

Analisis Pengaruh Kapasitor Bank Pada Jaringan IEEE 34 Dengan Metode *Newton Raphson* dan *Fast Decoupled*

Isti Fauziah^{1*}, Mochammad Nawawi Ulumudin², Muhammad Hafizd Ibnu Hajar³

¹Teknik Elektro, Universitas Mercu Buana, Jakarta

*istifauziah0320@gmail.com

Abstrak—Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh penambahan kapasitor Bank pada jaringan distribusi model IEEE 34 Node dengan menggunakan metode *Newton Raphson* dan *Fast Decoupled*. Penambahan kapasitor Bank terbukti mampu meningkatkan kualitas daya pada jaringan distribusi dengan mengurangi penurunan tegangan rugi-rugi daya dan peningkatan power faktor. Pada penelitian ini pengaruh penggunaan kapasitor Bank dalam jaringan IEEE 34 memiliki dampak terhadap peningkatan nilai *power factor*, dengan perbandingan nilai rata-rata pada metode *Newton Raphson* 68.607% menjadi 88.801%, dan nilai rata-rata metode *Fast Decoupled* 57.041% menjadi 95.485%. Metode *Fast Decoupled* terlihat lebih efisien dengan nilai rata-rata 95.485% untuk sistem yang besar dengan beban yang sebagian besar linier dan stabil. Penelitian ini memberikan kontribusi penting dalam memahami pengaruh kapasitor Bank terhadap kualitas daya pada jaringan distribusi serta memberikan panduan bagi pengelola jaringan listrik untuk meningkatkan efisiensi operasional.

Kata Kunci—Kapasitor Bank, *Newton Raphson*, *Fast Decoupled*, Jaringan Distribusi, IEEE 34 Node, Kualitas Daya

DOI: 10.22441/jte.2025.v16i3.007

I. PENDAHULUAN

Sistem tenaga listrik merupakan sistem yang digunakan oleh pihak ketenagaan listrik. Ketenagaan listrik merupakan segala sesuatu yang menyangkut penyediaan dan pemanfaatan daya Listrik itu sendiri. Mengingat bagian ini berhubungan langsung dengan konsumen, maka kualitas listrik selanjutnya harus sangat diperhatikan.

Meningkatnya kebutuhan listrik akan mempengaruhi luasnya sistem jaringan listrik. Di Indonesia, tercatat konsumsi listrik perkapita terus meningkat sejak tahun 2017. Pada 2023 realisasi konsumsi listrik rata-rata setiap orang di Indonesia mencapai 1.285kWh/kapita. Angka ini meningkat dari 1.173 kWh/kapita pada 2022.[1] Salah satu cara untuk mengurangi permasalahan diatas dalam pengembangan sistem distribusi tenaga listrik yakni dengan penggunaan kapasitor bank.

II. PENELITIAN TERKAIT

Sebelumnya telah dilakukan penelitian karya ilmiah terkait hal yang mempelajari dampak dari penggunaan kapasitor bank. Dalam proses analisisnya digunakan beberapa metode diantaranya terdapat dua metode yang umum digunakan, yaitu Metode *Newton Raphson* untuk menghitung aliran daya yang

kompleks dan Metode *Fast Decoupled* untuk mengoptimalkan perhitungan aliran daya melalui konfigurasi jaringan. Seperti karya ilmiah milik Suriadi a, dan lainnya dengan judul Perbaikan Tegangan dengan Menggunakan Kapasitor Bank 25 MVAR pada Gardu Induk Banda Aceh, yang menunjukkan hasil simulasi bahwa penambahan unit bank kapasitor 25 MVAR akan menyebabkan peningkatan nilai tegangan gardu induk sekitar 5-6 KV. Secara keseluruhan, penambahan unit bank kapasitor tambahan akan menjadi solusi yang efektif dan ekonomis untuk meningkatkan kualitas tegangan di gardu induk Banda Aceh dan memastikan stabilitas jaringan listrik. [2]

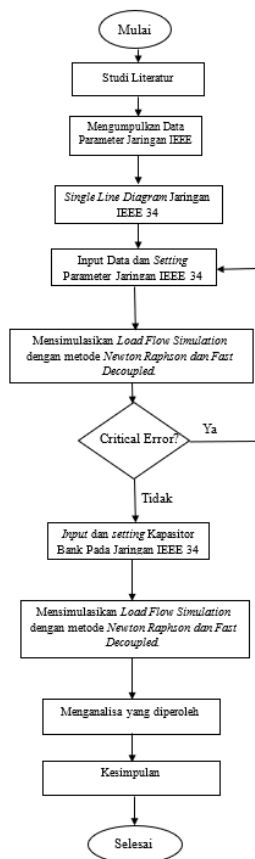
Lalu karya selanjutnya karya dari Hendy Jadi Ate, dan lainnya, dengan judul Perbandingan Hasil Iterasi Aliran Daya (*Load flow*) Menggunakan Metode *Newton Raphson* dan Metode *Fast-Decoupled* Dengan Software ETAP, menunjukkan hasil penelitian yang mendapat perbedaan jumlah transisi untuk mencapai nilai optimal pada Metode *Newton Raphson* dan Metode *Fast-Decoupled*. Ketika sistem metode *Newton Raphson* mencapai nilai optimal pada tahap kedua, maka metode *Fast Decoupled* mencapai nilai terbaik pada tahap kedua. Hasil iterasi kedua metode berbeda. Dengan kata lain daya reaktif bus 14 dengan metode *Newton Raphson* sebesar 93189,9 kVAR dan metode *Fast Decoupled* sebesar 93189,8 kVAR. [3]

III. METODOLOGI PENELITIAN

Metodologi penelitian yang digunakan dalam penelitian ini melibatkan penggunaan Software ETAP 12.6.0 dan metode *Newton Raphson* dan *Fast Decoupled* untuk melakukan simulasi, kemudian akan dilakukannya analisis pengaruh penambahan kapasitor Bank pada simulasi jaringan Listrik IEEE 34.

A. Diagram alir

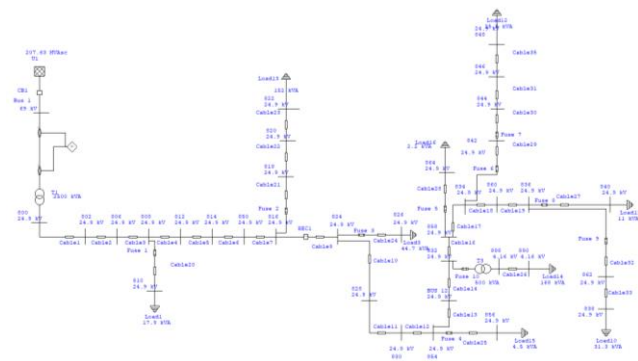
Untuk menyelesaikan penelitian ini, ada beberapa tahapan yang harus dilalui. Penulis telah merancang sebuah diagram alir penelitian untuk memudahkan visualisasi dari tahapan tersebut. Diagram ini akan membantu anda mengidentifikasi urutan langkah-langkah yang perlu Anda ambil dari penelitian literatur, pengumpulan data, dan analisis data untuk mengambil Keputusan. Dengan adanya diagram ini, peneliti dan pembaca dapat memahami secara lebih jelas bagaimana setiap langkah saling terkait dan berkontribusi terhadap keseluruhan penelitian.



Gambar 1. Diagram Alir

B. Peranangan Sistem Single Line Diagram IEEE 34

Sistem IEEE 34 Node mempunyai dua trafo yaitu trafo substation dan trafo XFM. Trafo substation adalah trafo yang paling dekat dengan grid yang berfungsi untuk menurunkan tegangan dengan rating 69 kv / 24,9 kv dari grid menuju sistem. Sedangkan trafo XFM adalah trafo yang berfungsi untuk menurunkan tegangan dari saluran tengah dengan rating 24,9 kv / 4,16 kv.



Gambar 2. Pemodelan Single Line Diagram Jaringan IEEE 34

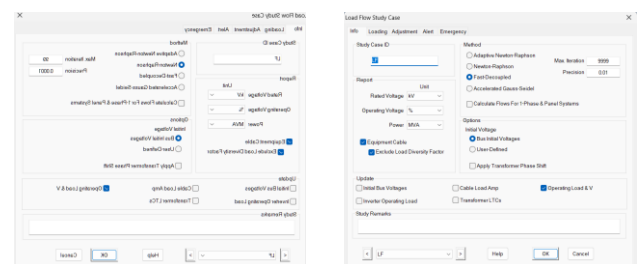
Berikut adalah detail data transformator yang digunakan. Komponen perancangan pada Software ETAP yang digunakan diantaranya yang tertera pada tabel 1.

Tabel 1. Komponen Pemodelan IEEE 34

No	Lambang pada ETAP 12.6.0	Nama Komponen
1.		Power Grid
2.		Transformer
3.		Static Load
4.		Cable
5.		Fuse
6.		Kapasitor

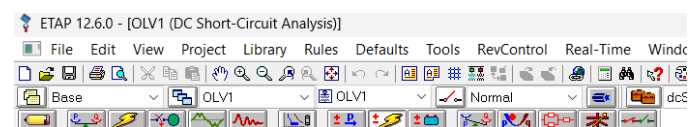
Untuk pilihan metode yang digunakan ada pada gambar (a) Gunakan fitur yang sesuai untuk metode *Newton Raphson*, seperti fitur *Load flow Analysis* dan *Transient Stability Analysis*. Fitur ini dapat diaktifkan melalui toolbar *Load flow Analysis* dan *Transient Stability Analysis* di ETAP PowerStation. Melakukan setting nilai iterasi pada nilai 99, hanya dua angka dan nilai presisi 0.0001.[4]

Pada gambar (b) Gunakan fungsi yang sesuai untuk prosedur pemutusan sambungan cepat, seperti fungsi analisis aliran beban dan analisis stabilitas. Fitur ini diaktifkan melalui toolbar ETAP PowerStation *Load flow Analysis* dan *Transient Stability Analysis*. Atur nilai pengulangan menjadi 9999, menggunakan 4 angka dengan nilai presisi 0,01.



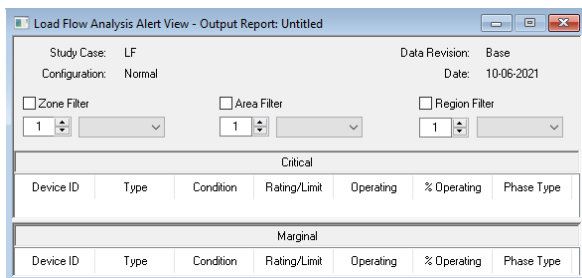
Gambar 3. (a) Setting metode Newton Raphson (b) Setting metode Fast Decoupled

Simulasi aliran daya atau *Load flow* dilakukan untuk mengetahui aliran nilai daya yang mengalir pada jaringan dalam keadaan normal. Dengan melihat ikon Allert View, dapat mengetahui jaringan tersebut terdapat gangguan critical atau tidak. Jika masih terdapat gangguan critical maka kita harus memperbaiki komponen yang telah terpasang dengan cara mengubah rating atau mengganti komponen.[5]



Gambar 4. Tools Simulasi Load flow

Selanjutnya tampilan dari simulasi *Allert View*, ketika tidak terdapat gangguan *critical* maka dengan demikian jaringan yang sudah disimulasikan dalam keadaan baik.



Gambar 5. Tampilan Hasil *Allert View*

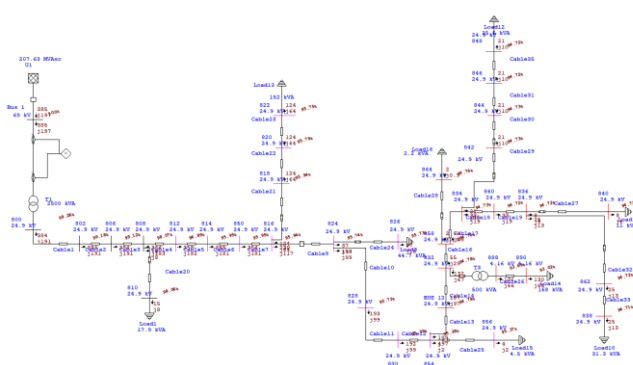
IV. HASIL DAN ANALISA

Pada bab ini akan membahas tentang hasil simulasi yang dilakukan pada penelitian yaitu aliran daya sebelum dan sesudah penambahan kapasitor bank pada jaringan IEEE 34 yang berfokus pada nilai *power factor* nya, membahas nilai jatuh tegangan, untu aliran daya yang dilakukan yakni dengan menggunakan dua metode yaitu *Newton Raphson* dan *Fast Decoupled*. Simulasi dilakukan pada jaringan IEE34 yang telah dimodelkan sebelumnya

A. Hasil Simulasi *Single line diagram*

1. Hasil Simulasi *Single Line Diagram* tanpa Kapasitor Bank menggunakan Metode *Newton Raphson*

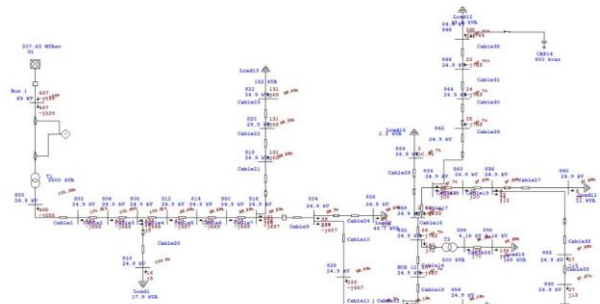
Berdasarkan simulasi *Single line diagram* yang dibuat di atas, pada simulasi ETAP dapat dilihat bahwa bagian sistem jaringan tenaga listrik pada *Single line diagram*, masih memunculkan warna merah di banyak bagian sektor. Hal ini menandakan bahwa sistem kelistrikan pada simulasi masih dapat dikatakan kurang aman karena kondisi dan rating komponen belum maksimal.



Gambar 6. *Single Line Diagram* IEEE 34 tanpa penambahan kapasitor Bank

2. Hasil Simulasi *Single line diagram* dengan Kapasitor Bank menggunakan Metode *Newton Raphson*

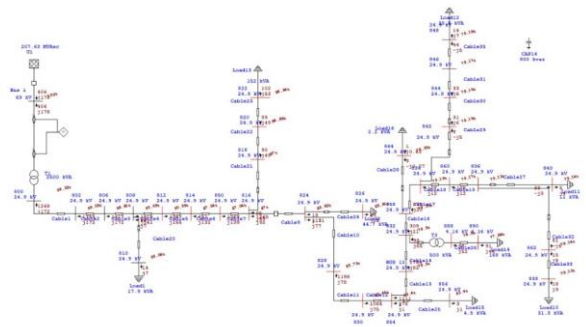
Terlihat bahwa pada simulasi ETAP, komponen bus pada *Single line diagram* tidak memiliki warna merah lagi di beberapa bagiannya. Sistem kelistrikan pada simulasi diatas dapat dikatakan aman karena pengujian pada komponen berhasil dilakukan dan tidak ada kondisi kritis yang memerlukan evaluasi pada komponen.



Gambar 7. *Single Line Diagram* IEEE 34 dengan penambahan kapasitor Bank

3. Hasil Simulasi *Single line diagram* tanpa Kapasitor Bank menggunakan Metode *Fast Decoupled*

Terlihat bahwa pada simulasi ETAP, komponen bus pada *Single line diagram* masih memiliki warna merah di beberapa bagiannya. Sistem kelistrikan pada simulasi diatas dapat dikatakan masih belum aman, dikarenakan pengujian pada beberapa komponen belum berhasil dilakukan dan masih ada kondisi kritis yang memerlukan evaluasi pada komponen.

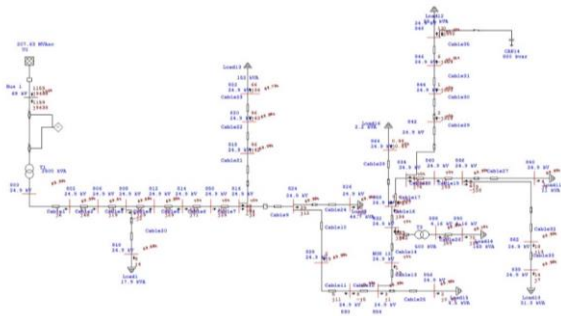


Gambar 8. *Single Line Diagram* IEEE 34 tanpa penambahan kapasitor Bank

4. Hasil Simulasi *Single line diagram* dengan Kapasitor Bank menggunakan Metode *Fast Decoupled*

Hasil menunjukan masih terlihat warna merah diberbagai bagian komponen, hal itu menandakan pengujian berdasarkan komponen masih belum maksimal, sehingga dapat dikatakan

bahwa sistem tenaga listrik pada simulasi diatas dalam kondisi belum aman.



Gambar 9. Single Line Diagram IEEE 34 dengan penambahan kapasitor Bank

B. Hasil Simulasi Branch Loasses

1. Hasil simulasi Branch losses tanpa Kapasitor Bank menggunakan Metode Newton Raphson

Simulasi menunjukkan hasil tegangan jatuh dalam daya nyata dan daya reaktif, hasil menunjukan bahwa tegangan jatuh pada bus-bus yang belum dilengkapi kapasitor Bank tetap berada dalam rentang yang diizinkan, dengan nilai jatuh tegangan rata-rata mencapai 0.214%, nilai paling besar pada cable 4 dengan nilai 1.18%, nilai tersebut masih dalam batas standar.

Tabel 2. Hasil Simulasi Branch losses tanpa Kapasitor Bank

ID	Losses		% Drop
	kW	kVar	
Cable 1	0.4	0.1	0.08
T1	0.6	6.0	0.74
Cable 2	0.3	0.0	0.06
Cable 3	4.8	0.7	1.06
Cable 4	5.1	0.7	1.18
Cable 20	0.0	0.0	0.01
Cable 5	4.1	0.6	0.93
Cable 6	0.0	0.0	0.00
Cable 7	0.0	0.0	0.01
Cable 9	0.6	0.0	0.20
Cable 21	0.0	0.0	0.01
Cable 22	0.2	0.1	0.15
Cable 23	0.1	0.0	0.04
Cable 10	0.0	0.0	0.01
Cable 24	0.0	0.0	0.01
Cable 11	0.8	0.1	0.34
Cable 12	0.0	0.0	0.01
Cable 14	0.0	0.0	0.00
Cable 16	0.0	0.0	0.02
T3	1.1	1.6	1.09
Cable 17	0.0	0.0	0.03
Cable 18	0.0	0.0	0.01
Cable 29	0.0	0.0	0.00

Cable 19	0.0	0.0	0.01
Cable 27	0.0	0.0	0.00
Cable 32	0.0	0.0	0.00
Cable 33	0.0	0.0	0.01
Cable 30	0.0	0.0	0.00
Cable 31	0.0	0.0	0.01
Cable 35	0.0	0.0	0.00
Cable 13	1.4	0.1	0.60
Cable 25	0.0	0.0	0.01
Cable 28	0.0	0.0	0.00
Cable 26	0.8	0.8	0.67
Nilai rata-rata			0.214

2. Hasil simulasi Branch losses dengan Kapasitor Bank menggunakan Metode Newton Raphson

Simulasi menunjukkan hasil tegangan jatuh dalam daya nyata dan daya reaktif, hasil menunjukan bahwa tegangan jatuh pada bus-bus yang sudah dilengkapi kapasitor Bank tetap berada dalam rentang yang diizinkan, dengan nilai jatuh tegangan rata-rata mencapai 0.222%, nilai paling besar pada T1 dengan nilai 1.59%, nilai tersebut masih dalam batas standar.

Tabel 3. Hasil Simulasi Branch losses dengan Kapasitor Bank

ID	Losses		% Drop
	kW	kVar	
Cable 1	1.0	0.1	0.08
T1	1.5	16.2	1.59
Cable 2	0.7	0.1	0.05
Cable 3	13.0	1.9	0.95
Cable 4	14.9	2.1	1.03
Cable 20	0.0	0.0	0.01
Cable 5	11.8	1.7	0.79
Cable 6	0.0	0.0	0.00
Cable 7	0.1	0.0	0.01
Cable 9	4.0	0.3	0.18
Cable 21	0.0	0.0	0.01
Cable 22	0.2	0.1	0.15
Cable 23	0.1	0.0	0.04
Cable 10	0.3	0.0	0.01
Cable 24	0.0	0.0	0.01
Cable 11	8.1	0.6	0.29
Cable 12	0.2	0.0	0.01
Cable 14	0.0	0.0	0.00
Cable 16	2.2	0.2	0.00
T3	1.2	1.7	1.12
Cable 17	2.6	0.2	0.00
Cable 18	0.0	0.0	0.01
Cable 29	0.1	0.0	0.00
Cable 19	0.0	0.0	0.01
Cable 27	0.0	0.0	0.00
Cable 32	0.0	0.0	0.00
Cable 33	0.0	0.0	0.01
Cable 30	0.6	0.0	0.00

Cable 31	1.7	0.1	0.01
Cable 35	0.2	0.0	0.00
Cable 13	14.6	1.1	0.48
Cable 25	0.0	0.0	0.01
Cable 28	0.0	0.0	0.00
Cable 26	0.8	0.9	0.69
Nilai rata-rata			0.222

Cable 25	0.0	0.0	0.00
Cable 28	0.0	0.0	0.00
Cable 26	0.6	0.7	0.62
Nilai rata-rata			0.666

3. Hasil simulasi *Branch losses* tanpa Kapasitor Bank menggunakan Metode *Fast Decoupled*

Simulasi menunjukkan hasil tegangan jatuh dalam daya nyata dan daya reaktif, hasil menunjukkan bahwa tegangan jatuh pada bus-bus yang belum dilengkapi kapasitor Bank tetap berada dalam rentang yang diizinkan, dengan nilai jatuh tegangan rata-rata mencapai 0.666%, nilai paling besar pada cable 4 dengan nilai 3.72%, nilai tersebut masih dalam batas standar.

Tabel 4. Hasil Simulasi Branch losses tanpa Kapasitor Bank

ID	Losses		% Drop
	kW	kVar	
Cable 1	3.4	0.5	0.27
T1	0.6	6.2	0.68
Cable 2	4.4	0.6	0.25
Cable 3	53.2	7.6	3.72
Cable 4	66.8	9.6	4.49
Cable 20	0.0	0.0	0.03
Cable 5	52.7	7.6	3.55
Cable 6	0.0	0.0	0.00
Cable 7	0.6	0.0	0.04
Cable 9	17.2	1.3	1.18
Cable 21	0.0	0.0	0.00
Cable 22	0.1	0.0	0.12
Cable 23	0.0	0.0	0.03
Cable 10	1.2	0.1	0.09
Cable 24	0.0	0.0	0.01
Cable 11	31.7	2.5	2.27
Cable 12	0.7	0.1	0.05
Cable 14	0.0	0.0	0.00
Cable 16	0.6	0.0	0.15
T3	0.9	1.3	1.00
Cable 17	0.6	0.0	0.16
Cable 18	0.0	0.0	0.02
Cable 29	0.0	0.0	0.00
Cable 19	0.1	0.0	0.03
Cable 27	0.0	0.0	0.00
Cable 32	0.0	0.0	0.00
Cable 33	0.0	0.0	0.00
Cable 30	0.0	0.0	0.00
Cable 31	0.0	0.0	0.00
Cable 35	0.0	0.0	0.00
Cable 13	51.9	4.0	3.90

4. Hasil simulasi *Branch losses* dengan Kapasitor Bank menggunakan Metode *Fast Decoupled*

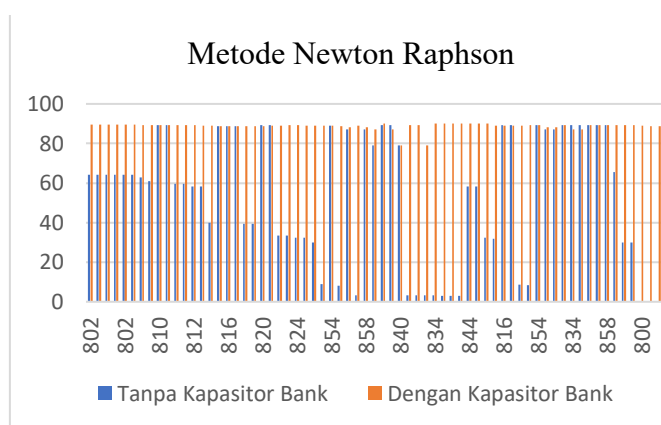
Simulasi menunjukkan hasil tegangan jatuh dalam daya nyata dan daya reaktif, hasil menunjukkan bahwa tegangan jatuh pada bus-bus yang sudah dilengkapi dengan kapasitor Bank tetap berada dalam rentang yang diizinkan, dengan nilai jatuh tegangan rata-rata mencapai 0.993%, nilai paling besar pada T1 dengan nilai 30.41%, nilai tersebut melebihi nilai batas standar.

Tabel 5. Hasil Simulasi Branch losses dengan Kapasitor Bank

ID	Losses		% Drop
	kW	kVar	
Cable 1	0.0	0.0	0.00
T1	270.0	2881.0	30.41
Cable 2	0.0	0.0	0.01
Cable 3	0.0	0.0	0.08
Cable 4	0.1	0.0	0.17
Cable 20	0.0	0.0	0.00
Cable 5	0.1	0.0	0.15
Cable 6	0.0	0.0	0.00
Cable 7	0.0	0.0	0.00
Cable 9	0.0	0.0	0.02
Cable 21	0.0	0.0	0.01
Cable 22	0.2	0.1	0.15
Cable 23	0.1	0.0	0.04
Cable 10	0.0	0.0	0.00
Cable 24	0.0	0.0	0.01
Cable 11	0.0	0.0	0.01
Cable 12	0.0	0.0	0.00
Cable 14	0.0	0.0	0.00
Cable 16	0.0	0.0	0.00
T3	1.1	1.6	1.15
Cable 17	0.0	0.0	0.00
Cable 18	0.0	0.0	0.00
Cable 29	0.1	0.0	0.00
Cable 19	0.0	0.0	0.01
Cable 27	0.0	0.0	0.00
Cable 32	0.0	0.0	0.00
Cable 33	0.0	0.0	0.01
Cable 30	0.2	0.0	0.00
Cable 31	0.6	0.0	0.01
Cable 35	0.2	0.0	0.00
Cable 13	0.0	0.0	0.01
Cable 25	0.0	0.0	0.01
Cable 28	0.0	0.0	0.00
Cable 26	0.8	0.8	0.71
Nilai rata-rata			0.993

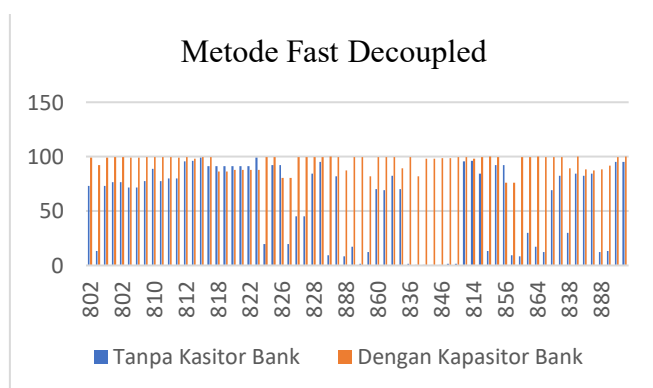
C. Hasil Perbandingan nilai *power factor* Load flow Simulation

Dari grafik menunjukkan hasil dari perbandingan nilai *power factor* Load flow Simulation menggunakan metode *Newton Raphson* dengan kapasitor Bank dan tanpa menggunakan kapasitor Bank. Terlihat dari grafik, dengan adanya kapasitor Bank nilai *power faktor* menunjukkan stabilitas yang lebih baik, sistem daya yang bekerja tanpa kapasitor Bank memiliki faktor daya (*power factor*) yang lebih rendah dari pada system daya yang menggunakan kapasitor Bank. Nilai rata-rata *power factor* menunjukkan kenaikan dari 68.607% menjadi 88.801%, karena ada nya pemasangan kapasitor bank. Kapasitor Bank membantu dalam mengoptimalkan penggunaan daya dengan mengurangi arus reaktif dan meningkatkan efisiensi sistem.



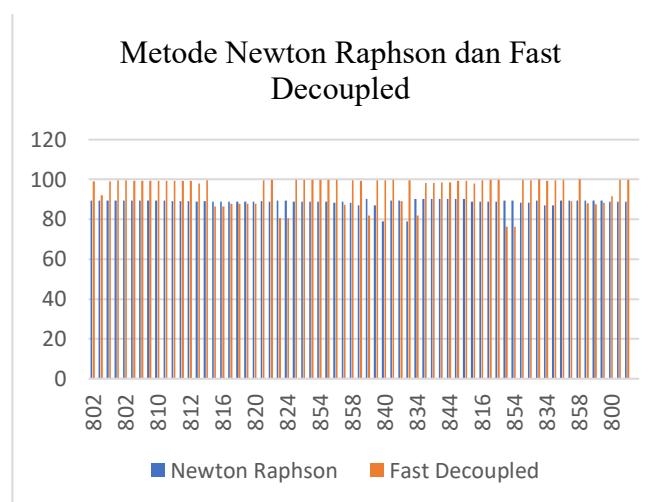
Gambar 10. Grafik Perbandingan Metode *Newton Raphson*

Dari grafik menunjukkan hasil dari perbandingan nilai *power faktor* Load flow Simulation menggunakan metode *Fast Decoupled* menggunakan kapasitor Bank dan tanpa menggunakan kapasitor Bank. Terlihat dari grafik, dengan adanya kapasitor Bank nilai *power faktor* menunjukkan stabilitas yang lebih baik, sistem daya yang bekerja tanpa kapasitor Bank memiliki faktor daya (*power factor*) yang lebih rendah dari pada system daya yang menggunakan kapasitor Bank. Nilai rata-rata *power factor* menunjukkan kenaikan dari 57.041% menjadi 95.485%, karena ada nya pemasangan kapasitor bank.



Gambar 11. Grafik Perbandingan Metode *Fast Decoupled*

Dari grafik menunjukkan hasil dari perbandingan nilai *power faktor* Load flow Simulation antara menggunakan metode *Newton Raphson* dan *Fast Decoupled*. Dengan nilai rata-rata 88.801% untuk metode *Newton Raphson* dan 95.485%, terlihat dari grafik, metode *Fast Decoupled* memungkinkan untuk penyesuaian yang lebih cepat terhadap perubahan dalam sistem, meskipun dapat kurang akurat daripada Newton-Raphson, metode *Fast Decoupled* terlihat lebih efisien untuk sistem yang besar dengan beban yang sebagian besar linier dan stabil, di mana kompleksitas perhitungan dapat dikurangi tanpa mengorbankan signifikansi hasil akhir.



Gambar 12. Grafik Perbandingan Metode *Newton Raphson* dan *Fast Decoupled*

V. KESIMPULAN

Dengan mengacu pada isi dan penelitian yang telah dibahas sebelumnya, maka terdapat beberapa point kesimpulan dari penelitian ini adalah :

1. Pada penelitian ini pengaruh penggunaan kapasitor Bank dengan nilai 800kVAR dalam jaringan IEEE 34 memiliki dampak terhadap peningkatan nilai *power factor*, dengan perbandingan nilai rata-rata pada metode *Newton Raphson* 68.607% menjadi 88.801%, dan nilai rata-rata metode *Fast Decoupled* 57.041% menjadi 95.485%.
2. Pada penelitian ini drop tegangan pada bus-bus yang sudah dilengkapi dengan kapasitor Bank atau tidak dilengkapi dengan kapasitor bank tetap berada dalam rentang yang diizinkan, dan nilai tersebut tidak melebihi nilai batas standar.
3. Berdasarkan hasil analisis yang dilakukan, pada jaringan IEEE 34 dengan pilihan metode *Fast Decoupled* terlihat lebih efisien dengan nilai rata-rata 95.485% untuk sistem yang besar dengan beban yang sebagian besar linier dan stabil.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. Johan and Ari Mulianta Ginting, "Determinasi Konsumsi Listrik Di

- Indonesia,” *Media Ekon.*, vol. 30, no. 1, pp. 106–117, 2022, doi: 10.25105/me.v30i1.10662.
- [2] Suriadi *et al.*, “Perbaikan Tegangan dengan Menggunakan Kapasitor Bank 25 MVAR pada Gardu Induk Banda Aceh,” *J. Eng. Sci.*, vol. 2, no. 1, pp. 1–12, 2023, doi: 10.56347/jes.v2i1.118.
- [3] H. J. Ate *et al.*, “Perbandingan Hasil Iterasi Aliran Daya (Load Flow) Menggunakan Metode Newton Raphson dan Metode Fast-Decoupled Dengan Software ETAP”.
- [4] S. S. Shrawane *et al.*, “Simulation and Load Flow Analysis of Interconnection System,” *IEEE Access*, vol. 8, no. 1, pp. 114–121, 2018.
- [5] U. S. U. penuntun ETAP, “Penuntun Praktikum Etap Laboratorium,” pp. 1–30, 2012, [Online]. Available: https://dte.usu.ac.id/images/IMAGE/Modul_ETAP.pdf
- [6] S., Etap, S., Ilyas, I., Apriansyah, B. A., Supriyadi, E., Multi, A., Moh, J., Ii, K., Sawah, S., & Selatan, K. J., " Power, B., Menggunakan Spftware etap 12.6," 46–59, 2019
- [7] Luna, L. E., & Parra, E. E, "Methodology for assessing the impacts of distributed generation interconnection. Ingeniería e Investigación, 31(2SUP)", 36–44., 2019 <https://doi.org/10.15446/ing.investig.v31n2sup.25209>
- [8] Ate, H. J., Sumampouw, G., Munir, M., Irawan, H., Dermawan, M. A., Haikal, M., & Utomo, R. M. (n.d.), "Perbandingan Hasil Iterasi Aliran Daya (Load Flow) Menggunakan Me Metode Newton Raphson dan Metode Fast-Decoupled Dengan Software ETAP.
- [9] Hasibuan, A., Isa, M., Yusoff, M. I., & Rahim, S. R. A, "Analisis Aliran Daya Pada Sistem Tenaga Listrik Dengan Metode Fast Decoupled Menggunakan Software Etap. RELE (Rekayasa Elektrikal Dan Energi)", *Jurnal Teknik Elektro*, 3(1), 37–45, 2020 <https://doi.org/10.30596/rele.v3i1.5236>
- [10] Johan Verbeke dan Ronald Cools, "The Newton-Raphson Method, *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*", 1995, 26:2, 177-193
- [11] Andi Muhammad Syafi’i, Irfan Pradikata, Muhammad Ikbil Nur, Rifqi Rizqullah, "Analisis Aliran Daya Dan Hubung Singkat Modifikasi Sistem 30 Bus IEEE Menggunakan Metode Fast Decoupled", *PoliGrid Vol. 02 No. 02*, Desember 2021
- [12] M. Erlangga and others, “Usulan Perencanaan Perawatan Mesin dengan Metode Reliability Centered Maintenance (Rcm) dan Age Replacement pada Mesin Raking Intake (Studi Kasus: Pt. Xyz),” Universitas Islam Indonesia, 2023.