

PENGARUH PENEMPATAN KAPASITOR BANK PADA TRAFODISTRIBUSI JARINGAN 20 KV DALAM PERBAIKAN FAKTOR DAYA (Studi Kasus Pada Penyulang Kh-08 Jl.Pelabuhan, Pusong Rayon Krueng Geukueh)

Meiriyanti¹, Salahuddin¹

¹Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Malikussaleh
Kampus Cot Teungku Nie-Reuleut Kecamatan Muara Batu-Aceh Utara
E-mail : Salahuddin@unimal.ac.id

Abstrak— Faktor daya adalah perbandingan antara daya aktif (kW) P dengan daya total (kVA) S, atau cosinus sudut antara daya aktif dan total Perbaikan faktor daya dapat diartikan sebagai usaha untuk membuat faktor daya/cos mendekati 1. Perbaikan faktor daya dapat dilakukan dengan memasang kompensator berupa kapasitor bank disalah satu lokasi sistem kelistrikan, sebelum pemasangan perlu dilakukan pengukuran faktor daya awal terlebih dahulu kemudian ditentukan faktor daya yang diinginkan sehingga dapat mengetahui berapa besarnya kompensasi yang harus dipasang. Metode pemasangan kapasitor bank yang digunakan yaitu metode group compensation, penempatannya pada bus 4 dengan panjang saluran 11,33 m. Besarnya kapasitas kapasitor bank yang dipasang pada bus 4 yang dihitung manual adalah 35,33 KVAR. Objek penelitian ini adalah pada trafo distribusi DT 42 dan DT 49 jaringan 20 KV PT. PLN (Persero) Penyulang KH-08 Jl.Pelabuhan, Pusong. Simulasi menggunakan software ETAP. ETAP (*Electrical Transient Analyzer*) merupakan program yang menawarkan solusi yang paling komprehensif untuk desain, simulasi, dan analisis pembangkitan, transmisi, dan distribusi listrik untuk sebuah sistem tenaga listrik yang besar.

Keywords— Faktor Daya, Perbaikan Faktor Daya, Metode Group Compensation, ETAP 6,00

I. PENDAHULUAN

Di dalam kehidupan modern saat ini pemakaian energi listrik sangat besar. Besarnya pemakaian energi listrik ini disebabkan karena banyak dan beraneka ragam peralatan (beban) listrik yang digunakan. Sedangkan beban listrik yang digunakan umumnya bersifat induktif dan kapasitif dimana beban induktif (positif) membutuhkan daya reaktif seperti trafo dan rectifier, motor induksi (AC) dan lampu TL, sedang beban kapasitif (negatif) mengeluarkan daya reaktif. Daya reaktif ini merupakan daya tidak berguna sehingga tidak dapat

dirubah menjadi tenaga akan tetapi diperlukan untuk proses transmisi energi listrik pada beban. Jadi yang menyebabkan pemborosan energi listrik adalah banyaknya peralatan yang bersifat induktif. Berarti dalam penggunaan energi listrik pelanggan tidak hanya dibebani oleh daya aktif (kW) saja tetapi juga daya reaktif (kVAR). Penjumlahan kedua daya itu akan menghasilkan daya nyata yang merupakan daya yang disuplay oleh PLN. Jika nilai daya ini diperbesar yang biasanya dilakukan oleh pelanggan industri maka rugi-rugi daya menjadi besar sedangkan daya aktif (kW) dan tegangan yang sampai ke konsumen berkurang. Dengan demikian produksi pada industri itu akan menurun hal ini tentunya tidak boleh terjadi untuk itu suplay daya dari PLN harus ditambah berarti penambahan biaya. Karena daya itu $P=V.I$, maka dengan bertambah besarnya daya berarti terjadi penurunan harga V dan naiknya harga I. Secara teoritis sistem dengan pf yang rendah tentunya akan menyebabkan arus yang dibutuhkan dari pensuplay menjadi besar. Hal ini akan menyebabkan rugi-rugi daya (daya reaktif) dan jatuh tegangan menjadi besar. Dengan demikian denda harus dibayar sebab pemakaian daya reaktif meningkat menjadi besar. Denda atau biaya kelebihan daya reaktif dikenakan apabila jumlah pemakaian kVARH yang tercatat dalam sebulan lebih tinggi dari 0,62 jumlah kWh pada bulan yang bersangkutan sehingga pf rata-rata kurang dari 0,85. Untuk memperbesar harga $\cos \theta$ yang rendah hal yang mudah dilakukan adalah memperkecil sudut θ sehingga $\cos \theta$ mendekati 1. Sedangkan untuk memperkecil sudut θ itu hal yang mungkin dilakukan adalah memperkecil komponen daya reaktif (kVAR). Berarti komponen daya reaktif yang ada bersifat induktif harus dikurangi dan pengurangan itu bisa dilakukan dengan menambah suatu sumber daya reaktif yaitu berupa kapasitor.

Untuk mengoptimalkan pemanfaatan daya listrik yang tersedia dari PLN, maka keberadaan daya reaktif harus dibuat seminimal mungkin. Disamping itu penghematan energi merupakan sesuatu yang

prioritas di tengah menipisnya persediaan energi listrik saat ini. Adapun beberapa parameter penting yang harus diperhatikan dalam sistem distribusi guna menjaga kualitas daya antara lain adalah masalah harmonisa, fluktuasi tegangan, frekuensi, faktor daya, jatuh tegangan, dan beberapa faktor lainnya. Tugas akhir ini akan membahas faktor daya dan penempatan kapasitor bank dari sistem distribusi itu sendiri. Dalam hal ini penulis mencoba melakukan penelitian ini untuk dapat mengurangi pemakaian daya listrik sehingga tagihan listrik PLN dapat ditekan. Maka dari itu penulis mengangkat judul mengenai “Pengaruh Penempatan Kapasitor Bank Pada Trafo Distribusi Jaringan 20 kV Dalam perbaikan Faktor Daya (Studi Kasus Pada Penyulang KH-08 Jl.Pelabuhan ,Pusong Rayon Krueng Geukueh)”.

II. DASAR TEORI

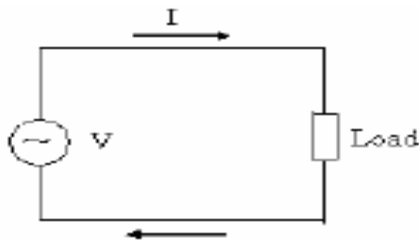
A. Pengertian Daya

Daya adalah energi yang dikeluarkan untuk melakukan usaha. Dalam sistem tenaga listrik, daya merupakan jumlah energi yang digunakan untuk melakukan kerja atau usaha. Daya listrik biasanya dinyatakan dalam satuan Watt atau *Horsepower* (HP), *Horsepower* merupakan satuan daya listrik dimana 1 HP setara 746 Watt atau second. Sedangkan Watt merupakan unit daya listrik dimana 1 Watt memiliki daya setara dengan daya yang dihasilkan oleh perkalian arus 1 Ampere dan tegangan 1 Volt. Daya dinyatakan dalam P, Tegangan dinyatakan dalam V dan Arus dinyatakan dalam I, sehingga besarnya daya dinyatakan :

$$P = V \times I$$

$$P = \text{Volt} \times \text{Ampere} \times \text{Cos } \phi$$

$$P = \text{Watt}$$



Gambar 2.1 Arah aliran arus listrik

B. Daya Aktif

Daya aktif (*Active Power*) adalah daya yang terpakai untuk melakukan energi sebenarnya. Satuan daya aktif adalah Watt. Misalnya energi panas, cahaya, mekanik dan lain – lain.

$$P = V . I . \text{Cos } \phi$$

$$P = 3 . V_L . I_L . \text{Cos } \phi$$

Daya ini digunakan secara umum oleh konsumen dan dikonversikan dalam bentuk kerja.

C. Daya Reaktif

Daya reaktif adalah jumlah daya yang diperlukan untuk pembentukan medan magnet. Dari pembentukan

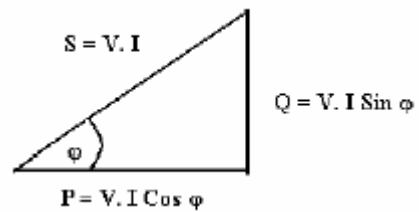
medan magnet maka akan terbentuk *fluks* medan magnet. Contoh daya yang menimbulkan daya reaktif adalah transformator, motor, lampu pijar dan lain – lain. Satuan daya reaktif adalah Var.

$$Q = V . I . \text{Sin } \phi$$

$$Q = 3 . V_L . I_L . \text{Sin } \phi$$

D. Daya Nyata

Daya nyata (*Apparent Power*) adalah daya yang dihasilkan oleh perkalian antara tegangan rms dan arus rms dalam suatu jaringan atau daya yang merupakan hasil penjumlahan trigonometri daya aktif dan daya reaktif. Satuan daya nyata adalah VA.



Gambar 2.2 Penjumlahan Trigonometri Daya Aktif, Reaktif Dan Semu

$$S = P + jQ, \text{ mempunyai nilai/ besar dan sudut}$$

$$S = S \phi$$

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} \phi$$

Untuk mendapatkan daya satu fasa, maka dapat diturunkan persamaannya seperti di bawah ini :

$$S = P + jQ$$

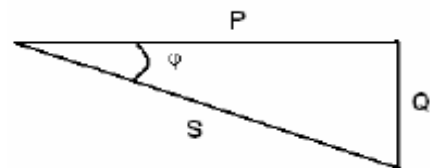
Dari gambar 2.2 terlihat bahwa:

$$P = V . I \text{Cos } \phi$$

$$Q = V . I \text{Sin } \phi$$

E. Segitiga Daya

Segitiga daya merupakan segitiga yang menggambarkan hubungan matematika antara tipe-tipe daya yang berbeda (*Apparent Power, Active Power* dan *Reactive Power*) berdasarkan prinsip trigonometri.



Gambar 2.3 Diagram Faktor Daya

dimana berlaku hubungan :

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} < \phi$$

$$P = S / \text{Cos } \phi$$

$$Q = S / \text{Sin } \phi$$

F. Faktor Daya

Faktor daya adalah perbandingan antara daya aktif (kW) P dengan daya total (kVA) S, atau cosinus sudut antara daya aktif dan total. Daya reaktif yang tinggi akan meningkatkan sudut ini dan sebagai hasil faktor daya akan menjadi lebih rendah. Faktor daya selalu lebih kecil atau sama dengan satu.

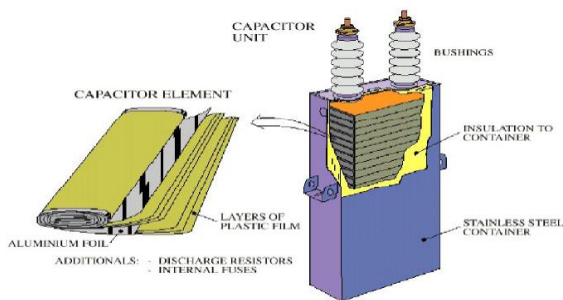
Faktor Daya = Daya Aktif (P) / Daya Nyata (S)
 = kW / kVA
 = V.I Cos φ / V.I
 = Cos φ

Faktor daya mempunyai nilai *range* antara 0 – 1 dan dapat juga dinyatakan dalam persen. Faktor daya yang bagus apabila bernilai mendekati satu.

G. Kapasitor Bank

Kapasitor Bank merupakan peralatan listrik yang mempunyai sifat kapasitif yang terdiri sekumpulan beberapa kapasitor yang disambung secara paralel untuk mendapatkan kapasitas kapasitif tertentu. Besaran parameter yang sering dipakai adalah KVAR (Kilovolt ampere reaktif) meskipun pada kapasitor sendiri tercantum besaran kapasitansi yaitu Farad atau microfarad. Fungsi utama dari kapasitor bank yaitu sebagai penyeimbang beban induktif, Seperti yang kita ketahui beban listrik terdiri dari beban reaktif (R), induktif (L) dan capasitif(C). Berikut ini adalah beberapa kegunaan dari kapasitor bank:

- a) Memperbaiki Power Factor (faktor daya)
- b) Mensuply daya reaktif sehingga mamaksimalkan penggunaan daya komplek (KVA)
- c) Mengurangi jatuh tegangan (Voltage drop)
- d) Menghindari kelebihan beban transformser
- e) Memberikan tambahan daya tersedia
- f) Menghindari kenaikan arus/suhu pada kabel
- g) Menghemat daya / efesiensi
- h) mengawetkan instalasi & Peralatan Listrik
- i) Kapasitor bank juga mengurangi rugi – rugi lainnya pada instalasi listrik.



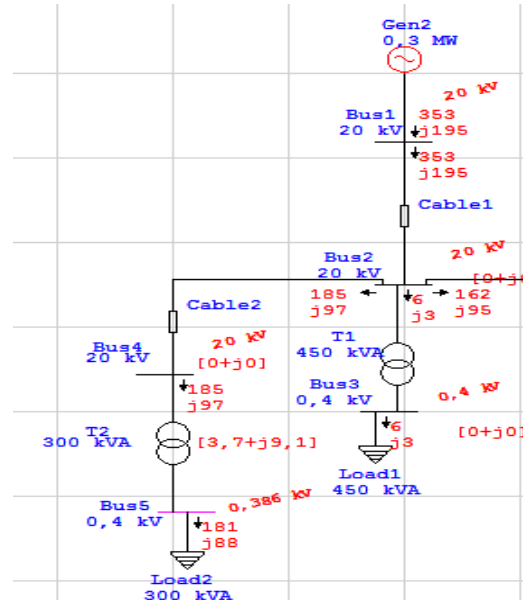
Gambar 2.3 Kapasitor Bank

III. ANALISA DAN PEMBAHASAN

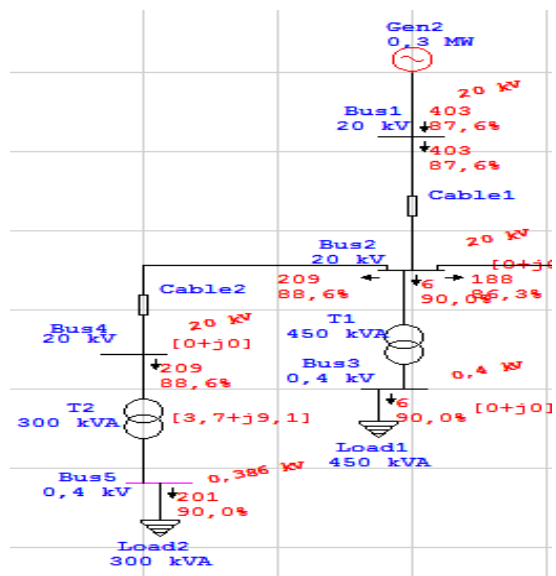
A. Hasil Simulasi Aliran Daya Sebelum Dan Sesudah Pemasangan Pada Tiap Bus Dengan Beban Berbeda

Dibawah ini merupakan hasil simulasi ETAP dengan beban yang berbeda dari sebelum nya, single line diagram pada sisi transformator dapat di lihat sebagai berikut :

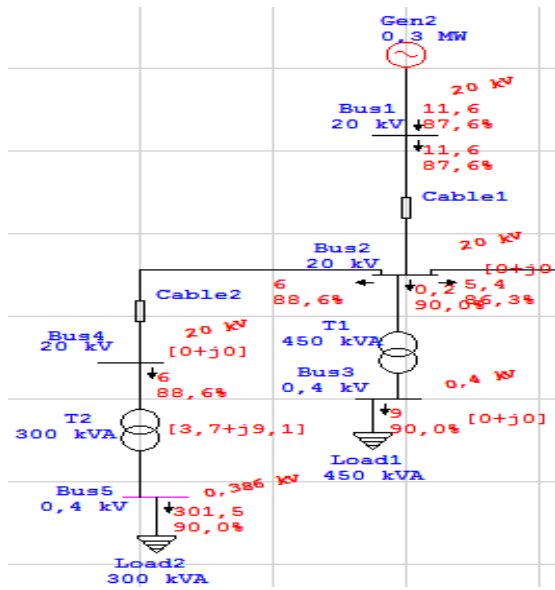
B. Simulasi Aliran Daya Sebelum Pemasangan Dengan Beban Berbeda



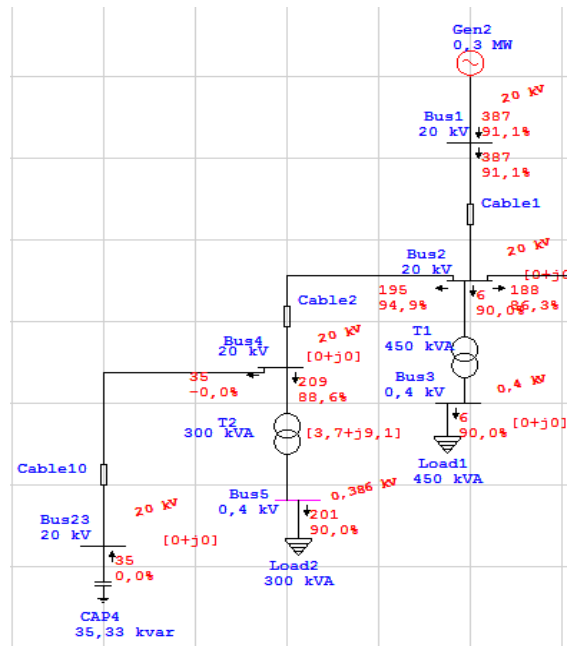
Gambar 3.1 Aliran Daya Untuk Nilai Kw+Kvar Dengan Beban Berbeda



Gambar 3.2 Aliran Daya Untuk Nilai Kva dan % Pf Dengan Beban Berbeda

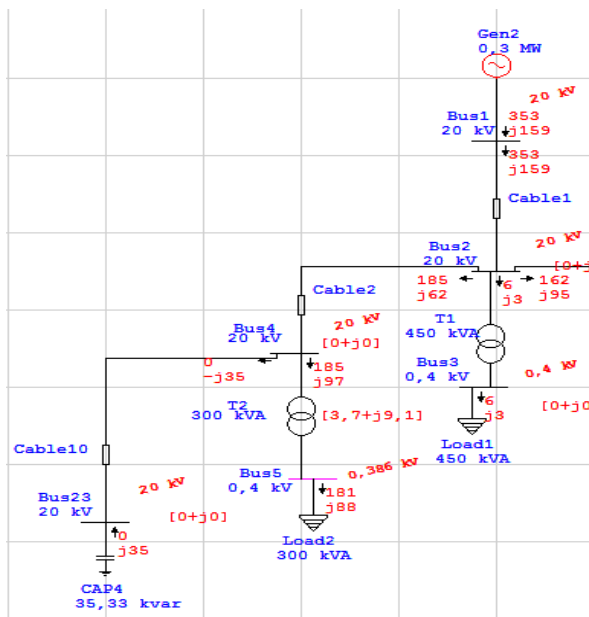


Gambar 3.3 Aliran Daya Untuk Nilai Arus dan % Pf Dengan Beban Berbeda

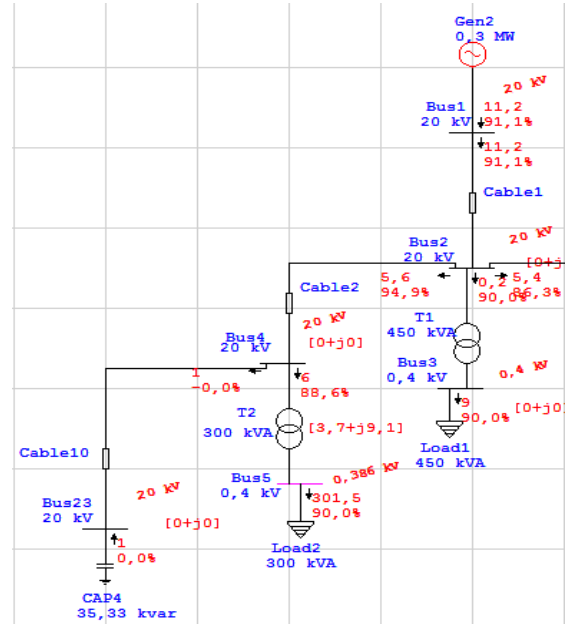


Gambar 3.4 Aliran Daya Untuk Nilai Kva dan % Pf Dengan Beban Berbeda

C. Simulasi Aliran Daya Sesudah Pemasangan Dengan Beban Berbeda



Gambar 3.5 Aliran Daya Untuk Nilai Kw+Kvar Dengan Beban Berbeda



Gambar 3.6 Aliran Daya Untuk Nilai Arus dan % Pf Dengan Beban Berbeda

Tabel 3.1 Hasil Simulasi Sebelum dan Sesudah Perbaikan Faktor Daya Dengan Beban Berbeda

| Besaran Listrik | Sebelum Perbaikan Faktor Daya | Sesudah Perbaikan Faktor Daya |
|---------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| Arus (I) | | |
| a. Bus 1 | c. 11,6 A | c. 11,2 A |
| b. Bus 4 | d. 6 A | d. 5,6 A |
| Tegangan (V) | | |
| a. Bus 1 | c. 20 Kv | c. 20 Kv |
| b. Bus 4 | d. 20 Kv | d. 20 Kv |
| Cos ϕ | | |
| a. Bus 1 | c. 87,6 % | c. 91,1 % |
| b. Bus 4 | d. 88,6 % | d. 94,9 % |
| Daya Semu (S) (Kva) | | |
| a. Bus 1 | c. 403 Kva | c. 387 Kva |
| b. Bus 4 | d. 209 Kva | d. 195 Kva |
| Daya Aktif (P) (Kw) | | |
| a. Bus 1 | c. 353 Kw | c. 353 Kw |
| b. Bus 4 | d. 185 Kw | d. 185 Kw |
| Daya Reaktif (Q) (Kvar) | | |
| a. Bus 1 | c. 195 Kvar | c. 159 Kvar |
| b. Bus 4 | d. 97 Kvar | d. 62 Kvar |

Dari hasil simulasi dengan beban yang berbeda dari data PLN yang telah di simulasikan sebelumnya, dibuatlah skenario sebelum pemasangan dan sesudah pemasangan agar dapat melihat perbedaan dengan data sebenarnya. Maka setelah disimulasikan dengan beban yang berbeda sangat besar perubahan yang terjadi dari segi arus, daya dan cos phi, rugi daya nya pun semakin besar. Maka dapat di simpulkan apabila beban semakin besar maka arus dan daya semakin besar, cos phi juga akan berubah.

Maka pengaruh penempatan kapasitor bank pada trafo distribusi jaringan 20 kV dalam perbaikan faktor daya dengan menggunakan metode group compensation hasil yang di peroleh dari simulasi mengalami perubahan yang bagus dalam perbaikan faktor daya.

IV. KESIMPULAN

Dibawah ini merupakan kesimpulan dari pada hasil simulasi penempatan kapasitor bank dalam perbaikan faktor daya pada trafo distribusi jaringan 20 Kv menggunakan kapasitor bank adalah sebagai berikut:

1. Berdasarkan hasil simulasi sesudah pemasangan besarnya pemakaian daya reaktif pada sistem berkurang dari 149 Kvar menjadi 114 Kvar pada bus 1 dan bus 4 berkurang dari 52 Kvar menjadi 16 Kvar.
2. Pemakaian arus listrik sesudah pemasangan kapasitor bank berkurang sebesar 5,68 % pada bus 1 dan 9,37 % pada bus 4. Apabila arus nya naik atau besar maka akan terjadi kerusakan pada peralatan.
3. Metode group compensation reaktif lebih sesuai digunakan dalam menentukan lokasi penempatan kapasitor bank di penyulang kh 08 pada bus 4 saja.

V. REFERENSI

1. Bukhari, Ahmad. 2012. *Perbaikan Power Faktor Pada Konsumsi rumah Tangga Menggunakan Kapasitor Bank*. (diunduh 22 Februari 2015)
2. Belly, Alto. dkk. 2010. *Daya Aktif, Reaktif dan Nyata*.
3. Hermawan, Didik Agus Putu. 2012. *Pemasangan Kapasitor Bank Di Pabrik PT. Eratex Djaja TBK Probolinggo*.
4. <https://yudhamalmsteen.wordpress.com/power-factor-correction>
5. <https://Perbaikan Faktor Daya Menggunakan Kapasitor Dunia Listrik.html>
6. <https://slamety.files.wordpress.com/2014/03/panduan-praktikum-stl-1-tt4.pdf>
7. <https://adienaruto.wordpress.com/just-know/etap-electric-transient-analysis-program/>
8. PT. PLN (Persero) Rayon Krueng Geukueh Unit Pengatur Distribusi.
9. Sitorus, Jaya Rinaldo. 2013. *Studi Kualitas Listrik Dan Perbaikan Faktor Daya Pada Beban Listrik Rumah Tangga Menggunakan Kapasitor*. (diunduh 22 Februari 2015)
10. Suswanto, Daman. 2009. *Sistem Distribusi Tenaga Listrik*. UNP : Padang
11. Tanjung, abrar. 2012. *Analisis Sistem Distribusi 20 kV Untuk Memperbaiki Kinerja Dan Keandalan Sistem Distribusi Menggunakan Electrical Transient Analysis Program*.
12. Tampubolon David dan Sjani Masykur. 2014. *Optimalisasi Penggunaan Kapasitor Bank Pada Jaringan 20 Kv Dengan Simulasi Etap (Studi Kasus Pada Feeder Srikandi Di Pln Rayon Pangkalan Balai, Wilayah Sumatera Selatan)*. (diunduh 22 februari 2015)
13. Waris, Tadjuddin. 2011. *Studi penempatan kapasitor pada sistem distribusi*. Jurnal ilmiah “elektrikal enjiniring” UNHAS. (diunduh 09 Mei 2015)
14. Zuhul. 2000. *Dasar Teknik Tenaga Listrik Dan Elektronika Daya*. Jakarta : PT. Gramedia Pustaka Utama.

