

Analisa Pengaruh Kapasitor Bank dan *Detuned Reactor* Sebagai Perbaikan Faktor Daya Listrik 3 Fasa untuk Beban-beban Induktif

Luki Septya Mahendra¹, Muhammad Rizani Rusli², Muhammad Nizar Habibi³, Ahmad Firyal Adila⁴
Politeknik Elektronika Negeri Surabaya
Jl. Raya ITS, Keputih, Kec. Sukolilo, Surabaya, Jawa Timur
lukiseptya@pens.ac.id¹, rizani@pens.ac.id², nizar@pens.ac.id³, firyal@pens.ac.id⁴

Abstrak

Sistem tenaga listrik memiliki beberapa permasalahan yang umum, salah satunya adalah permasalahan faktor daya yang rendah. Penting untuk mempunyai faktor daya sedekat mungkin ke angka satu. Untuk mengoptimalkan pemanfaatan daya listrik yang tersedia, maka keberadaan daya reaktif harus dibuat seminimal mungkin. Salah satunya adalah dengan metode kompensasi daya reaktif. Pada penelitian ini melakukan penelitian eksperimental pengaruh kapasitor bank dan *detuned reactor* sebagai perbaikan faktor daya terhadap sistem yang bersifat induktif. Pengukuran menggunakan Power Meter untuk mendapatkan parameter 3 daya pada sistem. Selanjutnya dibandingkan nilai faktor daya sistem, antara lain jika sistem tidak dipasang peralatan kompensasi daya reaktif, sistem terpasang kapasitor bank dan juga sistem terpasang kapasitor bank dan *detuned reactor*. *Detuned* yang terpasang memiliki nilai persen *detuned filter* 7% dan 14%. Didapatkan perbaikan faktor daya yang semula 0,63 menjadi 0,92 dengan kapasitor bank, 0,94 dengan kapasitor bank dan *detuned reactor* 7% dan 0,95 dengan kapasitor bank dan *detuned reactor* 14%.

Kata Kunci — *Detuned Reactor*, Daya Reaktif, Faktor Daya, Kapasitor Bank

Abstract

The power system has several common problems, one of which is the problem of low power factor. It is important to have a power factor as close to 1 as possible. To optimize the use of available electric power, the presence of reactive power must be kept to a minimum. One of them is the reactive power compensation method. In this study, experimental research was carried out on the effect of capacitor banks and *detuned reactors* being improvement power factor for an inductive system. Measurement using a Power Meter to get the 3 power parameters in the system. Furthermore, the value of the power factor of the system is compared, including if the system is not installed with reactive power augmentation equipment, the system is installed on the waist of the bank and also the system is installed on the bank and the reactor is removed. The installed *detuned filter* has a *detuned percent value* of 7% and 14%. Obtained improvement in power factor which was originally 0.63 to 0.92 with loss of bank, 0.95 with loss of bank and 7% *detuned reactor* and 0.96 with loss of bank and 14% *detuned reactor*.

Keywords — *Capacitor Bank*, *Detuned Reactor*, *Power Factor*, *Reactive Power*

I. PENDAHULUAN

Sistem tenaga listrik memiliki beberapa permasalahan yang umum, salah satunya adalah permasalahan faktor daya yang rendah. Besarnya faktor daya adalah diantara nol hingga satu. Penting untuk mempunyai faktor daya sedekat mungkin ke angka satu. Cara mengoptimalkan manfaat tenaga listrik yang tersedia dari penyedia jasa tenaga listrik, yaitu dengan keberadaan daya reaktif harus diminimalkan [1]. Meningkatkan faktor daya bisa dilakukan dengan meminimalkan nilai daya reaktif dengan menggunakan metode kompensasi daya reaktif. Sedangkan daya aktif relatif konstan [2].

Kompensasi daya reaktif memiliki bermacam-macam metode. Seperti pada penelitian M. Fahmi [2], peneliti mendesain kebutuhan kapasitor bank dan menggunakannya sebagai kompensasi daya reaktif pada sistem di Politeknik Kota Malang. Hasil dari penelitian tersebut dapat meningkatkan faktor daya sistem yang berawal 0,74 menjadi 0,96. Penelitian lainnya dengan metode kapasitor bank adalah seperti penelitian RA Sinaga [3]. Peneliti melakukan simulasi pengaruh kapasitor bank terhadap faktor daya motor induksi tiga fasa di suatu industri di Pekanbaru. Setelah dilakukan simulasi didapatkan kompensasi daya reaktif untuk faktor daya 0,869 meningkat menjadi 0,98. Pada penelitian lain terdapat metode dengan DC-DC *converter*, seperti pada penelitian I. Fadlika [4]. Peneliti melakukan simulasi dan membandingkan 3 *converter* DC yaitu *Switching Capacitor Buck Boost*, *Cuk Converter* dan *Quadratic Buck Boost Converter*. Dalam penelitian ini dilakukan pembacaan faktor daya pada sumber dengan nilai faktor daya 0,97, 0,96 dan 0,83 secara berurutan. Pada sebuah peralatan perbaikan faktor daya (*power factor corectioin unit*) selain kapasitor sebagai komponen utama, terdapat juga komponen *Detuned Reactor Filter* yang dipasang seri dengan kapasitor tersebut [5].

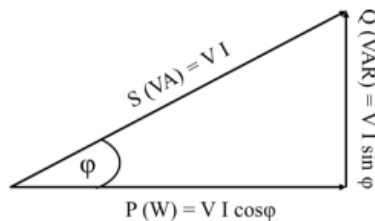
Sehingga penelitian ini mendiskusikan perbandingan perbaikan faktor daya dengan menggunakan kapasitor bank

dan *Detuned Reactor* secara hasil uji eksperimental pada sistem. Sistem dibebani beban-beban induktif untuk menimbulkan faktor daya yang rendah. Hasil eksperimen diharapkan bisa memberikan peralatan perbaikan faktor daya mana yang lebih cocok digunakan dalam sistem ini. Serta dapat menjadi referensi riset perbaikan faktor daya selanjutnya.

II. TEORI PENDUKUNG

A. Segitiga Daya

Dalam kelistrikan arus bolak-balik (AC) terdapat tiga jenis daya yaitu daya aktif (*active power*), daya reaktif (*reactive power*) dan daya semu (*apparent power*). Pemakaian dari daya listrik dipengaruhi oleh sifat beban listrik terpasang. Sifat beban yaitu resistif, induktif dan kapasitif. Untuk dapat menafsirkan keterkaitan dari daya listrik dapat diilustrasikan melalui segitiga daya. Pengertian segitiga daya ialah suatu keterkaitan antara tiga daya, yaitu daya nyata, daya semu, dan daya reaktif. Tiga daya ini dapat dinyatakan dalam bentuk vektor segitiga yang ditunjukkan pada Gbr 1. Representasi rumus tiga daya listrik khususnya pada sistem tiga fasa dapat dinyatakan pada persamaan (1)-(4) [1], [6], [7].



Gbr. 1 Segitiga Daya [1], [6]

$$S_{3\phi} = \sqrt{3} \times V \times I \quad (1)$$

$$P_{3\phi} = \sqrt{3} \times V \times I \times \cos \phi \quad (2)$$

$$Q_{3\phi} = \sqrt{3} \times V \times I \times \sin \phi \quad (3)$$

$$Q_{3\phi} = \sqrt{S_{3\phi}^2 - P_{3\phi}^2} \quad (4)$$

Variabel S adalah daya semu (VA). Variabel P adalah daya aktif (W). Sedangkan daya reaktif adalah Q (VAR). V adalah Tegangan (V), I adalah Arus (A). Untuk ϕ adalah sudut fasa.

Power factor (PF) atau faktor daya ialah rasio antara daya aktif (P) dan daya semu (S) beban listrik atau dinyatakan dengan $\cos \phi$. Faktor daya rendah adalah hal yang tidak diharapkan karena dapat meningkatkan arus yang menimbulkan berkurangnya daya aktif [1]. Bisa diartikan faktor daya adalah ukuran dari efisiensi pemakaian listrik, sehingga penting untuk mempunyai faktor daya mendekati nilai satu (*unity*) [6]. Sebab faktor daya rendah adalah beban yang bersifat induktif, contoh motor induksi dan trafo yang membutuhkan arus untuk menghasilkan medan magnet untuk beroperasi. Faktor daya dapat ditingkatkan dengan

pemasangan sebuah atau beberapa rangkaian kapasitor bank di sistem kelistrikan.

B. Kapasitor Bank

Efisiensi pemakaian listrik dapat diukur dengan faktor daya, sehingga semakin mendekati *unity* maka semakin baik. Dalam standarnya, menurut dari Standar Perusahaan Listrik Negara (SPLN) 70-1, bahwa faktor daya tidak boleh kurang dari 0,85 [8]. Untuk meningkatkan faktor daya dapat dengan pemasangan kapasitor bank pada sistem.

Kapasitor bank dinyatakan sebagai peralatan kelistrikan yang bersifat kapasitif untuk bertujuan menyeimbangkan sifat induktif pada sistem [9]. Untuk menganalisis kebutuhan kapasitor bank, dapat melalui konsep target faktor daya, yang dapat ditunjukkan pada Gbr 2.

Gbr. 2 Konsep perbaikan faktor daya [9]

Pertama-tama menentukan kebutuhan daya reaktif kapasitor bank Q_c , yang dapat dicari melalui persamaan (5). Lalu menentukan reaktansi kapasitor bank X_c melalui persamaan (6). Terakhir menentukan besar kapasitansi kapasitor C dengan persamaan (7) [10].

$$Q_c = P\{\tan(\cos^{-1} PF_1) - \tan(\cos^{-1} PF_2)\} \quad (5)$$

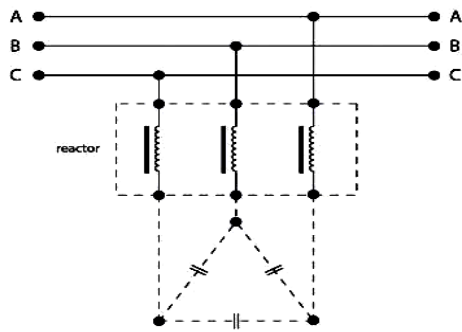
$$X_c = \frac{V^2}{Q_c} \quad (6)$$

$$C = \frac{1}{2\pi f X_c} \quad (7)$$

Dimana PF_1 adalah faktor daya awal. PF_2 adalah faktor daya target atau faktor daya sesudah perbaikan. Variabel f adalah frekuensi fundamental, dalam hal ini 50 Hz. Karena frekuensi fundamental Indonesia adalah 50 Hz.

C. Detuned Reactor

Filter pasif terdiri dari elemen pasif yaitu kapasitor dan induktor, dan dapat digunakan untuk meminimalkan arus harmonik frekuensi rendah. *Detuned* dapat dijelaskan sebagai menghubungkan kapasitor *power factor correction* secara seri dengan induktor seperti yang ditunjukkan pada Gbr 3. Reaktor seri sebagai jalur impedansi rendah dan membuat arus harmonik yang berasal dari beban mengalir melewatinya agar tidak mengalir ke sumber [11]. Peralatan ini juga bias melakukan kompensasi daya reaktif dan sebagai perbaikan faktor daya hingga rata-rata 0,8 sampai dengan 0,94 [12].



Gbr. 3 Detuned Reactor

Persamaan untuk menentukan nilai *detuned reactor* adalah sebagai berikut [13], [14].

$$f_{tuned} = \frac{1}{2\pi\sqrt{L/C}} \quad (8)$$

$$f_{tuned} = \frac{1}{2\pi\sqrt{X_C \cdot X_L}} \quad (9)$$

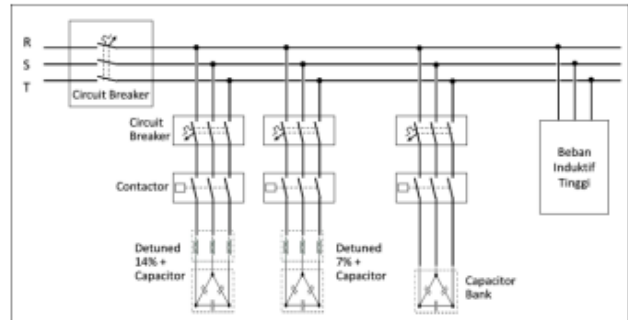
$$f_{tuned} = \frac{f}{\sqrt{p}} \quad (10)$$

Dimana f adalah frekuensi fundamental dan p adalah persen *detuned filter*. Persen *detuned filter* pada umumnya yang ada di pasaran adalah 7%, 14% dan seterusnya.

III. METODELOGI

A. Wiring Sistem Kelistrikan

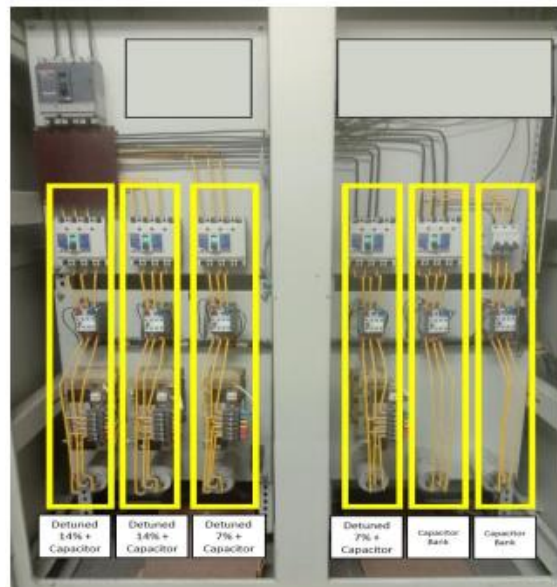
Penelitian ini melakukan penelitian eksperimental pengaruh kapasitor bank dan *detuned reactor* sebagai perbaikan faktor daya terhadap sistem yang bersifat induktif. Pengukuran menggunakan Power Meter untuk mendapatkan parameter 3 daya pada sistem. Pengukuran dilakukan di sistem kelistrikan di panel listrik laboratorium yang dapat ditampilkan pada *wiring* kelistrikan pada Gbr. 4. Sedangkan Gbr. 5 adalah panel listrik. Sistem ini dipasang kapasitor bank, *detuned reactor* 7% dan 14% yang dilakukan pengamatan pengaruhnya terhadap faktor daya pada sistem. Pada sistem juga dilengkapi *Miniature Circuit Breaker* (MCB) berfungsi sebagai pengaman listrik jika terjadi arus berlebih atau arus hubung singkat [15].



Gbr. 5 Wiring dari panel listrik sistem

B. Beban

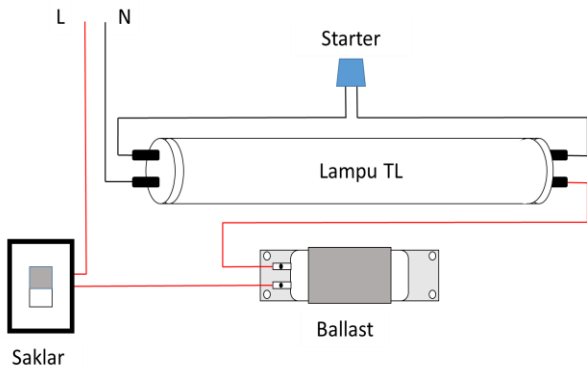
Beban pada sistem adalah beban induktif berupa lampu *Tubular Lamp* (TL) dan motor induksi 3 fasa. Tabel 1 menunjukkan spesifikasi beban dan jumlah yang digunakan dalam sistem. Sedangkan Gbr. 6, Gbr. 7 dan Gbr. 8 adalah gambar beban yang di sistem. Beban dipilih beban induktif untuk menimbulkan daya reaktif yang besar, sehingga membuat faktor daya rendah.



Gbr. 4 Panel listrik sistem dengan kapasitor bank, *detuned reactor* dengan persentase *detuned* 7% dan 14%

TABEL I
 BEBAN YANG DIGUNAKAN PADA SISTEM

Baban	Daya (kW)	Jumlah	Daya Total (kW)
Lampu TL 40W	0,04	15	0,6
Motor Induksi 3 Fasa	2,2	2	4,4
Total			5



Gbr. 6 Beban Lampu Tubular Lamp (TL)



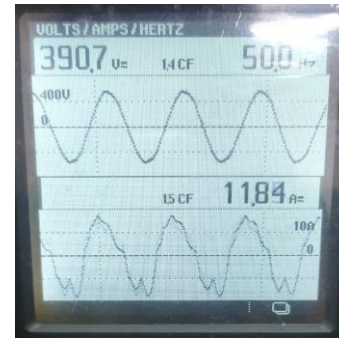
Gbr. 7 Beban motor induksi 3 Fasa 2,2 kW

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

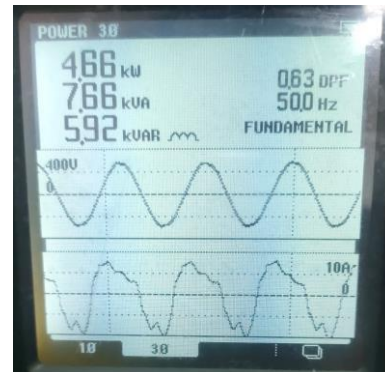
Implementasi perangkat keras dilakukan melalui eksperimen di laboratorium. Hasil dan pembahasan ditampilkan pada sub-bab selanjutnya. Yaitu saat sistem sebelum dilakukan perbaikan faktor daya, sistem dengan kapasitor bank, Sistem dengan *Detuned Reactor* 7% dan Sistem dengan *Detuned Reactor* 14%.

A. Sistem sebelum dilakukan perbaikan

Uji eksperimental pertama yaitu sistem sebelum dilakukan perbaikan atau sebelum dikompensasi daya reaktifnya. Yaitu sistem tanpa kapasitor bank dan *detuned reactor*. Pengukuran dilakukan untuk mendapatkan parameter daya semu (S), daya aktif (P) dan daya reaktif (Q) serta faktor daya. Gambar gelombang tegangan dan arus ditunjukkan pada Gbr. 9. Sedangkan nilai pengukuran 3 daya dan faktor daya dapat dilihat pada Gbr. 10.



Gbr. 9 gelombang tegangan dan arus



Gbr. 10 Nilai pengukuran 3 daya dan faktor daya

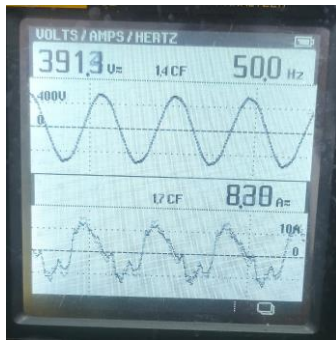
Dari pengukuran pada alat ukur didapatkan data tegangan dan arus 390,7 Volt dan 11,84 Ampere secara berurutan. Daya aktif sebesar 4,66; daya semu 7,66 kVA; dan daya reaktif 5,92 kVAR. Sedangkan faktor daya bernilai 0,63 *lagging*. *Lagging* ditunjukkan melalui lambang induktor pada layar Power Meter. Sistem yang dibebani beban induktif menunjukkan memiliki nilai daya reaktif yang besar, sehingga menyebabkan faktor daya rendah yaitu dibawah standar yang diijinkan PLN (0,85). Beban induktif membutuhkan arus untuk menghasilkan medan magnet sehingga nilai arus juga besar. Hal ini menyebabkan daya reaktif besar.

B. Sistem dengan Kapasitor Bank

Uji eksperimental kedua yaitu sistem dengan Kapasitor Bank. Gambar gelombang tegangan dan arus ditunjukkan pada Gbr. 11. Sedangkan nilai pengukuran 3 daya dan faktor daya dapat dilihat pada Gbr. 12.

Dari pengukuran pada alat ukur didapatkan data tegangan dan arus 391,3 Volt dan 8,3 Ampere secara berurutan. Daya aktif sebesar 4,76 kW; daya semu 5,16 kVA; dan daya reaktif 1,98 kVAR. Sedangkan faktor daya meningkat, dengan nilai 0,92 *lagging*.

Daya semu mengalami penurunan dari sistem sebelum dipasang kapasitor bank. Hal ini disebabkan nilai daya reaktif berkurang akibat kompensasi daya dari kapasitor bank. Kapasitor bank menyeimbangkan sifat induktif dari beban. Daya aktif reaktif konstan, akibat penurunan arus dan faktor daya yang naik. Jika data yang didapatkan dimasukkan pada persamaan (5), maka nilai daya reaktif perbaikan Q_c adalah :



Gbr. 11 gelombang tegangan dan arus,



Gbr. 12 Nilai pengukuran 3 daya dan faktor daya

$$Q_c = 4,66 \{ \tan(\cos^{-1} 0,63) - \tan(\cos^{-1} 0,92) \}$$

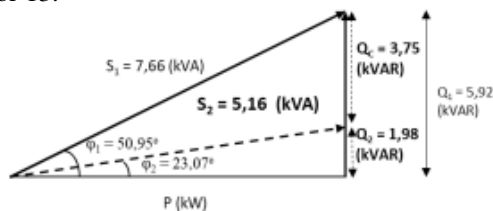
$$Q_c = 4,66 \{ \tan(50,95) - \tan(23,07) \}$$

$$Q_c = 4,66 \{ 1,232 - 0,426 \}$$

$$Q_c = 4,66 \{ 0,806 \}$$

$$Q_c = 3,75 \text{ kVAR}$$

Sehingga jika digambarkan dengan vektor dapat ditunjukkan pada Gbr 13.

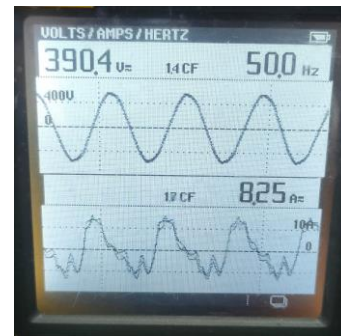


Gbr. 13 Bentuk vektor setelah dilakukan perbaikan dnegan kapasitor bank

C. Sistem dengan Detuned Reactor 7%

Uji eksperimental ketiga yaitu sistem dengan *Detuned Reactor* 7% + kapasitor. Gambar gelombang tegangan dan arus ditunjukkan pada Gbr. 14. Sedangkan nilai pengukuran 3 daya dan faktor daya dapat dilihat pada Gbr. 15. Dari pengukuran pada alat ukur didapatkan data tegangan dan arus 390,4 Volt dan 8,25 Ampere secara berurutan. Daya aktif

sebesar 4,78; daya semu 5,05 kVA; dan daya reaktif 1,64 kVAR. Sedangkan data faktor daya meningkat, dengan nilai 0,94 *lagging*. Untuk daya reaktif ditunjukkan semakin menurun



Gbr. 14 (a) gelombang tegangan dan arus



Gbr. 15 Nilai pengukuran 3 daya dan faktor daya dengan adanya *Detuned Reactor* 7% + kapasitor. Dengan nilai daya reaktif perbaikan Q_c adalah :

$$Q_c = 4,66 \{ \tan(\cos^{-1} 0,63) - \tan(\cos^{-1} 0,94) \}$$

$$Q_c = 4,66 \{ \tan(50,95) - \tan(19,95) \}$$

$$Q_c = 4,66 \{ 1,232 - 0,363 \}$$

$$Q_c = 4,66 \{ 0,87 \}$$

$$Q_c = 4,05 \text{ kVAR}$$

Sehingga jika digambarkan dengan vektor segitiga daya dapat ditunjukkan pada Gbr 16.

Gbr. 16 Bentuk vektor setelah dilakukan perbaikan dnegan *Detuned Reactor* 7% + kapasitor

D. Sistem dengan Detuned Reactor 14%

Uji eksperimental keempat yaitu sistem dengan *Detuned Reactor* 14% + kapasitor. Gambar gelombang tegangan dan arus ditunjukkan pada Gbr. 17. Nilai pengukuran 3 daya dan faktor daya dapat dilihat pada Gbr. 18.



Gbr. 17 (a) gelombang tegangan dan arus



Gbr. 18 Nilai pengukuran 3 daya dan faktor daya

Dari pengukuran pada alat ukur didapatkan data tegangan dan arus 390,4 Volt dan 7,99 Ampere secara berurutan. Daya aktif sebesar 4,67; daya semu 4,9 kVA; dan daya reaktif 1,48 kVAR. Sedangkan faktor daya meningkat, dengan nilai 0,95 lagging. Daya reaktif ditunjukkan semakin menurun dengan adanya *Detuned Reactor* 14% + kapasitor. Dengan nilai daya reaktif perbaikan Q_c adalah :

$$Q_c = 4,66 \{ \tan(\cos^{-1} 0,63) - \tan(\cos^{-1} 0,95) \}$$

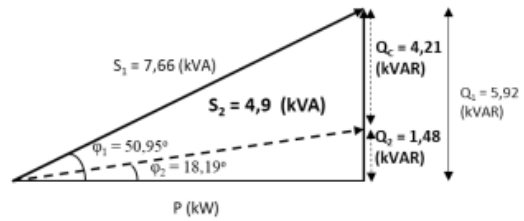
$$Q_c = 4,66 \{ \tan(50,95) - \tan(18,19) \}$$

$$Q_c = 4,66 \{ 1,232 - 0,328 \}$$

$$Q_c = 4,66 \{ 0,90 \}$$

$$Q_c = 4,21 \text{ kVAR}$$

Sehingga jika digambarkan dengan vektor segitiga daya dapat ditunjukkan pada Gbr 19.



Gbr. 19 Bentuk vektor setelah dilakukan perbaikan dnegan *Detuned Reactor* 14% + kapasitor

Dari keempat uji eksperimental dan pengukuran, maka dapat dibandingkan data yang telah diperoleh. Tabel II menunjukkan rangkuman data hasil pengukuran pada sistem, sehingga dapat ditampilkan perbandingan melalui grafik faktor daya pada Gbr. 20. Dapat dilihat secara keseluruhan dari data uji eksperimental, dimana faktor daya terbaik dari hasil perbaikan sistem melalui kompensasi daya reaktif adalah dengan menggunakan *Detuned Reactor* 14% + Kapasitor. Dimana nilai faktor dayanya adalah 0,95 dan dapat mengurangi daya reaktif sebesar 4,21 kVAR. Hal ini dapat diartikan *Detuned Reactor* dapat mengkompensasi daya reaktif dan memperbaiki faktor daya.

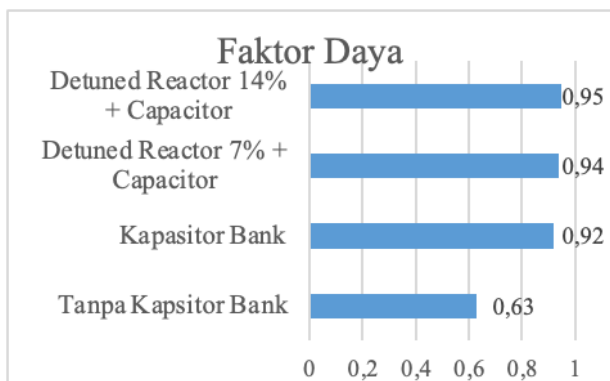
V. KESIMPULAN

Penelitian ini menyajikan hasil uji eksperimental pengaruh kapasitor bank dan *detuned reactor* (7% dan 14%) sebagai perbaikan faktor daya listrik 3 fasa untuk beban-beban induktif. Beban induktif yang dipasang adalah 15 buah lampu TL dan 2 buah motor induksi 3 fasa. Selanjutnya dilakukan pengukuran dengan menggunakan Power Meter untuk mendapatkan parameter daya aktif (P), daya semu (S), daya reaktif (Q) dan faktor daya sistem. Pengukuran dilakukan 4 kondisi. Yaitu kondisi saat sistem sebelum dilakukan perbaikan faktor daya, sistem dengan kapasitor bank, Sistem dengan *Detuned Reactor* 7% + kapasitor dan Sistem dengan *Detuned Reactor* 14% + kapasitor. Berdasarkan data ekperimental yang didapat,

TABEL II
 HASIL PENGUKURAN PADA SISTEM

Keterangan Sistem	P (kW)	S (kVA)	Q (kVAR)	Qc (kVAR)	PF
Sistem Tanpa Kapsitor Bank	4,66	7,66	5,92	-	0,63
Sistem dengan Kapasitor Bank	4,76	5,16	1,98	3,75	0,92
Sistem dengan <i>Detuned Reactor</i> 7% + Kapasitor	4,78	5,05	1,64	4,05	0,94

Sistem dengan Detuned Reactor 14% + Kapasitor	4,67	4,9	1,48	4,21	0,95
---	------	-----	------	------	------



Gbr. 20 Perbandingan grafik faktor daya hasil uji eksperimental

faktor daya terbaik pada sistem hasil kompensasi daya reaktif adalah dengan menggunakan *Detuned Reactor* 14% + Kapasitor. Dimana nilai faktor dayanya adalah 0,95 dan dapat mengurangi daya reaktif sebesar 4,21 kVAR. Sehingga hasil penelitian ini telah menunjukkan bahwa *Detuned Reactor* dapat mengkompensasi daya reaktif dan memperbaiki faktor daya lebih baik dari kapasitor bank saja.

REFERENSI

- [1] F. A. Noor, H. Ananta, and S. Sunardiyo, "Pengaruh Penambahan Kapasitor Terhadap Tegangan, Arus, Faktor Daya, dan Daya Aktif pada Beban Listrik di Minimarket," *J. Tek. Elektro*, vol. 9, no. 2, pp. 66–73, 2017.
- [2] M. Fahmi Hakim, "Analisis Kebutuhan Capacitor Bank Beserta Implementasinya Untuk Memperbaiki Faktor Daya Listrik Di Politeknik Kota Malang," pp. 105–118.
- [3] R. A. Sinaga, H. Eteruddin, and A. Tanjung, "Pengaruh Kapasitor Terhadap Faktor Daya Motor Induksi Tiga Fasa di PT. Malindo Karya Lestari," *J. Tek.*, vol. 15, no. 2, pp. 85–93, 2021, doi: 10.31849/teknik.v13i1.2360.
- [4] Fadlika Irham, Wibawanto Slamet, and Gunawan Ricko, "Analisa Perbandingan Desain DC-DC Converter untuk Perbaikan Power Factor," no. November 2019, pp. 315–324, 2019.
- [5] D. Almanda and N. Majid, "Studi Analisa Penyebab Kerusakan Kapasitor Bank Sub Station Welding di PT. Astra Daihatsu Motor," *Resist. (elektRONika kEndali Telekomun. tenaga List. kOMputeR)*, vol. 2, no. 1, p. 7, 2019, doi: 10.24853/resistor.2.1.7-14.
- [6] I. Hajar and S. M. Rahayuni, "Analisis Perbaikan Faktor Daya Menggunakan Kapasitor Bank Di Plant 6 Pt. Indocement Tunggal Prakarsa Tbk. Unit Citeureup," *Setrum Sist. Kendali-Tenaga-elektronika-telekomunikasi-komputer*, vol. 9, no. 1, p. 8, 2020, doi: 10.36055/setrum.v9i1.8111.
- [7] A. Pradipta and B. Gunari, "Rancang Bangun Simulator Perbaikan Faktor Daya Listrik 3 Fasa dengan Sistem Kendali Otomatis," pp. 77–81.
- [8] H. A. A. Wicaksono, S. Handoko, and A. A. Zahra, "Analisis Perbaikan Faktor Daya Dan Nilai Tegangan Di Poltekkes Semarang," *Transient J. Ilm. Tek. Elektro*, vol. 10, no. 2, pp. 327–334, 2021, doi: 10.14710/transient.v10i2.327-334.
- [9] A. Dani and M. Hasanuddin, "Perbaikan Faktor Daya Sebagai Kompensator Daya Reaktif (Studi Kasus STT Sinar Husni)," *Semin. Nas. R.*, vol. 998, no. September, pp. 673–678, 2018, [Online].
- [10] M. Putri and F. I. Pasaribu, "Analisis Kualitas Daya Akibat Beban Reaktansi Induktif (XL) di Industri," *J. Electr. Technol.*, vol. 3, no. 2, pp. 81–85, 2018.
- [11] U. Imarah, M. Sulaiman, A. Ahmad, and R. Omar, "Experimental Of The 7 % Detuned Lc Passive Filter For Harmonic Mitigation For Industrial Application," *Int. J. Energy Power Eng. Res.*, vol. 2, no. January, pp. 45–50, 2014.
- [12] J. Sinaga, R. M. Siburian, and J. Sirait, "Analisa Pengaruh Harmonisa pada Pengoperasian Beban Listrik," *J. Teknol. Energi Uda*, vol. 9, no. 2, pp. 88–97, 2020.
- [13] P. Agraekar and P. M. Joshi, "Industrial Practices for Power Factor Improvement and Harmonic Control," in *2020 IEEE International Conference for Innovation in Technology (INOCON)*, 2020, pp. 1–4. doi: 10.1109/INOCON50539.2020.9298216.
- [14] L. Gumilar, D. E. Cahyani, and M. Sholeh, "Combination Detuned Reactor and C-Type Filter for Electrical Power System under Harmonic Condition," in *2020 7th International Conference on Information Technology, Computer, and Electrical Engineering (ICITACEE)*, 2020, pp. 219–223. doi: 10.1109/ICITACEE50144.2020.9239123.
- [15] D. Surono, "Emitor: jurnal teknik elektro.," *Emit. J. Tek. Elektro*, vol. 16, no. 1, pp. 16–22, 2016, [Online]. Available: <http://journals.ums.ac.id/index.php/emitor/article/view/2678>

