ac.id
3. Universitas Negeri Malang, Indonesia | dyah.lestari.ft@um.ac.id
4. Universitas Negeri Malang, Indonesia | mzainulfalah@gmail.com
5. Universitas Negeri Malang, Indonesia | abd.iskandar27@gmail.com

Abstrak

Proses pendistribusian energi listrik dituntut menjaga kualitas daya supaya mendapatkan stabilitas tenaga listrik tetap handal. Pada tahun 2015-2019, di pulau Madura hanya terdapat lima gardu induk. Seiring dengan pertambahan kebutuhan tenaga listrik di beberapa wilayah pulau Madura, untuk memperbaiki mutu dan keandalan penyaluran tenaga listrik ke konsumen, diadakan proyek penambahan Gardu Induk Guluk. Penambahan gardu induk tersebut akan berpengaruh terhadap aliran daya dan tegangan pada sistem tenaga listrik. Oleh karena itu, perlu dilakukan uji keandalan dengan cara melakukan analisis kontingensi dengan metode menggunakan metode Indeks Performa Tegangan (IPT) yang mengurutkan dampak kontingensi terparah dan langkah perbaikannya. Langkah yang dilakukan ketika terjadi undervoltage yaitu dilakukan penempatan kapasitor. Hasil dari penelitian ini memperlihatkan bahwa dampak terparah atau rangking tertinggi performa indeks tegangan terjadi pada skenario Bangkalan A-Sampang A dimana nilai tegangan bus Guluk sebesar 134,2 kV dan nilai tegangan bus Sumenep sebesar 134,5 kV. Dari hasil tersebut, perlu dilakukan penempatan kapasitor pada bus sumenep sebesar 8,046 MVAR. Hasil penempatan kapasitor dapat memperbaiki tegangan pada bus sumenep sebesar 140,8 kV ketika kondisi normal dan 135,5 kV ketika kondisi skenario 4.

Kata Kunci

Analisis kontingensi, sistem tenaga listrik 150 kV Madura, Indeks Performa Tegangan, penempatan kapasitor

1. Pendahuluan

Sistem distribusi jaringan listrik adalah bagian dari sistem tenaga listrik yang berfungsi untuk menyalurkan tenaga listrik dari suatu gardu induk distribusi menuju ke konsumen. Proses pendistribusian energi listrik dituntut untuk menjaga kualitas daya supaya mendapatkan stabilitas tenaga listrik tetap handal. Proses pendistribusian tenaga listrik kepada pelanggan bisa ditempuh dengan jarak yang dekat dan jarak yang jauh. Hal ini menyebabkan terjadinya rugi-rugi daya dan undervoltage (Effendi et al., 2017; Hajar and Rahayuni, 2020; Nugroho et al., 2022; Sujito et al., 2023, 2021). Sistem tenaga listrik dapat didefinisikan sebagai suatu kemampuan sistem untuk memberikan suatu pasokan tenaga listrik yang cukup dengan kualitas yang memuaskan. Semakin meningkatnya kebutuhan akan tenaga listrik, menuntut suatu sistem tenaga listrik yang mempunyai keandalan dalam penyediaan dan penyaluran dayanya pada suatu jaringan distribusi (Habsoro et al., 2013; Octavianto et al., 2013).

Jaringan listrik 150 kV Madura yang merupakan bagian dari sub-sistem Krian 1,2 Gresik yang melalui dua saluran yaitu saluran dari Ujung-Bangkalan dan saluran Kenjeran-Gilitimur. Jaringan listrik ini masing-masing kapasitas salurannya sebesar 150 kV dan nantinya akan menyuplai kebutuhan beban pada pulau Madura. Pada tahun 2015-2019, di pulau Madura hanya terdapat lima gardu induk, seperti gardu induk Gilitimur, gardu induk Bangkalan, gardu induk Sampang, gardu induk Pemekasan, dan gardu induk Sumenep (Dali et al., 2022; Ridzki et al., 2021). Pada Rabu, 29 Mei 2019 telah dilaksanakan penambahan gardu induk 150 kV Guluk-guluk yang terletak di Kabupaten Sumenep, Pulau Madura, Jawa Timur. Pembangunan gardu induk tersebut tentunya akan berpengaruh terhadap sistem tenaga listrik sub sistem Madura. Untuk mengetahui kondisi sistem tenaga listrik baik atau tidaknya ketika terjadi gangguan, dapat diketahui dengan cara melakukan analisis kontingensi pada jaringan 150 kV Madura.

Analisis kontingensi merupakan analisis untuk memprediksi kondisi sistem pasca terjadinya pelepasan (*outage*) baik berupa pelepasan saluran maupun generator (Palasworo and Widiyanto, 2018). Analisis ini dilakukan untuk memprediksi kejadian terburuk pada sistem tenaga listrik apabila terjadinya kegagalan pada sistem tenaga (Gultom et al., 2023; Monice et al., 2019). Ada beberapa metode yang bisa digunakan dalam menganalisis kontingensi. Salah satunya adalah metode Indeks Performa Tegangan (IPT) yang memiliki prosedur penyelesaian dengan menggunakan parameter tegangan pada bus pada saat terjadi skenario kontingensi (Falah et al., 2021).

Undervoltage adalah peristiwa penurunan tegangan yang terjadi secara berkepanjangan. Jenis gangguan tegangan ini jika tersambung ke peralatan listrik atau elektronika dan melebihi batas toleransi nominalnya dapat mengganggu kinerja sistem jaringan listrik atau bahkan bisa merusaknya (Kusumadewi et al., 2014; Siringoringo et al., 2019). Dalam Permen ESDM No. 20 Tahun 2020, mensyaratkan bahwa undervoltage tegangan dengan sistem 70 kV dan 150 kV hanya diperbolehkan mengalami variasi +5 % dan -10 % dari tegangan nominal peraturan standar.

Penempatan kapasitor menjadi salah satu cara untuk mengatasi sistem distribusi yang mengalami *undervoltage*. Pemasangan kapasitor bank adalah usaha yang dilakukan untuk memberikan *supply* daya reaktif (Hakim et al., 2017). Penggunaan kapasitor bank akan mengurangi penyerapan daya reaktif sistem oleh beban. Hal ini dilakukan agar jatuh tegangan dan rugi-rugi jaringan yang terjadi dapat dikurangi (Murianto et al., 2020). Optimasi penempatan diperlukan agar penempatan kapasitor sesuai dengan kebutuhan, jika kapasitor ditempatkan terlalu jauh atau terlalu dekat dengan beban yang membutuhkan kompensasi, menyebabkan tegangan yang tidak stabil (Jurnal, 2018; Nugraha and Desnanjaya, 2021).

Dari penjelasan tersebut maka diperlukan analisis kontingensi pada sistem tenaga listrik khususnya pada jaringan transmisi 150 KV Madura untuk menjaga keamanan dalam operasi sistem tenaga listrik Madura di masa yang akan datang. Dalam penelitian ini menggambarkan kemungkinan adanya kontingensi pada seluruh saluran transmisi yang ada di jaringan 150 KV Madura yang berjumlah 10 dan akan digambarkan 10 kemungkinan sebagai skenario kontingensi jaringan 150 kV Madura, dengan upaya perbaikan aliran daya menggunakan kapasitor yang efektif.

2. Metode

1) Metode Indeks Performa Tegangan (IPT)

Salah satu cara untuk melakukan pemilihan kasus pelepasan adalah dengan menggunakan metode IPT. Metode IPT unggul dalam kecepatan, kesederhanaan, dan kemampuan monitoring real-time, menjadikannya sangat cocok untuk aplikasi praktis dalam pemantauan kestabilan tegangan dan penilaian kondisi sistem secara kuantitatif. Metode IPT menggunakan parameter tegangan bus melalui Pers. (1).

$$IP_{v_i} = \sum_{i=1}^m \left(\frac{V_j^{mins}}{V_{j,i}} \right) + \sum_{i=1}^m \left(\frac{V_{j,i}}{V_j^{maks}} \right) \quad \text{Pers. (1)}$$

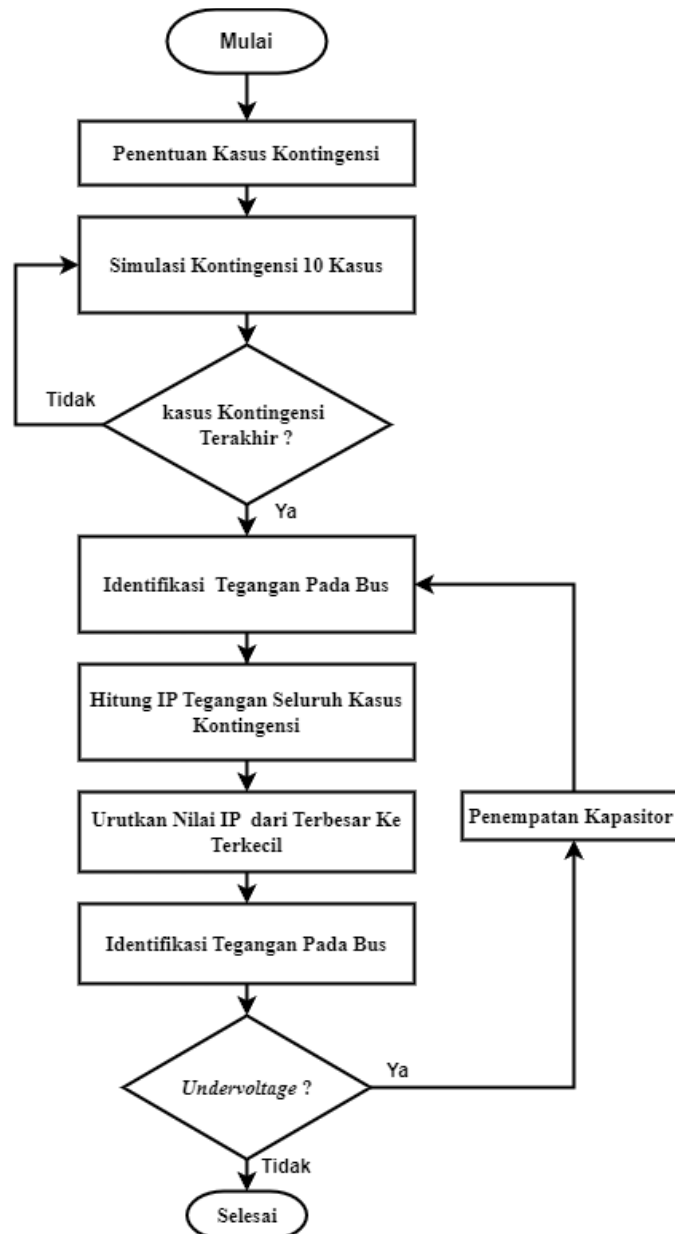
Keterangan :

- IP_{v_i} = indeks performa tegangan kontingensi saluran I
- $V_{j,i}$ = nilai tegangan pada bus j saat kontingensi saluran i (kV)
- V_j^{mins} = batas minimal tegangan pada bus j, (kV) (135 kV) (standart PLN - 10% + 5%)
- V_j^{maks} = batas maksimal tegangan pada bus j, (kV) (157,5 kV) (standart PLN - 10% + 5%)

2) Rancangan Penelitian

Untuk menganalisis kontingensi pada jaringan listrik 150 kV Madura, dimulai dari mengidentifikasi aliran daya dari simulasi ETAP 12.6 yang nantinya akan dihitung masing-masing kontingensi saluran yang dilepas dengan bantuan skenario yang telah dibuat. Untuk proses simulasi rangkaian menggunakan *software* ETAP 12.0.6 sebagai pemodelan *Single Line*

Diagram. Prosedur analisis kontingensi pada sistem kelistrikan 150 kV Madura dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Rancangan Penelitian

3) Data Penelitian

Data penelitian ini adalah sistem ketenagalistrikan 150 kV Madura yang meliputi *single line diagram* tenaga listrik 150 kV Madura dengan sub sistem wilayah Krian 1,2 Gresik, Data parameter saluran transmisi, data trafo, data bus, dan data beban puncak.

4) Kasus Kontingensi

Kasus kontingensi pada saluran transmisi yang dilakukan penelitian ini terdiri dari sepuluh kasus pelepasan. Tabel 1 menunjukkan kasus kontingensi pada kajian ini.

Tabel 1. Kasus Kontingensi

Kasus	Saluran Outage
1	Infinity - Gilitimur A
2	Infinity - Bangkalan A
3	Gilitimur B - Bangkalan B
4	Bangkalan A - Sampang A
5	Bangkalan B - Sampang B
6	Sampang A - Pamekasan
7	Sampang B - Guluk B
8	Guluk A - Pamekasan
9	Guluk A - Sumenep A
10	Guluk B - Sumenep B

3. Hasil dan Pembahasan

1) Sistem Tenaga Listrik 150 kV Madura

Gambar 2 menunjukkan hasil aliran daya jaringan 150 kV Madura yang telah diimplementasikan menggunakan aplikasi ETAP 12.0 dalam keadaan normal. Aliran daya saat normal (sebelum kontingensi) memperlihatkan jaringan 150 kV Madura dalam kondisi baik. Kemudian untuk nilai tegangan masing-masing bus ditampilkan pada Tabel 2.

2) Rangking Kontingensi Menggunakan Metode IPT

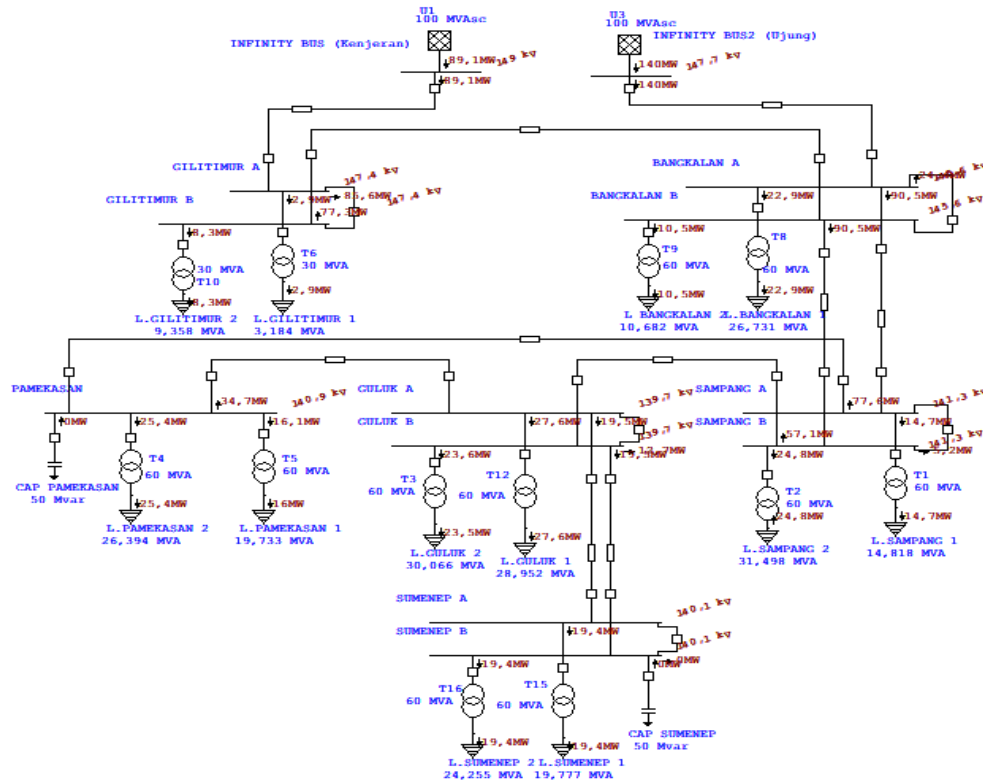
Pengurutan atau ranking dapat dihitung menggunakan beberapa metode, salah satunya adalah metode IPT. Metode ini membutuhkan hasil aliran daya pada setiap skenario kontingensi terutama nilai tegangan pada setiap bus. Tabel 3 menunjukkan hasil tegangan pada setiap bus ketika terjadi skenario kontingensi 1. Perhitungan IPT membutuhkan nilai tegangan bus jaringan 150 kV Madura. IPT dapat dicari dengan Pers (1).

$$IP_{vi} = \sum_{i=1}^m \left(\frac{V_j^{mins}}{V_{j,i}} \right) + \sum_{i=1}^m \left(\frac{V_{j,i}}{V_j^{maks}} \right)$$

$$IP_{vi} = \left(\frac{135}{145,6} \right) + \left(\frac{145,6}{157,5} \right) + \left(\frac{135}{141,4} \right) + \left(\frac{141,4}{157,5} \right) + \left(\frac{135}{137,2} \right) + \left(\frac{137,2}{157,5} \right) + \left(\frac{135}{135,7} \right) + \left(\frac{135,7}{157,5} \right) + \left(\frac{135}{136,8} \right) + \left(\frac{136,8}{157,5} \right) + \left(\frac{135}{136} \right) + \left(\frac{136}{157,5} \right)$$

$$IP_{vi} = 1,8516 + 1,8525 + 1,8551 + 1,8554 + 1,8564 + 1,8561 = 11,1271$$

V_j^{mins} diperoleh dari -10% dari 150 kV sebesar 135 kV dan V_j^{maks} diperoleh dari dari +5% dari 150 kV sebesar 157,5 kV sesuai dengan standar yang sudah ditentukan. Tabel 4 memperlihatkan hasil perhitungan IPT.



Gambar 2. Simulasi Aliran Daya Sistem Jaringan Listrik 150 kV Madura Saat Normal

Tabel 2 Tegangan Pada Masing-masing Bus Sistem Jaringan Listrik 150 kV Madura Saat Normal (Sebelum Kontingensi)

No	Bus ID	Tegangan (kV)
1	Infinity (Kenjeran)	149,0
2	Infinity (Ujung)	147,7
3	Gilitimur A	147,4
4	Gilitimur B	147,4
5	Bangkalan A	145,6
6	Bangkalan B	145,6
7	Sampang A	141,3
8	Sampang B	141,3
9	Pamekasan	140,9
10	Guluk A	139,7
11	Guluk B	139,7
12	Sumenep A	140,1
13	Sumenep B	140,1

Tabel 3 Tegangan Bus Skenario Kontingensi 1

No	Bus ID	Tegangan pada Saat Normal (kV)	Tegangan pada Skenario Kontingensi 1 (kV)
1	Infinity (Kenjeran)	149,0	149,0
2	Infinity (Ujung)	147,7	147,7
3	Gilitimur B	147,4	145,6
4	Gilitimur A	147,4	145,6
5	Bangkalan A	145,6	141,4
6	Bangkalan B	145,6	141,4
7	Sampang A	141,3	137,2
8	Sampang B	141,3	137,2
9	Pamekasan	140,9	136,8
10	Guluk A	139,7	135,7
11	Guluk B	139,7	135,7
12	Sumenep A	140,1	136,0
13	Sumenep B	140,1	136,0

Tabel 4 IPT Jaringan Listrik 150 kV Madura

Skenario	Saluran <i>Outage</i>	IP V
1	Infinity - Bangkalan A	11,1271
2	Infinity - Gilitimur A	11,1203
3	Gilitimur B - Bangkalan B	11,1196
4	Bangkalan A - Sampang A	11,1323
5	Bangkalan B - Sampang B	11,1323
6	Sampang A - Pamekasan	11,1233
7	Sampang B - Guluk B	11,1203
8	Guluk A - Pamekasan	11,1184
9	Guluk A - Sumenep A	11,1152
10	Guluk B - Sumenep B	11,1152

Saluran kontingensi Bangkalan A – Sampang A menempati urutan pertama pada perhitungan IPT yang menjadikan kondisi terburuk saat terjadinya kontingensi dengan nilai IPT sebesar 11,1323. Salah satu yang menyebabkan saluran transmisi Bangkalan A – Sampang A mempunyai nilai IPT terbesar salah satunya disebabkan bus bangkalan terhubung lebih banyak ke bus penyalur beban.

3) Pencegahan Terhadap Dampak Kontingensi

Tabel 5 memperlihatkan nilai tegangan pada saat skenario kontingensi dilakukan. Dalam Tabel 5 diketahui bahwa terjadi *undervoltage* pada beberapa bus khususnya pada bus Guluk yang menjadi urutan terparah ketika terjadi skenario kontingensi terutama pada skenario 4 dan 5 dimana nilai tegangan bus Guluk sebesar 134,2 kV. Oleh karena itu perlu adanya penempatan kapasitor untuk memperbaiki *undervoltage* pada sistem tenaga listrik 150 kV Madura.

Tabel 5 Besar Nilai Tegangan Masing-masing Bus

Bus	Kasus									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	149,0	149,0	149,0	149,0	149,0	149,0	149,0	149,0	149,0	149,0
2	147,7	147,7	147,7	147,7	147,7	147,7	147,7	147,7	147,7	147,7
3	145,6	143,2	148,8	147,3	147,3	147,3	147,4	147,4	147,4	147,4
4	145,6	143,2	148,8	147,3	147,3	147,3	147,4	147,4	147,4	147,4
5	141,4	143,5	143,8	145,3	145,3	145,3	145,5	145,6	145,6	145,6
6	141,4	143,5	143,8	145,3	145,3	145,3	145,5	145,6	145,6	145,6
7	137,2	139,3	139,6	135,7	135,7	140,0	140,7	141,2	141,3	141,3
8	137,2	139,3	139,6	135,7	135,7	140,0	140,7	141,2	141,3	141,3
9	136,8	138,9	139,2	135,3	135,3	137,0	139,0	142,1	140,8	140,8
10	135,7	137,7	138,0	134,2	134,2	136,2	136,9	136,9	139,6	139,6
11	135,7	137,7	138,0	134,2	134,2	136,2	136,9	136,9	139,6	139,6
12	136,0	138,1	138,4	134,5	134,5	136,6	137,2	137,3	140,3	140,3
13	136,0	138,1	138,4	134,5	134,5	136,6	137,2	137,3	140,3	140,3

Tabel 6 Hasil Penempatan Kapasitor

Kasus	Posisi Kapasitor (Bus)	Kapasitor (MVAR)	Bus ID	Tegangan Normal (kV)	Tegangan Ketika Kontingensi (kV)
4	Guluk	8,046	Gilitimur A	147,5	147,4
			Gilitimur B	147,5	147,4
			Bangkalan A	145,7	145,4
			Bangkalan B	145,7	145,4
			Sampang A	141,9	136,6
			Sampang B	141,9	136,6
			Pamekasan	141,7	136,4
			Guluk A	140,8	135,5
			Guluk B	140,8	135,5
			Sumenep A	141,2	135,9
			Sumenep B	141,2	135,9

Berdasarkan Tabel 6, penempatan kapasitor pada Bus Guluk sebesar 8,046 MVAR dapat memperbaiki tegangan pada sistem jaringan listrik 150 kV Madura. Dengan tegangan normal pada bus Guluk sebesar 140.8 kV ketika kondisi normal dan 135.5 kV ketika terjadi skenario kontingensi 4. Nilai tegangan masih sesuai dengan ambang batas atau standar Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral CC2.0:2007 dengan ambang batas tegangan -10% (135 kV).

4. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang sudah dilakukan dapat disimpulkan bahwa dengan adanya skenario kontingensi yang dilakukan pada sistem jaringan listrik 150 kV Madura menyebabkan perubahan tegangan pada setiap bus. Salah satu skenario yang mengalami perubahan yang signifikan adalah pada saat skenario kontingensi 4. Hasil dari skenario kontingensi 4 menyebabkan terjadinya *undervoltage* dari beberapa bus seperti bus Guluk dan juga bus

Sumenep. Bus Guluk menjadi bus terparah akibat dari skenario kontingensi 4 yang mana bus Guluk mengalami *undervoltage* dengan tegangan bus sebesar 134,2 kV.

Hasil perhitungan IPT pada setiap skenario kontingensi 1–10 menghasilkan rangking tertinggi ke terendah. Dimana rangking tertinggi berada pada skenario kontingensi 4 dengan nilai 11,1323 yang terjadi pada saat pelepasan saluran Bangkalan A–Sampang A. Rangking tertinggi menunjukkan bahwa skenario tersebut paling berpengaruh terhadap sistem kelistrikan 150 kV Madura.

Skema atau skenario pencegahan ketika terjadi *undervoltage* adalah dengan penempatan kapasitor. Penempatan kapasitor dilakukan pada bus sumenep sebesar 8,046 MVAR sebagai bus dampak *undervoltage* terparah. Berdasarkan penempatan kapasitor sebesar 8,046 MVAR pada bus Guluk diketahui bahwa penempatan kapasitor tersebut dapat memperbaiki tegangan pada bus sumenep sebesar 140,8 kV ketika kondisi normal dan 135,5 kV ketika kondisi skenario 4 yang masih sesuai dengan ambang batas atau standar Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral CC2.0:2007 dengan ambang batas tegangan -10% (135 kV).

Daftar Rujukan

- Dali, S.W., Ridzki, I., Duanaputri, R., Maulana, E.R., 2022. Analisis Pengaruh Penambahan Gardu Induk Terhadap Aliran Daya dan Profil Tegangan. *Elposys: Jurnal Sistem Kelistrikan* 9, 58–63. <https://doi.org/10.33795/elposys.v9i2.617>
- Effendi, A., Dewi, A.Y., Crismas, E., 2017. Analisa Drop Tegangan PT PLN (Persero) Rayon Lubuk Sikaping Setelah Penambahan PLTM Guntung. *Jurnal Teknik Elektro* 6, 199–203. <https://doi.org/10.21063/JTE.2017.3133623>
- Falah, M.Z., Sujito, Wirawan, I.M., 2021. Contingency Analysis on 150 kV Electricity Power System on The Madura Island Based on The 1P1Q Method. Presented at the 4th Forum in Research, Science, and Technology (FIRST-T1-T2-2020), Atlantis Press, pp. 202–207. <https://doi.org/10.2991/ahe.k.210205.036>
- Gultom, A.R., Dewi, A.Y., Zukarnaini, Kartiria, 2023. N-1 Security Contingency Analysis through the IEEE Bus Application Performance Index Method 9. *EKSAKTA* 24, 40–55. <https://doi.org/10.24036/eksakta/vol24-iss01/387>
- Habsoro, S.W., Nugroho, A., Winardi, B., 2013. Analisa Penempatan Kapasitor Bank untuk Perhitungan Drop Voltage pada Feeder Batang 02 Tahun 2012-2016 dengan Software ETAP 7.0.0. *Transient: Jurnal Ilmiah Teknik Elektro* 2, 16–23. <https://doi.org/10.14710/transient.v2i1.16-23>
- Hajar, I., Rahayuni, S.M., 2020. Analisis Perbaikan Faktor Daya Menggunakan Kapasitor Ban di Plant 6 PT. Indocement Tunggal Prakarsa Tbk. Unit Citereup. *Setrum : Sistem Kendali-Tenaga-elektronika-telekomunikasi-komputer* 9, 8–16. <https://doi.org/10.36055/setrum.v9i1.8111>
- Hakim, M.F., Wibowo, S.S., Pamuji, L., 2017. Analisis Perencanaan Kompensator Daya Kapasitif di Gardu Induk (GI) Sumenep untuk Perbaikan Jatuh Tegangan 15. *Jurnal, R.T.*, 2018. Analisis Drop Tegangan pada Jaringan Tegangan Menengah dengan Menggunakan Simulasi Program ETAP: Tri Joko Pramono; Erlina; Soetjipto Soewono; Fatimah. *Energi & Kelistrikan* 10, 26–37. <https://doi.org/10.33322/energi.v10i1.321>

- Kusumadewi, D.A., Hadi, W., Kalimantan, J., 2014. Rancang Bangun Pabel Capacitor Bank untuk Perbaikan Faktor Daya pada Pabrik Triplex Plywood Industri Desa Wonosobo Kec. Srono Kab. Banyuwangi.
- Monice, M., Situmeang, U., Perinov, P., 2019. Analisis Kontingensi Sistem Tenaga Listrik Riau Menggunakan Metode Aliran Daya Newton Raphson. Prosiding Seminar Nasional Pakar 1.23.1-1.23.8. <https://doi.org/10.25105/pakar.v0i0.4160>
- Murianto, J., Febrianto, D., Wandy, W., Azmi, F., Perangin-angin, D., 2020. Rancang Bangun Alat Uji Pada Perbaikan Faktor Daya Dengan Capsitor Bank. *Journal of Electrical and System Control Engineering* 4, 53–62. <https://doi.org/10.31289/jesce.v4i1.3995>
- Nugraha, I.M.A., Desnanjaya, I.G.M.N., 2021. Penempatan dan Pemilihan Kapasitas Transformator Distribusi Secara Optimal pada Penyulang Perumnas. *Jurnal RESISTOR (Rekayasa Sistem Komputer)* 4, 33–44. <https://doi.org/10.31598/jurnalresistor.v4i1.722>
- Nugroho, Z.S., Sujito, Gumilar, L., Faiz, Moh.R., Falah, Moh.Z., Syah, A.I., 2022. Analysis of Protection System Based On-Line Current Differential Using Nominal Phi Method on 150 Kv Transmission Line Ngimbang-Babat 1, in: 2022 International Conference on Electrical Engineering, Computer and Information Technology (ICEECIT). Presented at the 2022 International Conference on Electrical Engineering, Computer and Information Technology (ICEECIT), pp. 159–166. <https://doi.org/10.1109/ICEECIT55908.2022.10030224>
- Octavianto, A.K., Karnoto, K., Handoko, S., 2013. Analisis Perbaikan Drop Voltage dengan Penggantian Kabel Penampang dan Evaluasi Koordinasi OCR-Recloser Studi Kasus pada Penyulang Kalisari 1 dan 2 GI Kalisari – Semarang. *Transient: Jurnal Ilmiah Teknik Elektro* 2, 826–833. <https://doi.org/10.14710/transient.v2i3.826-833>
- Palasworo, F.J., Widiyanto, A., 2018. Analisis Kontingensi Saluran Transmisi Pada Jaringan 150 kV Surabaya Selatan. *CYCLOTRON* 1. <https://doi.org/10.30651/cl.v1i1.1294>
- Ridzki, I., Duanaputri, R., Maulana, E.R., Wardani, A.L., 2021. Analisis pengaruh penambahan gardu induk Guluk-Guluk terhadap aliran daya dan profil tegangan pada sub sistem Krian Gresik. *JURNAL ELTEK* 19, 55.
- Siringoringo, F.G., Sofwan, A., Nugroho, A., 2019. Over/Under Voltage Relay Menggunakan Mikrokontroler pada Tegangan 1 Fasa 220VAC. *Transient: Jurnal Ilmiah Teknik Elektro* 8, 93–100. <https://doi.org/10.14710/transient.v8i1.93-100>
- Sujito, Falah, M.Z., Faiz, M.R., 2021. Study of Capacitor Placement to Improve the Voltage Profile in Contingency Conditions of the 150 kV Madura Electricity Power System. Presented at the 4th Forum in Research, Science, and Technology (FIRST-T1-T2-2020), Atlantis Press, pp. 135–140. <https://doi.org/10.2991/ahe.k.210205.025>
- Sujito, Muazib, A., Faiz, M.R., Aripriharta, Syah, A.I., Falah, M.Z., 2023. Compensation Analysis Voltage Sag Using Dynamic Voltage Restorer Based Artificial Neural Network, in: 2023 8th International Conference on Electrical, Electronics and Information Engineering (ICEEIE). Presented at the 2023 8th International Conference on Electrical, Electronics and Information Engineering (ICEEIE), pp. 1–6. <https://doi.org/10.1109/ICEEIE59078.2023.10334856>