

ANALISIS DAN SIMULASI PENGARUH PEMASANGAN CAPASITOR BANK UNTUK PERBAIKAN FAKTOR DAYA MENGUNAKAN SIMULINK PADA SISTEM TENAGA LISTRIK DI PT. BOGOWONTO PRIMALARAS

Amiq Uli Ulya

Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik

Universitas Muhammadiyah Semarang

Jl. Kasipah no 10 -12 Semarang – Indonesia

Email: Ulzayn@gmail.com

ABSTRAKS

Mesin-mesin industri seperti motor-motor listrik yang mengandung gulungan-gulungan kawat (induktor) yang dimana beban-beban yang bersifat induktif menyerap daya reaktif untuk kebutuhan magnetisasi, sehingga sumber (pembangkit listrik) harus mensuplai daya yang lebih besar. Tentunya Keadaan seperti ini dapat menyebabkan jatuh tegangan, arus pada jaringan bertambah dan faktor daya rendah pada daerah dekat beban. Maka dengan pemasangan kapasitor bank yang bertujuan untuk meningkatkan faktor daya. Dan dengan melakukan simulasi Simulink dapat diketahui efisiensi dari pemasangan kapasitor bank sebagai bahan pertimbangan untuk memperbaiki faktor daya pada PT. Bogowonto Primalaras. Dari hasil perhitungan manual didapatkan nilai kompensasi daya reaktif untuk perbaikan faktor daya sebesar 328,033 KVAR pada L1 dan 214,71 pada L2 sedangkan dari hasil simulasi simulink didapatkan perbaikan faktor daya 0,988 pada L1 dan 0,991 pada L2.

Kata Kunci : Faktor Daya, Daya reaktif, *Capasitor Bank*, *Simulink*.

1. PENDAHULUAN

Perbaikan kualitas daya listrik menjadi isu penting bagi penyediaan energi pada dunia industri dan menjadi kewajiban perbaikan sistem tenaga listrik di sisi pelanggan (Yawantoro dan Solichan, 2012). Pada suatu industri manufaktur penyaluran daya listrik digunakan untuk melayani beban-beban seperti

motor-motor listrik, transformator, dan peralatan listrik lainnya yang mana beban-beban tersebut mengandung gulungan-gulungan kawat (induktor). Induktor merupakan komponen yang menyerap daya listrik untuk keperluan magnetisasi dan daya listrik tersebut disebut daya reaktif. Suatu beban dikatakan induktif apabila beban

tersebut membutuhkan daya reaktif dan disebut kapasitif apabila menghasilkan daya reaktif. Bertambahnya beban yang bersifat induktif membutuhkan daya reaktif yang besar sehingga sumber (pembangkit listrik) harus mensuplai daya yang lebih besar. Keadaan seperti ini dapat menyebabkan jatuh tegangan, arus pada jaringan bertambah dan faktor daya rendah pada daerah dekat beban .

Berdasarkan permasalahan tersebut, beberapa cara yang efektif dan efisien dipilih untuk mendapatkan nilai yang optimum pada sistem tenaga listrik salah satunya adalah dengan instalasi kapasitor bank, yang bertujuan untuk memperbaiki faktor daya pada sistem tenaga listrik PT. Bogowonto Primalaras. Agar dapat menekan biaya tagihan listrik akibat dari kebutuhan daya reaktif yang ditimbulkan dari beban yang bersifat induktif.

Pada penelitian ini menggunakan simulasi Simulink untuk memodelkan sistem tenaga listrik di PT. Bogowonto Primalaras. Hasil pemodelan, dilakukan terhadap sistem tenaga listrik sebelum dan sesudah pemasangan kapasitor bank.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Dalam rangkaian AC beban listrik dibedakan menjadi tiga yaitu:

1) Beban Resistif

Beban resistif dihasilkan dari rangkaian yang terdiri dari penghambat berupa resistor murni. Beban ini hanya menyerap daya aktif

dan sama sekali tidak menyerap beban reaktif. Pada beban resistif arus dan tegangan akan sefasa (Nur, 2017).

2) Beban Induktif

Beban induktif adalah beban yang menyerap daya aktif dan daya reaktif dengan faktor daya *lagging*, yaitu saat tegangan mendahului arus sebesar sudut θ . Beban induktif dihasilkan dari komponen-komponen listrik yang mengandung kumparan kawat yang dililitkan pada inti besi. Contoh peralatan listrik yang merupakan beban induktif adalah motor-motor dan transformator. Beban induktif dihasilkan dari rangkaian yang mengandung komponen pasif, berupa *inductor* (Nur, 2017).

3) Beban Kapasitif

Beban kapasitif adalah beban yang mengandung komponen pasif, yaitu *capasitor*. Beban kapasitif menyerap daya aktif dan mengeluarkan daya reaktif. Bentuk gelombang dari beban kapasitif adalah arus mendahului tegangan. (Nur, 2017).

Faktor daya merupakan cosinus dari beda sudut fasa antara arus dan tegangan. Faktor daya disimbolkan dengan $\cos \phi$ dan mempunyai rentang nilai antara 0 sampai 1. Semakin mendekati 1 maka nilai faktor daya akan semakin baik. Kemudian untuk mencari nilai faktor daya dapat dilakukan dengan membagi daya aktif (P) dengan daya kompleks (S). Faktor daya dibagi menjadi dua yaitu (Putra, 2015).

a) Faktor Daya Tertinggal (*lagging*)

Faktor daya *lagging* menunjukkan kondisi disaat beban bersifat induktif dan memerlukan daya reaktif dari jaringan. Nilai $\cos\phi$ pada kondisi *lagging* akan bernilai positif. Kemudian pada gelombang sinus, arus (I) akan tertinggal dengan tegangan (V) atau tegangan (V) akan mendahului arus (I) dengan sudut ϕ (Nur, 2017).

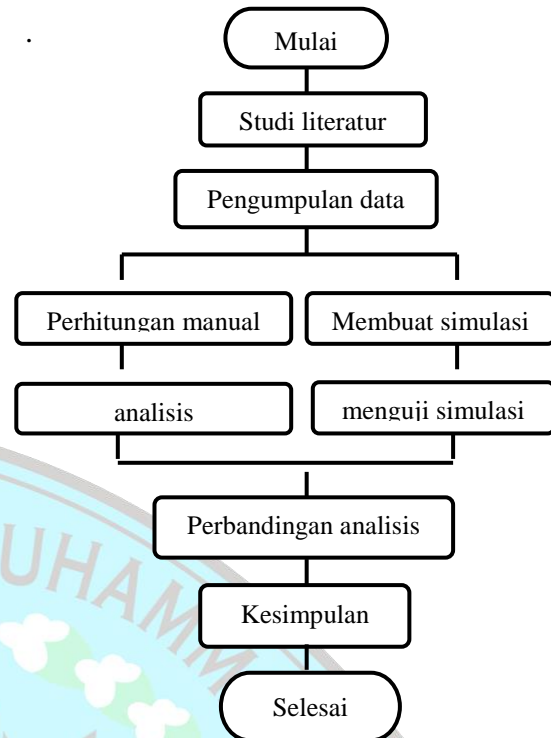
b) Faktor Daya Mendahului (*leading*)

Faktor daya *leading* menunjukkan kondisi disaat beban bersifat kapasitif dan memberikan daya reaktif ke jaringan. Nilai $\cos\phi$ pada kondisi *leading* akan bernilai negatif. Kemudian pada gelombang sinus, Arus (I) akan mendahului tegangan (V) atau tegangan (V) akan tertinggal terhadap arus (I) sebesar sudut ϕ . (Nur, 2017).

Capasitor bank adalah peralatan listrik yang bersifat beban kapasitif yang berfungsi untuk mengkompensasi beban induktif untuk perbaikan faktor daya.

3. METODE PENELITIAN

Berikut adalah tahapan-tahapan penelitian yang dilakukan, seperti ditunjukkan pada gambar dibawah.



Gambar 1. Flowchart penelitian.

Langkah – langkah dalam penelitian ini dimulai dengan studi literatur dengan cara melakukan pencarian terhadap sumber secara tertulis melalui buku – buku dan jurnal yang berkaitan dengan judul penelitian, kemudian melakukan pengumpulan data pada lokasi penelitian melalui wawancara dan pengukuran secara langsung pada panel MDP untuk selanjutnya dilakukan perhitungan secara manual dan membuat simulasi pada simulink untuk perbandingan analisis yang selanjutnya diambil kesimpulan dari penelitian yang dilakukan.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berikut adalah rata-rata data arus, tegangan, dan cos φ pada waktu pengukuran pukul 14.00 WIB dijalur transmisi L1 trafo 800 KVA dan L2 trafo 630 KVA.

Tabel 1. Hasil pengukuran pada L1

HARI	V			A			COS φ
	R	S	T	R	S	T	
SENIN	220	221	220	689	680	669	0,62
SELASA	220	222	221	755	735	719	0,61
RABU	222	223	223	736	705	715	0,61
KAMIS	220	223	221	780	767	756	0,61
JUMAT	221	222	221	672	651	655	0,63
Rata-rata	220,6	222,2	221,2	726,4	707,6	702,8	0,616

Tabel 2. Hasil pengukuran pada L2

HARI	V			A			COS φ
	R	S	T	R	S	T	
SENIN	226	229	227	380	525	515	0,62
SELASA	228	231	228	386	515	502	0,62
RABU	225	229	224	375	513	505	0,63
KAMIS	227	230	225	486	625	615	0,61
JUMAT	228	229	224	250	279	270	0,63
Rata-rata	226,8	229,6	225,6	375,4	491,4	481,4	0,622

Dari hasil pengambilan data dilapangan yang tertera pada tabel diatas dapat dilakukan perhitungan daya aktif, daya reaktif dan daya kompleks sebelum perbaikan faktor daya dan perhitungan kompensasi daya reaktif apabila nilai faktor daya diperbaiki menjadi 0,99 pada L1 sebagai berikut :

a. Daya Aktif

Fasa R

$$\begin{aligned}
 P &= V \cdot I \cdot \cos \phi & (1) \\
 &= 220 \times 689 \times 0.62 \\
 &= 93979,6 \text{ W} \\
 &= 93,98 \text{ KW}
 \end{aligned}$$

b. Daya Reaktif

Fasa R

$$\begin{aligned}
 Q &= V \cdot I \sin \phi & (2) \\
 &= 220 \times 689 \times 0,78
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 118929,9423 \text{ VAR} \\
 &= 118,93 \text{ KVAR}
 \end{aligned}$$

c. Daya Komplek

Fasa R

$$\begin{aligned}
 S &= V \cdot I & (3) \\
 &= 220 \times 689 \\
 &= 151580 \text{ VA} \\
 &= 151,58 \text{ KVA}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan diatas didapatkan data sebagai berikut :

Tabel 3. Data daya aktif, reaktif dan kompleks sebelum perbaikan faktor daya L1

HARI	P (KW)			S (KVA)			Q (KVAR)		
	R	S	T	R	S	T	R	S	T
SENIN	93,98	93,17	91,25	151,58	150,28	147,18	118,93	117,91	115,48
SELASA	101,32	99,53	96,92	166,10	163,17	158,89	131,61	129,29	125,91
RABU	99,66	95,90	97,26	163,39	157,21	159,44	129,47	124,57	126,34
KAMIS	104,67	104,33	101,91	171,60	171,04	167,07	135,97	135,53	132,39
JUMAT	93,56	91,04	91,19	148,51	144,52	144,75	115,33	112,23	112,41
Rata-rata	98,71	96,85	95,76	160,24	157,22	155,45	126,23	123,85	122,46
Total	291,326			472,931			372,550		

Dari tabel diatas total dari rata-rata perhitungan daya adalah daya P 291,326 KW, daya S 472,931 KVA dan daya Q sebesar 372,550 KVAR pada perhitungan L1.

Tabel 4. Data daya aktif, reaktif dan kompleks sebelum perbaikan faktor daya L2

HARI	P (KW)			S (KVA)			Q(KVAR)		
	R	S	T	R	S	T	R	S	T
SENIN	53,24	74,53	72,48	85,88	120,22	116,90	67,38	94,32	91,72
SELASA	54,56	73,75	70,96	88,00	118,96	114,45	69,05	93,34	89,80
RABU	53,15	74,01	71,26	84,37	117,47	113,12	65,52	91,23	87,84
KAMIS	67,29	87,68	84,40	110,32	143,75	138,37	87,41	113,90	109,64
JUMAT	35,91	40,25	38,10	57,00	63,89	60,48	44,26	49,61	46,96
Rata-rata	52,95	70,17	67,55	85,14	112,82	108,60	66,66	88,34	85,03
Total	190,686			306,570			240,049		

Dari tabel diatas total dari rata-rata perhitungan daya adalah daya P 190,686 KW, daya S 306,570 KVA dan daya Q sebesar 240,049 KVAR pada perhitungan L2.

d. Kompensasi Daya Reaktif

$$Q_c = P (\tan \phi_1 - \tan \phi_2) & (4)$$

Dimana :

$$P = 93,98 \text{ KW}$$

$$\cos \phi_1 = 1,26 \quad \text{maka } \tan \phi_1 =$$

$$\cos \phi_2 = 0,99 \quad \text{maka } \tan \phi_2 =$$

Jadi :

$$\begin{aligned} Q_c &= 93980(1,26 - 0,14) \\ &= 105821 \text{ VAR} \\ &= 105,82 \text{ KVAR} \end{aligned}$$

Dengan nilai kompensasi daya reaktif tersebut maka dapat dicari nilai kapasitansinya dengan menggunakan persamaan berikut :

Dimana

$$\text{Daya reaktif} = 105,82 \text{ KVAR}$$

$$\text{Tegangan} = 220 \text{ V}$$

$$\text{Frekuensi} = 50 \text{ Hz}$$

Maka Arus Kapasitor (I_c) :

$$I_c = \frac{KVAR}{V} \tag{5}$$

$$\begin{aligned} I_c &= \frac{105,82}{220} \\ &= 481,0045 \text{ Ampere} \end{aligned}$$

Reaktansi Kapasitif (X_c) adalah :

$$X_c = \frac{V}{I_c} \tag{6}$$

$$\begin{aligned} X_c &= \frac{220}{481,0045} \\ &= 0,457376 \text{ Ohm} \end{aligned}$$

Kapasitor yang diperlukan :

$$C = \frac{1}{2\pi f X_c} \tag{7}$$

$$\begin{aligned} C &= \frac{1}{2 \times 3,14 \times 50 \times 0,457376} \\ &= 0,006963 \text{ Farad} \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan diatas maka didapatkan data sebagai berikut :

Tabel 5. Kompensasi perbaikan faktor daya L1

Hari	Qc					C		
	COS ϕ_1	COS ϕ_2	R	S	T	R	S	T
Senin	0,62	0,99	105,82	104,91	102,74	0,00945	0,00953	0,009733
Selasa	0,61	0,99	117,43	115,35	112,34	0,0085157	0,00867	0,008902
Rabu	0,61	0,99	115,51	111,14	112,72	0,0086573	0,009	0,008872
Kamis	0,61	0,99	121,31	120,92	118,12	0,0082433	0,00827	0,008466
Jumat	0,63	0,99	102,26	99,51	99,67	0,009779	0,01005	0,010033
Rata-rata	0,616	0,99	111,14	109,05	107,82	0,0089977	0,00917	0,009275
Total daya			328033,15			0,027442483		

Tabel 6. Kompensasi perbaikan faktor daya L2

Hari	Qc					C		
	COS ϕ_1	COS ϕ_2	R	S	T	R	S	T
Senin	0,62	0,99	59,95	83,93	81,61	0,0166806	0,01191	0,012253
Selasa	0,62	0,99	61,44	83,05	79,9	0,016276	0,01204	0,012516
Rabu	0,63	0,99	58,09	80,89	77,89	0,0172147	0,01236	0,012839
Kamis	0,61	0,99	77,99	101,62	97,82	0,0128222	0,00984	0,010223
Jumat	0,63	0,99	39,24	43,99	41,64	0,0254842	0,02273	0,024015
Rata-rata	0,622	0,99	59,63	79,02	76,06	0,0167701	0,01266	0,013148
Total daya			214713			0,042572621		

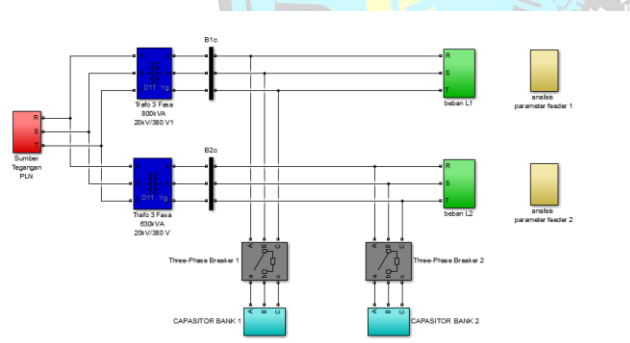
Dari tabel diatas dapat disimpulkan rata-rata hasil kompensasi daya reaktif dari meningkatnya nilai faktor daya menjadi 0,99 adalah fasa R sebesar 111,14KVAR atau $89,9 \times 10^{-4}$ Farad, fasa S sebesar 109,05KVAR atau $91,7 \times 10^{-4}$ Farad dan fasa T sebesar 107,82 KVAR atau $92,7 \times 10^{-4}$ Farad pada L1. Pada L2 untuk fasa R sebesar 59,63KVAR atau $167,7 \times 10^{-4}$ Farad, fasa S sebesar 79,01KVAR atau $126,6 \times 10^{-4}$ Farad dan pada fasa T 76,06KVAR atau $131,4 \times 10^{-4}$ Farad. Sesuai dengan perhitungan bahwa kebutuhan akan nilai kompensasi dari daya reaktif adalah sebesar 328,033 KVAR atau $274,4 \times 10^{-4}$ Farad pada L1 dan 214,71 KVAR atau $425,7 \times 10^{-4}$ Farad. Sedangkan data pemasangan *capasitor bank* yang ada dilapangan adalah 720 KVAR pada L1 dan 360 KVAR pada L2, Maka dengan pemasangan *capasitor bank*

Dengan data tersebut dapat dibuat rangkaian simulasi sistem jaringan tenaga listrik pada PT.Bogowonto Primalaras yang menggunakan dua trafo *step down* yang melayani akan kebutuhan beban tenaga listrik untuk menghidupkan mesin-mesin yang ada di PT. Bogowonto Primalaras. Dalam simulasi ini akan dibuat rangkaian simulasi yang terbagi dalam empat pengujian simulasi, dengan beban dari perhitungan diatas seperti yang ditunjukkan pada tabel berikut:

Tabel 7. Data beban

Feeder	P (W)			Q (KVAR)		
	R	S	T	R	S	T
L 1	98710,21	96852,89	95762,97	126231,5	123856,3	122462,5
L 2	52957,53	70177,42	67551,59	66666,65	88344,26	85038,68

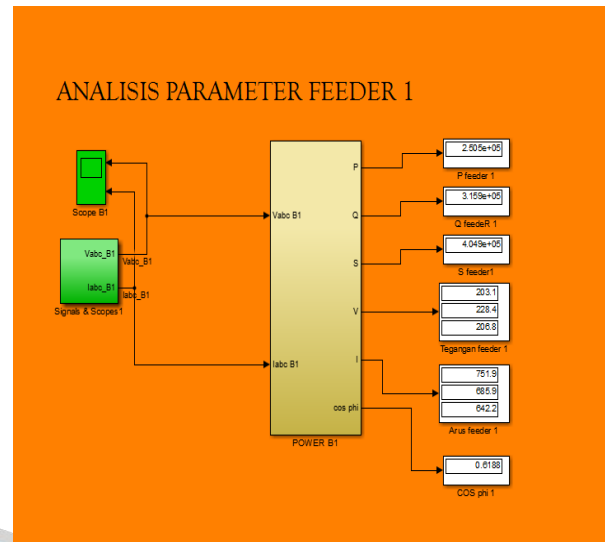
Dengan data beban tersebut maka dapat dibuat rangkaian simulasinya sebagai berikut:



Gambar 2. Rangkaian simulasi

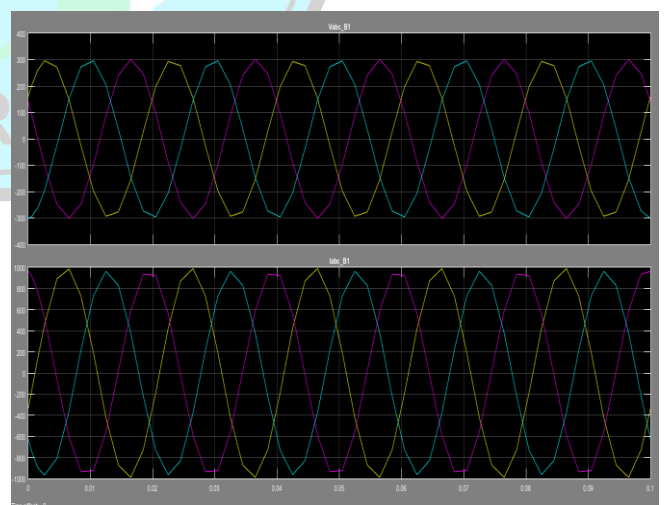
Dari rangkain simulasi diatas selanjutnya dilakukan proses pengujian simulasi yang didapatkan hasl sebagai berikut:

- 1) Hasil simulasi tanpa pemasangan *capasitor bank*



Gambar 3. Hasil simulasi sebelum pemasangan *capasitor bank* pada L1.

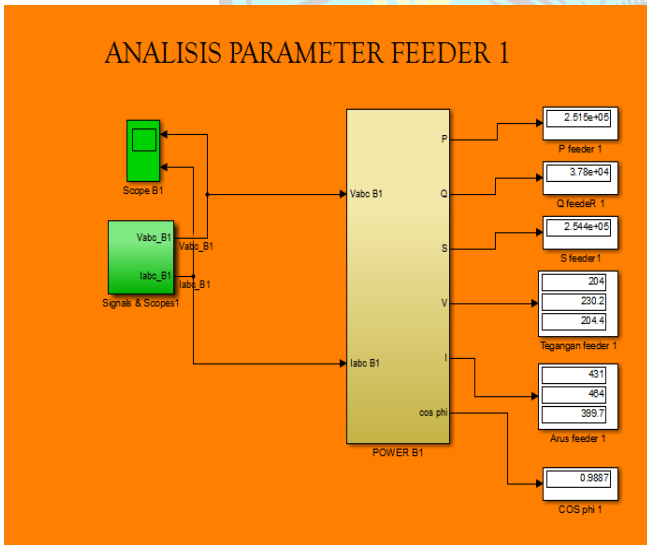
Dari gambar 3 hasil simulasi sebelum pemasangan *capasitor bank* pada L1 menunjukkan hasil pengukuran untuk daya P sebesar 250500 W, daya Q sebesar 315900 VAR dan daya S sebesar 404900 VA, sedangkan untuk tegangan (V) masing-masing fasa sebesar 203,1 V fasa R, 228,4 V fasa S dan 206,8 V fasa T dan untuk arus (I) pada fasa R 751,9 A, fasa S 685,9 A dan fasa T 642,2 A dengan nilai $\cos \phi$ -0,618.



Gambar 4. Bentuk gelombang tegangan dan arus sebelum pemasangan *capasitor bank* pada L1.

Pada gambar 4 bagian atas adalah bentuk gelombang dari tegangan (V) sedangkan pada bagian bawah adalah bentuk gelombang dari arus (I). Dari gambar diatas terlihat bentuk gelombang menunjukkan faktor daya tertinggal (lagging) dimana arus (I) tertinggal dengan tegangan (V) dan beban tersebut bersifat induktif yang memerlukan daya reaktif untuk perbaikan faktor daya. Dari gambar tersebut juga terlihat bahwa bentuk gelombang menunjukkan gelombang sinusoida yang terdistorsi oleh harmonik, yang diakibatkan dari beban-beban non linier.

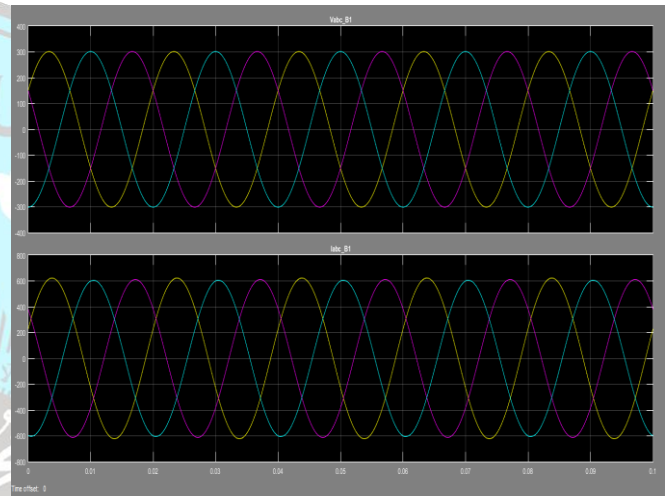
2) Hasil simulasi setelah pemasangan *capasitor bank* 328,033 KVAR pada L1 dan 214,71 pada L2.



Gambar 5. Hasil simulasi setelah pemasangan *capasitor bank* pada L1.

Dari hasil simulasi pada L1 setelah pemasangan *capasitor bank* yang ditunjukkan pada gambar 5 dapat diperoleh daya P 251500 W, daya Q 37800 VAR dan daya S 254400 VA. Sedangkan tegangan masing-masing fasa sebesar 204 V fasa R, 230,2 V fasa S, 202,4 V

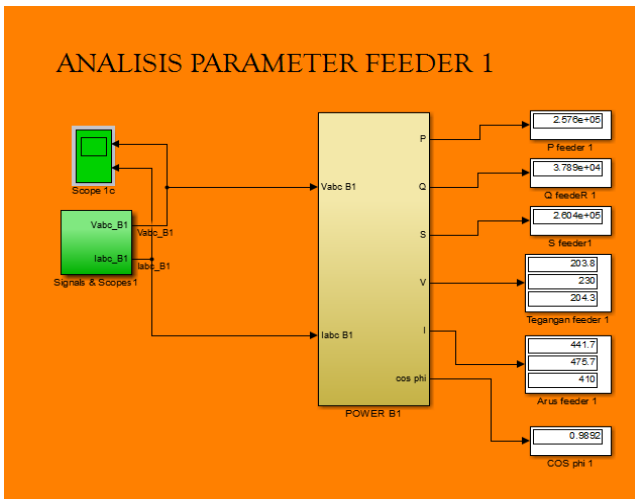
fasa T dan untuk arus (I) sebesar 431 A fasa R, 464 A fasa S dan 399,7 A pada fasa T dengan nilai $\cos \phi$ -0,988. Dapat dianalisis bahwa dengan memasang *capasitor bank* dengan data tabel 4.8 mengakibatkan perbaikan pada nilai faktor daya yang sebelumnya -0,618 menjadi -0,988 dan untuk arus (I) menjadi turun sehingga daya S dan Q juga menjadi turun.



Gambar 6. Bentuk gelombang tegangan dan arus setelah pemasangan *capasitor bank* pada L1.

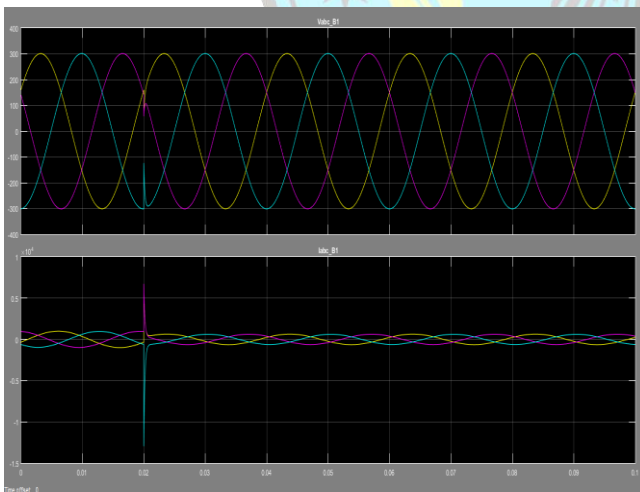
Gambar 6 menunjukkan bentuk gelombang setelah pemasangan *capasitor bank*, pada tegangan (V) dan arus (I) dimana keteringgalan arus (I) tidak terlalu jauh dibandingkan dengan bentuk gelombang sebelum pemasangan *capasitor bank*. Menunjukkan akan kebutuhan daya reaktif sudah terkompensasi.

3) Hasil simulasi setelah pemasangan *capasitor bank* dan pengsaklaran



Gambar 7. Hasil simulasi setelah pemasangan *capasitor bank* dan pengsaklaran L1.

Dari gambar 7 didapatkan hasil simulasi setelah pemasangan *capasitor bank* dan pengsaklaran untuk daya P 257600 W, daya Q 37890 VAR dan daya S 260400 VA. Untuk tegangan (V) pada fasa R 203.8 V, fasa S 230 V dan fasa T 204,3 V sedangkan untuk arus (I) pada fasa R 441,7 A, fasa S 475,7 A dan fasa T 410 A, nilai dari perbaikan faktor daya atau $\cos \phi$ dari simulasi tersebut sebesar 0,989.

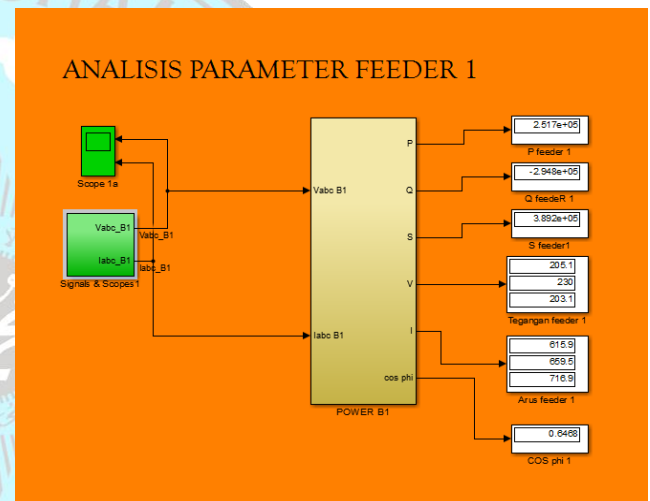


Gambar 8. Bentuk gelombang setelah pemasangan *capasitor bank* dan pengsaklaran pada L1.

Dari hasil simulasi pada gambar 8 setelah pemasangan *capasitor bank* dan pengsaklaran

terlihat ada lonjakan bentuk gelombang atau *transient* akibat dari pengsaklaran karena adanya hubung singkat yang terjadi, gejala *transien* yang mempunyai dua arah polaritas yaitu polaritas positif dan negatif. Setelah terjadi *transient* bentuk gelombang kembali normal dan menunjukkan kebutuhan akan daya reaktif sudah terkompensasi akibat dari pemasangan *capasitor bank*.

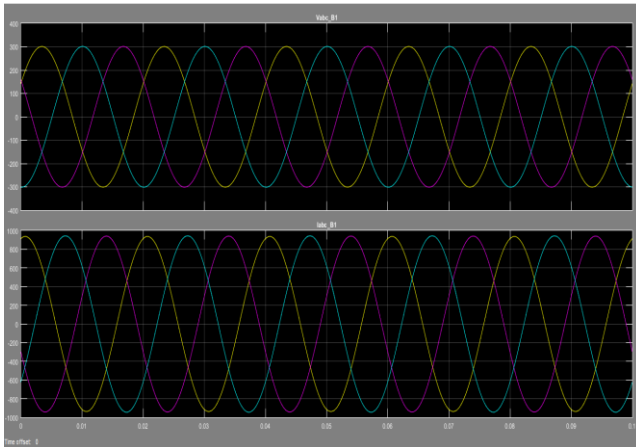
- 4) Hasil simulasi dari pemasangan *capasitor bank* 720 KVAR pada L1 dan 360 pada L2.



Gambar 9. Hasil simulasi setelah pemasangan *capasitor bank* di PT. Bogowonto Primalaras pada L1.

Dari hasil simulasi dengan data pemasangan *capasitor bank* sesuai yang terpasang di PT. Bogowonto Primalaras didapatkan nilai daya P 251700 W daya Q -294800 VAR dan daya S 389200 VA, masing-masing tegangan fasa R 205,1 V, fasa S 230 V dan fasa T 203,1 V, masing-masing arus pada fasa R 615,9 A, fasa S 669 A dan fasa T 716,9 A, nilai $\cos \phi$ +0,646, dari hasil simulasi tersebut dapat dianalisis bahwa ukuran nilai

capasitor bank yang terpasang terlalu besar sehingga mengakibatkan nilai daya reaktif overload sehingga arus pada jaringan naik dan menunjukkan faktor daya (+) dan menjauhi nilai 1. dengan demikian penggunaan kapasitor pada sistem tenaga listrik di PT. Bogowonto Pimalaras telah melebihi batas kebutuhan dari beban induktif.



Gambar 10. Bentuk gelombang setelah pemasangan *capasitor bank* di PT. Bogowonto Primalaras pada L1.

Dari hasil simulasi bentuk gelombang setelah pemasangan *capasitor bank* dengan data yang terpasang di PT. Bogowonto Primalaras menunjukkan faktor daya dalam kondisi *leadding* dimana arus (I) mendahului tegangan (V) dan memerlukan beban induktif dari jaringan untuk perbaikan faktor daya. Dalam kondisi tersebut menunjukan kebutuhan akan nilai daya reaktif yang melebihi batas kebutuhan dari beban induktif .

Dari hasil simulasi yang telah dilakukan pada L1 dan L2 diatas maka dapat dibuat tabel sebagai berikut.

Tabel 8. Perbandingan analisa L1

Analisis	Power			Arus			cos φ
	P	Q	S	R	S	T	
Manual	291326,0627	372550,3001	472931,92	726,4	707,6	702,8	-0,616
Simulasi 1	250500	315900	404900	751,9	685,9	642,2	-0,618
Simulasi 2	251500	37800	254400	431	464	399,7	-0,988
simulasi 3	257600	37890	260400	441,7	475,7	410	-0,989
simulasi 4	251700	-294800	389200	615,9	669	716,9	+0,646

Tabel 9. Perbandingan analisa L2

Analisis	Power			Arus			cos φ
	P	Q	S	R	S	T	
Manual	190686,54	240049,5956	306570	375,4	491,4	481,4	-0,622
Simulasi 1	165700	205500	265100	403,4	493,7	449,8	-0,625
Simulasi 2	167400	21700	168800	230,6	336	282,3	-0,991
simulasi 3	170100	21730	171500	235,1	342,5	287,9	-0,989
simulasi 4	164900	-103000	199900	308,5	358,3	346,8	+0,825

Hasil perbandingan dari analisis secara perhitungan manual dan simulasi dibuat dalam bentuk tabel *percentase (%) error* seperti diperlihatkan pada tabel berikut.

Tabel 10. Percentase error L1

analisis	cos φ	% error
manual	0,616	0,32
simulasi 1	0,618	
simulasi 2	0,988	0,10
simulasi 3	0,989	

Tabel 11. Percentase error L2

analisis	cos φ	% error
manual	0,622	0,48
simulasi 1	0,625	
simulasi 2	0,991	0,20
simulasi 3	0,989	

Dari perbandingan analisis antara perhitungan manual dan simulasi menunjukkan perbedaan hasil simulasi perbaikan faktor daya 0,32% dan pada simulasi 2 dan 3 sebesar 0,10%. Sedangkan pada L2 antara analisis secara perhitungan manual dan simulasi 1 sebesar 0,48 dan pada simulasi 2 dan 3 sebesar 0,20%.

Jadi dengan pemasangan *capasitor bank* baik dari perhitungan manual dan simulasi menunjukkan perbaikan faktor daya menjadi 0,99 dari sebelumnya 0,62, dengan pemasangan ukuran *capasitor bank* sebesar 328033,15 VAR pada L1 dan 214713 VAR pada L2.

5. KESIMPULAN

Dari penelitian ini dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. *Capasitor bank* dapat memperbaiki faktor daya.
2. Dari hasil simulasi didapatkan faktor daya rendah pada saat sebelum pemasangan *capasitor bank*.
3. Dari hasil simulasi setelah pemasangan *Capasitor bank* didapatkan faktor daya tinggi sehingga dapat menurunkan daya reaktif dari beban induktif.
4. Dari hasil simulasi dengan pengsaklaran terjadi *transient* yang terlihat pada lonjakan bentuk gelombang.
5. Dari hasil simulasi dengan pemasangan *capasitor bank* dapat mengkompensasi beban induktif.

6. Dengan pemasangan *capasitor bank* pada sistem tenaga listrik di PT. Bogowonto Primalaras dapat menurunkan nilai daya reaktif, sehingga hal ini sangat berpengaruh terhadap perlengkapan listrik baik ukuran kabel, pengaman listrik, peralatan listrik dan tentunya tagihan listrik.

DAFTAR PUSTAKA

- Alland, Khadafi dan Efrita AZ, 2013. *Perancangan kebutuhan capasitor bank untuk perbaikan faktor daya pada line mess 1 di PT. Bumi Lamongan Sejati (WBL)*. Universitas Negeri Surabaya.
- Ardiansyah, Ahmad. 2010. *Analisis Keandalan Sistem Jaringan Distribusi Udara 20 kV*. Fakultas teknik: Universitas Sumatra utara.
- Basri, Hasan, *Sistem Distribusi Daya Listrik*, ISTN, Jakarta, 1997.
- Bukhari, Ahmad. *Perbaikan Power Faktor Pada Konsumen Rumah Tangga Menggunakan Kapasitor Bank* [jurnal ilmiah mahasiswa].2012.
- Chandra. 2015. *Analisa rugi daya jaringan distribusi primer di gardu induk seduduk putih berbasis matlab simulink 7.12*. Politeknik negeri sriwijaya Palembang.

Hakim, MF. *Analisis kebutuhan capacitor bank beserta implementasinya untuk memperbaiki faktor daya listrik di politeknik kota malang*. Eltek.2014.

Tahun 2009-2011. Media Elektrika 5 (1).

Marsudi, Djiteng. *Operasi Sistem Tenaga Listrik*, Balai Penerbit, Jakarta, 1990.

Nur, Windu Hardiranto. 2017. *Analisa optimasi perbaikan faktor daya dan drop tegangan dengan menggunakan kapasitor bank pada line 5 PT. Bukit Asam (persero) Tbk*. Fakultas teknik: Universitas Lampung.

Prasetyo, MT dan Luqman Assaffat, 2010. *Efektifitas pemasangan kapasitor sebagai metode alternatif penghemat energi listrik*. Universitas Muhammadiyah Semarang.

Prayudi, teguh wiharja. *Peningkatan Faktor Daya Dengan Pemasangan Bank Kapasitor Untuk Penghematan Listrik Di Industri Semen*. Jakarta:Badan pengkajian dan penerapan teknologi;2006.

Putra, Rahmat Syawal. 2015. *Analisis pengaruh pemasangan kapasitor bank terhadap factor daya*. Fakultas Teknik: Universitas Halu Oleo Kendari.

Yawantoro, Eri dan Solichan, Achmad. 2012. *Analisa Keandalan Sistem Tenaga Listrik Jawa Tengah Dan Diy Periode*