

ANALISA POWER BALANCE PADA SISTEM JARINGAN LISTRIK DI PT. SUKSES MANTAP SEJAHTERA

Dena Seffina¹, Edy Sumarno²

¹Program Studi Teknik Elektro, Universitas Pamulang, Tangerang Selatan, Indonesia, 15310
e-mail: ¹denaseffina18@gmail.com

²Program Studi Teknik Elektro, Universitas Pamulang, Tangerang Selatan, Indonesia, 15310
e-mail: ²dosen00591@unpam.ac.id

Abstract

Electrical energy occupies the most important role that supports various activities. All human activities are highly dependent on electrical energy, both in the office, household, and large industrial sectors. One of them is PT. Sukses Mantap Sejahtera (PT. SMS) is located on Jalan UPT Nangakara, Dompu Regency, West Nusa Tenggara which is the first sugar industry in eastern Indonesia. PT.SMS has a steam turbine that works by burning bagasse and coal to produce mechanical energy which is then converted into electrical energy generated from this process of 6 MW. This study discusses Power Balance in the electric power system at PT.SMS, was to determine the power balance it is necessary for the data flow of power (load flow) and power losses (losses) that occur in the electrical distribution system. The method used in this study is a manual calculation method which will be compared with the simulation method using ETAP 12.6.0 software. Results in The value of power losses (losses) on both assumptions of the situation where the assumption of the sugarcane milling process produces an error percentage of 0.199% for active power and an error percentage of 1.741% for reactive power. On the assumption of sap cooking, the error percentage is 0.021% for active power and 1.507% error percentage for reactive power.

Keywords : Power Balance Analysis, Power Flow, Power Loss

Abstrak

Energi listrik menempati peranan paling penting yang mendukung berbagai kegiatan. Semua aktivitas manusia sangat bergantung pada energi listrik, baik di sektor perkantoran, rumah tangga, maupun industri besar. Salah satunya adalah PT. Sukses Mantap Sejahtera (PT. SMS) berlokasi di jalan UPT Nangakara, Kabupaten Dompu, Nusa Tenggara Barat yang merupakan industri gula pertama di Indonesia bagian timur. PT.SMS memiliki turbin uap yang bekerja dengan membakar ampas tebu dan batubara untuk menghasilkan energi mekanik yang kemudian diubah menjadi energi listrik tenaga yang dihasilkan dari proses ini sebesar 6 MW. Penelitian ini membahas tentang Power Balance pada sistem tenaga listrik di PT.SMS, dimana untuk mengetahui keseimbangan daya maka diperlukan data aliran daya (*load flow*) dan rugi-rugi daya (*losses*) yang terjadi pada sistem distribusi listrik. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode perhitungan manual yang akan dibandingkan dengan metode simulasi menggunakan software ETAP 12.6.0. Hasil nilai rugi-rugi daya (*losses*) pada kedua asumsi keadaan dimana asumsi proses penggilingan tebu menghasilkan persentase kesalahan sebesar 0,199% untuk daya aktif dan persentase kesalahan sebesar 1,741% untuk daya reaktif. Pada asumsi pemasakan nira, persentase *error* sebesar 0,021% untuk daya aktif dan persentase *error* 1,507% untuk daya reaktif.

Kata kunci : Analisis Power Balance, Aliran Daya, Rugi Daya

1. PENDAHULUAN

Dalam kehidupan sehari-hari energi listrik menempati peran terpenting untuk mendukung berbagai aktifitas. Seluruh kegiatan manusia sangat bergantung pada energi listrik, baik pada sektor perkantoran, rumah tangga maupun industri besar. Konsumsi akan energi listrik terus meningkat selaras dengan perkembangan jumlah penduduk dan perkembangan teknologi saat ini. Dalam memenuhi kebutuhan energi listrik, maka dilakukan pendistribusian jaringan energi listrik ke seluruh sektor baik dalam bentuk tegangan rendah maupun tegangan menengah yang telah diatur dalam PUIL 2000 untuk proses standarisasinya.

Pada sektor industri, kebutuhan energi listrik tergolong cukup besar. Hal ini menimbulkan banyaknya sektor industri yang membuat pembangkit energi listrik untuk memenuhi kebutuhan energinya. Salah satunya yaitu PT. Sukses Mantap Sejahtera (PT. SMS) yang berada di jalan UPT Nangakara, Kabupaten Dompu Nusa Tenggara Barat yang dimana merupakan industri gula pertama di wilayah timur Indonesia. PT.SMS memiliki sebuah turbin uap yang bekerja melalui pembakaran ampas tebu (*baggase*) dan batubara untuk menghasilkan energi mekanik yang kemudian diubah menjadi energi listrik dengan daya yang dihasilkan dari proses ini sebesar 6 MW. Total daya yang dibangkitkan berguna untuk menyuplai beban yang digunakan, baik motor-motor dengan kapasitas kecil maupun motor dengan kapasitas besar.

Karena pengaruhnya yang cukup penting dalam proses penyebar energi listrik ke peralatan pabrik, maka sebuah sistem distribusi harus efisien dan handal. Dimana proses pembangkitan tenaga listrik di PT. SMS menggunakan unit *boiler* dengan kapasitas 60 ton uap per jam, jika menggunakan bahan bakar ampas tebu (*bagasse*) dan 48 ton uap per jam, jika menggunakan bahan bakar batubara. Uap yang digunakan merupakan hasil dari pemanasan air yang sudah melalui proses demineralisasi atau penghilangan mineral pada airnya dengan temperatur pembakaran *boiler* sebesar 500°C sampai dengan 800°C untuk mencapai titik didih hingga air berubah bentuk menjadi uap kering. Uap kering bertekanan yang berasal dari proses pemanasan boiler memiliki temperatur 420°C yang kemudian uap ini berguna untuk memutar sudu-sudu turbin. Putaran pada turbin menghasilkan

energi mekanik yang kemudian diteruskan ke unit generator yang sudah dihubungkan porosnya dengan turbin, hal ini menyebabkan adanya konversi energi yang terjadi sehingga menimbulkan energi listrik yang didapat dari konversi energi mekanik. Energi listrik yang dihasilkan dapat dialirkan ke *medium voltage panel* sebesar 6,3 KV. Pada proses pendistribusian tenaga listrik dari besar tegangan 6,3 KV diturunkan tegangannya menjadi 400 Volt dengan menggunakan transformator *step down* dan selanjutnya dialirkan ke *power control center* yang menjadi induk pensuplai tegangan bagi *motor control center panel*.

Energi yang dihasilkan harus seimbang dengan beban yang terpakai guna menghindari adanya ketidakseimbangan antar fasa. Ketidakseimbangan antar fasa atau kelebihan beban akan berpengaruh pada kerusakan alat proteksi maupun pada peralatan listrik lainnya serta pada kasus yang serius hal ini dapat memicu adanya kebakaran. Dengan permasalahan ini maka analisa aliran daya pada sistem tenaga listrik perlu dilakukan untuk mengetahui data terkait aliran daya dan tegangan pada sistem kelistrikan sehingga dari analisa ini dapat disimpulkan bahwa sistem tenaga listrik yang terpasang sudah memenuhi standrisasi atau dapat pula hasil analisa ini dijadikan acuan untuk dilakukan penelitian terkait masalah yang terjadi dan memecahkan permasalahan tersebut untuk meningkatkan kinerja sistem tenaga listrik dimasa yang akan datang. Mengetahui data terkait daya aktif (P), daya reaktif (Q), magnitudo tegangan (V) dan sudut fasa yang diperoleh dari proses pendistribusian energi listrik merupakan manfaat yang didapatkan dari analisa aliran daya.

Dengan adanya perkembangan teknologi dan ilmu pengetahuan berdampak besar dalam dunia engineering, dimana proses penyelesaian masalah dapat dilakukan dengan bantuan dari suatu program *software* untuk melakukan analisa terkait masalah yang ditemukan. Sebagai contoh dalam proses analisa aliran daya telah banyak dilakukan menggunakan *software* untuk mempermudah proses analisa, adapun *software* yang kerap digunakan peneliti, *engineering* dan untuk bahan pembelajaran adalah *Electrical Transient Analysis Program* (ETAP 12.6.0) dan *Matrix Laboratory* (MATLAB). Dalam proses analisa menggunakan *software* yang berbeda ETAP 12.6.0 untuk program

yang dijalankan ETAP 12.6.0 sama yaitu menggunakan beberapa metode antara lain metode *Newton-Rapson*, metode *Gauss-Seidel*, metode *Decoupled* dan metode *Fast Decoupled*.

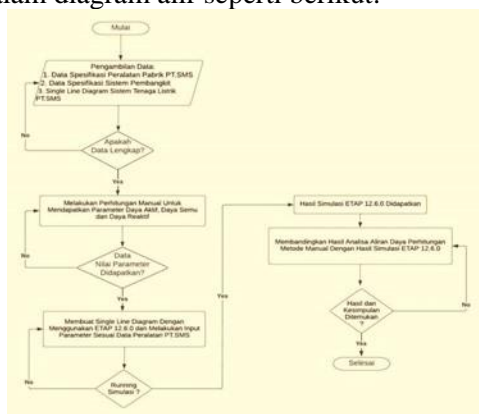
2. PENELITIAN YANG TERKAIT

Dalam beberapa penelitian sebelumnya yang membahas tentang studi *power balance* dan studi aliran daya listrik, antara lain penelitian yang dipimpin oleh Ali Supriyadi menggunakan aplikasi ETAP 12.6.0 untuk melakukan studi aliran daya dalam sistem tenaga listrik, kesimpulan yang didapatkan bahwa aliran daya listrik merupakan suatu analisa aliran dari daya dinamis (P) dan daya reaktif (Q) dari suatu kerangka kerja tenaga listrik melalui suatu penampang hingga ke beban, dimana besarnya daya yang mengalir pada penampang tersebut bergantung pada besarnya beban yang dipasang dalam suatu bus. (Supriyadi Ali, 2016)

Pada penelitian yang dipimpin oleh Nico Yupiter Siregar dalam penelitiannya yaitu analisa rugi-rugi daya pada tegangan saluran transmisi tegangan 150 KV menjelaskan bahwa aliran daya dari sistem jaringan listrik memberika solusi dalam keadaan stabil melalui beberapa parameter listrik berupa kuat arus listrik, tegangan listrik dan rugi-rugi yang dapat dihitung, dimana untuk mengetahui permasalahan yang terjadi pada sistem distribusi energi listrik maka dibutuhkan operasi perhitungan serta pengendalian yang berhubungan dengan sistem energi listrik. (Siregar, n.d.)

3. METODE PENELITIAN

Dalam penelitian ini agar analisa fokus terhadap masalah maka tahapan penelitian disusun kedalam diagram alir seperti berikut:



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Adapun penjelasan dari diagram alir diatas yaitu, pada tahapan pertama penelitian dimulai dengan melakukan studi literatur untuk mendapatkan teori-teori yang dibutuhkan dan menjadi acuan dari penelitian ini. Tahapan kedua yaitu dengan mulai mengumpulkan data-data dari *site* yang dituju dalam proses penelitian. Tahapan ketiga yaitu mengolah data yang didapatkan dengan melakukan Perhitungan dengan metode manual untuk mendapatkan parameter Daya Aktif, Daya Semu dan Daya Reaktif jika nilai parameter sudah ditemukan, maka tahap selanjutnya yaitu menggambarkan *single line diagram* dan memasukan parameter terkait kedalam *software* ETAP 12.6.0 Ketika seluruh parameter sudah diinputkan ke dalam single line diagram maka selanjutnya dilakukan simulasi aliran daya pada ETAP 12.6.0. Setelah melakukan simulasi maka akan didapatkan pula hasil analisa aliran daya. Setelah kedua hasil dari metode didapatkan maka tahap selanjutnya adalah melakukan perbandingan nilai yang didapatkan dari perhitungan manual dan simulasi ETAP 12.6.0, jika setelah dibandingkan hasil berbeda maka proses analisa akan diulangi kembali untuk mendapatkan hasil yang sama. Tahapan terakhir dari penelitian ini setelah hasil yang didapatkan sama yaitu menarik kesimpulan dan menganalisa keseimbangan tenaga dan rugi-rugi daya yang terjadi dalam sistem tenaga listrik di PT.SMS dan membandingkan dengan standar acuan yaitu PUIL 2000.

Tabel I. Spesifikasi Peralatan

No	Nama Peralatan	Daya Aktif(KW)	Keterangan Panel	Tegangan (kV)
1.	Cane Shredder	1200	MV Panel	6.3
2.	MCC 1	600	PCC 1	0.4
3.	MCC 2	681	PCC 1	0.4
4.	MCC 3	554	PCC 1	0.4
5.	MCC SP	0	PCC 1	0.4
6.	Can Lv	300	PCC 1	0.4
7.	HOC	300	PCC 1	0.4
8.	Spare Mt	0	PCC 1	0.4
9.	MCC 4	600	PCC 2	0.4
10.	MCC 5	300	PCC 2	0.4
11.	MCC 6	642	PCC 2	0.4
12.	MCC 8	507	PCC 2	0.4
13.	MCC 9	868	PCC 2	0.4
14.	AC Fed	25	PCC 2	0.4
15.	Office	120	PCC 2	0.4
16.	Lighting	120	PCC 2	0.4

17.	Centri 1	110	PCC 3	0,4
18.	Centri 2	110	PCC 3	0,4
19.	Centri 3	110	PCC 3	0,4
20.	Centri 4	110	PCC 3	0,4
21.	Centri 5	110	PCC 3	0,4
22.	SP Cent	110	PCC 3	0,4
23.	Batch 1	214	PCC 3	0,4
24.	Batch 2	214	PCC 3	0,4
25.	Batch 3	214	PCC 3	0,4
26.	Batch 4	214	PCC 3	0,4
27.	Batch 5	214	PCC 3	0,4
28.	VFD 1	214	PCC 3	0,4
29.	VFD 2	214	PCC 3	0,4
30.	VFD 3	214	PCC 3	0,4
31.	VFD 4	214	PCC 3	0,4
32.	VFD 5	214	PCC 3	0,4
33.	SP Batch	214	PCC 3	0,4
34.	AC Fed	25	PCC 3	0,4
35.	MCC 10	200	PCC 4	0,4
36.	MCC 11	250	PCC 4	0,4
37.	MCC 12	200	PCC 4	0,4
38.	MCC 13	200	PCC 4	0,4
39.	ID Fan 1	250	PCC 4	0,4
40.	VFD Fan 1	250	PCC 4	0,4
41.	Pump 1	225	PCC 4	0,4
42.	SA 1	160	PCC 4	0,4
43.	Lg Coal	120	PCC 4	0,4
44.	Hous Lg	120	PCC 4	0,4
45.	AC Fed	25	PCC 4	0,4
46.	Pump 2	225	PCC 4	0,4
47.	SP Fan 2	160	PCC 4	0,4
48.	Pump 3	225	PCC 4	0,4
49.	SP ID 2	250	PCC 4	0,4
50.	SP VFD 2	250	PCC 4	0,4

Data Pengelompokan Bus

Pada proses pendistribusian listrik dari pusat pembangkit ke pusat beban maka untuk mempermudah analisa aliran daya, dilakukan pengelompokan antara bus pembangkit (*bus slack*) dan bus konsumsi daya (*bus beban*) sebagai berikut:

Tabel II. Data Pengelompokan Bus

No.	Nama Bus	Jenis Bus
1.	MV PANEL	Bus Slack
2.	Cane Shredder	Bus Beban
3.	PCC 1	Bus Beban
4.	PCC 2	Bus Beban
5.	PCC 3	Bus Beban
6.	PCC 4	Bus Beban

Menentukan Nilai Parameter Beban Listrik

Nilai parameter tiap beban listrik didapatkan dengan melakukan simulasi pada *software* ETAP 12.6.0 sehingga menghasilkan data sebagai berikut:

Tabel III. Data Daya Aktif, Daya Semu dan Daya Reaktif Simulasi ETAP 12.6.0

No	Nama Peralatan	Daya Nyata(KW)	Daya Semu (KVA)	Daya Reaktif (KVAR)
1.	Cane Shredder	1279	1382	523
2.	MCC 1	642	696	1004
3.	MCC 2	728	789	1138
4.	MCC 3	593	643	927
5.	MCC SP	0	0	0
6.	Can Lv	322	350	505.5
7.	HOC	322	350	505.5
8.	Spare Mt	0	0	0
9.	MCC 4	642	696	1004
10.	MCC 5	322	350	505.5
11.	MCC 6	687	744	1073
12.	MCC 8	543	589	849.9
13.	MCC 9	927	1003	1447
14.	AC Fed	28	31.2	45
15.	Office	130	141	204.1
16.	Lighting	130	141	204.1
17.	Centri 1	119	130	187.2
18.	Centri 2	119	130	187.2
19.	Centri 3	119	130	187.2
20.	Centri 4	119	130	187.2
21.	Centri 5	119	130	187.2
22.	SP Cent	119	130	187.2
23.	Batch 1	230	251	361.9
24.	Batch 2	230	251	361.9
25.	Batch 3	230	251	361.9
26.	Batch 4	230	251	361.9
27.	Batch 5	230	251	361.9
28.	VFD 1	230	251	361.9
29.	VFD 2	230	251	361.9
30.	VFD 3	230	251	361.9
31.	VFD 4	230	251	361.9
32.	VFD 5	230	251	361.9

33.	SP Batch	230	251	361.9
34.	AC Fed	28	31.2	45
35.	MCC 10	215	234	338.4
36.	MCC 11	269	292	422.1
37.	MCC 12	215	234	338.4
38.	MCC 13	215	234	338.4
39.	ID Fan 1	269	292	422.1
40.	VFD Fan 1	269	292	422.1
41.	Pump 1	242	263	380.2
42.	SA 1	172	188	271.4
43.	Lg Coal	130	141	204.1
44.	Hous Lg	130	141	204.1
45.	AC Fed	28	31.2	45
46.	Pump 2	242	263	380.2
47.	SP Fan 2	172	188	271.4
48.	Pump 3	242	263	380.2
49.	SP ID 2	269	292	422.1
50	SP VFD 2	269	292	422.1

Menentukan nilai parameter bus

Pada proses simulasi berlangsung maka nilai parameter di tiap bus akan muncul secara otomatis yang kemudian menghasilkan data sebagai berikut:

Tabel IV. Data Beban pada Bus Simulasi ETAP 12.6.0

No.	Nama Bus	Jenis Bus	Daya Aktif (kW)	Daya Reaktif (KVAR)
1.	MV PANEL	Bus Slack	12787	4532
2.	Cane Shredder	Bus Beban	1279	523
3.	PCC 1	Bus Beban	2639	810
4.	PCC 2	Bus Beban	3463	1310
5.	PCC 3	Bus Beban	2977	1123
6.	PCC 4	Bus Beban	2429	767

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini penulis melakukan penelitian menggunakan dua metode untuk menganalisa yaitu metode manual dan metode simulasi menggunakan *software* ETAP 12.6.0.

Dalam proses penelitian analisa *power balance* dan daya terbuang (*losses*) peneliti melakukan dua asumsi keadaan dimana beban puncak bekerja, asumsi tersebut yaitu asumsi keadaan pabrik melakukan penggilingan tebu menjadi nira dan asumsi kedua yaitu keadaan ketika pabrik melakukan proses pemasakan nira menjadi gula kristal putih sampai dengan proses pengemasan. Kedua asumsi tersebut menggunakan PLTU sebagai sumber energi listrik, dimana pada asumsi penggilingan tebu akan menggunakan batubara sebagai sumber bahan bakarnya dan pada proses pemasakan nira menjadi gula akan menggunakan ampas tebu (*bagasse*) yang didapatkan dari proses penggilingan sebagai bahan bakar.

Analisa Beban dengan ETAP 12.6.0

Simulasi aliran daya yang dilakukan pada *software* ETAP 12.6.0 dengan metode *Newton-Raphson* digunakan sebagai pembanding dari analisa yang dilakukan menggunakan metode perhitungan manual. Sebelum melakukan simulasi pada *software* ETAP 12.6.0 maka dilakukan perancangan *Single Line Diagram* pada *software* yang mengacu pada skematik kelistrikan yang terpasang di PT.SMS. Pada sistem kelistrikan PT.SMS menggunakan PLTU sebagai pembangkit listrik untuk memenuhi konsumsi daya pada pabrik gula kristal putih, dimana energi yang dihasilkan oleh PLTU PT.SMS sebesar 6 MW yang mengalir pada bus *Medium Voltage Panel (MV Panel)* yang kemudian didistribusikan ke pusat beban. Pada proses pendistribusian daya listrik PT.SMS menggunakan 4 buah transformator step down dengan spesifikasi 2500 kVa sebanyak 2 buah dan 2000 kVa sebanyak 2 buah yang digunakan untuk menurunkan tegangan tinggi dari sumber PLTU sebesar 6.3 kV menjadi 0.4 kV. Setelah proses penurunan nilai tegangannya menjadi 0.4 kV kemudian energi listrik kembali didistribusikan ke pusat beban yang terdapat di pabrik gula kristal putih PT.SMS. Pusat beban terdiri dari mesin-mesin listrik yang berguna untuk melakukan produksi gula kristal putih, untuk spesifikasi pada pusat beba mengacu pada sub bab sehingga dalam proses perancangan SLD dengan *software* ETAP 12.6.0 hanya memerlukan data spesifikasi pusat beban sebagai parameter inputan pada SLD.

Rasio Kesalahan pada Daya Terbuang (*Losses*)

Rasio nilai kesalahan dari daya terbuang yang terjadi pada sistem distribusi kelistrikan PT.SMS dapat diketahui dengan mengacu pada dua asumsi proses produksi gula kristal putih, data yang digunakan untuk mengetahui nilai kesalahan berasal dari tabel (tabel *losses* giling dan masak). Nilai yang digunakan untuk mengetahui prosentase kesalahan yaitu adalah nilai total rugi daya (*losses*) yang terjadi pada bus, nilai ini digunakan karena jika menggunakan nilai tiap bus maka akan ada kesalahan perhitungan yang ditimbulkan oleh beberapa bus yang tidak memiliki nilai rugi daya (*losses*) karena disebabkan pada penelitian ini dimana penulis melakukan pengabaian pada kabel penghantar energi listrik PT.SMS. Penulis melakukan pengabaian dikarenakan minimnya data yang didapat penulis saat melakukan penelitian lapangan.

Rasio Kesalahan Proses Giling Tebu

Pada proses penggilingan tebu yang mengacu pada beban puncak dimana dijelaskan dengan tabel (tabel beban) yang kemudian menghasilkan data *losses* seperti pada tabel (tabel *losses* giling) dapat digunakan untuk mengetahui prosentase kesalahan dengan persamaan berikut.

$$\frac{\% \text{ Error}}{\text{Total Losses Manual}-\text{Total Losses ETAP}} \times \text{Total Losses ETAP} = 100\% \dots \dots \dots (4.7)$$

Dari persamaan, maka dapat dilakukan penyelesaian prosentase rugi daya (*losses*) dengan menggunakan parameter daya aktif serta daya reaktif. Sehingga hasil dari perhitungan sebagai berikut:

1. Menggunakan Parameter Daya Aktif

$$\% \text{ Error} = \frac{4963 \text{ KW}-4137 \text{ KW}}{4137 \text{ KW}} \times 100\%$$

$$\% \text{ Error} = 0.199$$

Hasil perhitungan prosentase kesalahan rugi daya (*losses*) dengan menggunakan parameter daya aktif yaitu sebesar 0.119%.

2. Menggunakan Parameter Daya Reaktif

$$\% \text{ Error} = \frac{6266.9 \text{ KVAR}-2536 \text{ KVAR}}{2536 \text{ KVAR}} \times 100\%$$

$$\% \text{ Error} = 1.741\%$$

Hasil perhitungan prosentase kesalahan rugi daya (*losses*) dengan menggunakan parameter daya reaktif yaitu sebesar 1.471%.

Rasio Kesalahan Proses Pemasakan Nira

Pada proses pemasakan nira menjadi gula kristal putih yang mengacu pada beban puncak dimana dijelaskan dengan tabel (tabel beban) yang kemudian menghasilkan data *losses* seperti pada tabel (tabel *losses* masak) dapat digunakan untuk mengetahui prosentase kesalahan. Berbeda dengan persamaan yang digunakan pada proses penggilingan tebu, pada proses pemasakan tebu akan dikelompokkan berdasarkan parameter nilai yang digunakan untuk perhitungan sebagai berikut:

1. Menggunakan Parameter Daya Aktif

Nilai prosentase kesalahan yang menggunakan parameter daya aktif sebagai acuan perhitungannya menggunakan persamaan sebagai berikut

$$\frac{\% \text{ Error}}{\text{Total Losses ETAP}-\text{Total Losses Manual}} = \text{Total Losses Manual} \dots \dots \dots (4.8)$$

Dari persamaan diatas maka didapatkan perhitungan berikut

$$\% \text{ Error} = \frac{4877 \text{ KW}-4775.1 \text{ KW}}{4775.1 \text{ KW}} \times 100\%$$

$$\% \text{ Error} = 0.021\%$$

Hasil perhitungan prosentase kesalahan rugi daya (*losses*) dengan menggunakan parameter daya aktif yaitu sebesar 0.021%.

2. Menggunakan Parameter Daya Reaktif

Nilai prosentase kesalahan yang menggunakan parameter daya reaktif sebagai acuan perhitungannya menggunakan persamaan sebagai berikut

$$\frac{\% \text{ Error}}{\text{Total Losses Manual}-\text{Total Losses ETAP}} = \text{Total Losses ETAP} \dots \dots \dots (4.9)$$

Dari persamaan diatas maka didapatkan perhitungan berikut

$$\% \text{ Error} = \frac{6474.6 \text{ kvar}-2582 \text{ kvar}}{2582 \text{ kvar}} \times 100\%$$

$$\% \text{ Error} = 1.507\%$$

Hasil perhitungan prosentase kesalahan rugi daya (*losses*) dengan menggunakan parameter daya aktif yaitu sebesar 1.507%.

Rasio kesalahan yang terjadi daya terbuang (*losses*) pada dua asumsi keadaan dimana pada asumsi proses penggilingan tebu menghasilkan prosentase kesalahan sebesar 0.199% untuk daya aktif dan prosentase kesalahan sebesar 1.741% untuk daya Reaktif. Pada asumsi pemasakan nira

didapatkan hasil prosentase kesalahan sebesar 0.021% untuk daya aktif dan prosentase kesalahan sebesar 1.507% untuk daya reaktif. Asil yang didapatkan dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa hasil dari perhitungan losses pada metode manual dan simulasi menggunakan ETAP pada kedua asumsi masih berada pada standar yang diperkenankan PUIL 2000 yaitu sebesar $\pm 5\%$.

5. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian berdasarkan perbandingan metode perhitungan manual dan simulasi menggunakan software ETAP 12.6.0 dengan dua asumsi beban puncak yaitu pada asumsi proses penggilingan tebu dan asumsi proses pemasakan tebu. Didapatkan hasil bahwa pada metode perhitungan manual dengan asumsi proses penggilingan tebu dimana daya aktif yang dibangkitkan sebesar 12966 kW dan daya reaktif sebesar 11282.2 kVar dapat mencukupi kebutuhan beban puncak proses penggilingan tebu dengan konsumsi daya aktif sebesar 8003 kW dan daya reaktif sebesar 5015.3 kVar.

Pada metode simulasi ETAP 12.6.0 pada asumsi penggilingan tebu didapatkan bahwa nilai pembangkitan daya aktif sebesar 12787 kW dan daya reaktif sebesar 4632 kVar yang mampu mencukupi kebutuhan beban puncak pada daya aktif sebesar 8650 kW dan daya aktif sebesar 2096 kVar. Selanjutnya pada asumsi proses pemasakan nira dimana dengan menggunakan metode perhitungan manual didapatkan data pembangkitan dengan daya aktif sebesar 10883.1 kW dan daya reaktif sebesar 10539.2 kVar yang mampu mencukupi kebutuhan beban puncak dengan daya aktif sebesar 6180 kW dan daya reaktif sebesar 4064.6 kVar.

Untuk metode simulasi ETAP 12.6.0 pada asumsi pemasakan nira didapatkan data pembangkitan dengan daya aktif sebesar 11509 kW dan daya reaktif sebesar 3766 kVar yang dapat mencukupi kebutuhan beban puncak dengan daya aktif sebesar 6614 kW dan daya aktif sebesar 1184 kVar. Penelitian ini mendapatkan hasil bahwa sistem kelistrikan di PT.SMS stabil sesuai dengan standar PUIL 2000 dimana daya yang dibangkitkan oleh PLTU PT.SMS dapat mencukupi kebutuhan

beban yang dihasilkan dari peralatan kelistrikan pada produksi gula kristal putih.

Perhitungan *Load flow* dilakukan kedalam dua metode, dimana hasil total data *load flow* dengan metode perhitungan manual yaitu sebesar 12966 kW untuk daya aktif dan sebesar 8312.2 kVar untuk daya reaktif. Sedangkan pada *load flow* dengan metode simulasi ETAP 12.6.0 menghasilkan nilai 12787 kW untuk daya aktif dan nilai sebesar 4532 kVar untuk daya reaktif.

Hasil dari rasio kesalahan yang terjadi daya terbuang (*losses*) pada dua asumsi keadaan dimana pada asumsi proses penggilingan tebu menghasilkan prosentase kesalahan sebesar 0.199% untuk daya aktif dan prosentase kesalahan sebesar 1.741% untuk daya Reaktif. Pada asumsi pemasakan nira didapatkan hasil prosentase kesalahan sebesar 0.021% untuk daya aktif dan prosentase kesalahan sebesar 1.507% untuk daya reaktif. Hasil yang didapatkan dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa hasil dari perhitungan *losses* pada metode manual dan simulasi menggunakan ETAP pada kedua asumsi masih berada pada standar yang diperkenankan PUIL 2000 yaitu sebesar $\pm 5\%$.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Supriyadi Ali, "Analisa Aliran Daya Pada Sistem Tenaga Listrik Menggunakan Software Etap 12.6," Forum Teknologi, Vol. Vol.06 No.3, Pp. 56–65, 2016.
- [2] N. Y. Siregar, "Analisa Rugi-Rugi Daya Pada Saluran Transmisi Tegangan 150 Kv Di Pt. Pln (Persero) Sistem Khatulistiwa."
- [3] M. Jasa Afroni, H. Taqijuddin Alawy, And B. Wahyu Romadhon, "Analisa Perbandingan Energi Balance Pada Sistem Kelistrikan Menggunakan Software Matlab R2017a Dan Etap 12.6 Di Pabrik Gula Kebon Agung Malang," Je-Unisla, Vol. 3, No. 2, 2018.
- [4] F. G. Al Bahar Abdul Kodir, "Analisis Aliran Daya Pada Gedung Bertingkatdengan Sumber Tegangan 20kvmenggunakan Etap 12.6," Jurnal Ilmiah Elektrokrisna, Vol. Vol. 7 No. 2, Pp. 68–77, Feb. 2019.

- [5] R. Kurniawan, S. Hani, And D. S. Kristiyana, "Analisa Aliran Daya Pada Sistem Tenaga Listrik Di Pt. Kirana Megatara Menggunakan Software Electric Transient And Analysis Program (Etap) 12.6," 2019.
U. Faruq, A. Ridho, M. Vrayulis, And E. Julio, "Analisa Aliran Daya Pada Sistem Tenaga Listrik Menggunakan Etap 12.6," *Jurnal Sain, Energi, Teknologi & Industri*), Vol. 6, No. 1, Pp. 16–22, 2021, Doi: 10.31849/Sainetin.V6i1.7031.
- [6] O. : A. N. Afandi, "Sistem Tenaga Listrik," 2005.
- [7] Mismail Budiono, "Analisa Sistem Tenaga," Malang, 1983.
- [8] I. Kartika, "Analisa Rugi-Rugi Daya Diakibatkan Arus Kapasitif," 2017.
- [9] J. S. Setiadji, T. Machmudsyah, And Y. Isnanto, "Pengaruh Ketidakseimbangan Beban Terhadap Arus Netral Dan Losses Pada Trafo Distribusi," 2006.
- [10] Syahputra Ramadoni, "Transmisi Dan Distribusi Tenaga Listrik," Buku Ajar, 2016.
- [11] P. Pengeliminasian, U. Penyelesaian Aliran Daya Yusniati, K. Kunci, D. Aktif, D. Reaktif, And M. Newton Raphson, "Pemodelan Pengeliminasian Bus-Bus Beban," 2016.
- [12] S. J. Willian D, "Analisa Sistem Tenaga Listrik," 1983.
- [13] Hontong Nolki Jonal, "Analisa Rugi-Rugi Daya Pada Jaringan Distribusi Di Pt.Pln Palu".
- [14] L. S. P. G. M. Ch. M. Rahmat Alfath Sudiro, "Analisa Rugi –Rugi Daya Pada Jaringan Distribusi Tenaga Listrik Kotamobagu Dan Perbaikan," *E-Jurnal Teknik Elektro Dan Komputer*, Vol. 6, No. 2, Pp. 1–8, 2017.
- [15] Cekmas Cekdin, *Sistem Tenaga Listrik Contoh Soal Dan Pembahasan Menggunakan Matlab*. Yogyakarta: Cv Andi Offset, 2007.
- [16] Syafii, "Komputasi Sistem Tenaga Dengan Pemograman Visual C++," 2015.
- [17] J. Matematika And U. Negeri Semarang, "Aplikasi Metode Newton-Raphson Untuk Menghampiri Solusi Persamaan Non Linear Rochmad □ Dipublikasikan Oktober 2013," *Jurnal Mipa*, Vol. 36, No. 2, Pp. 193–200, 2013, [Online]. Available: [Http://Journal.Unnes.Ac.Id/Nju/Index.Php/Jm](http://Journal.Unnes.Ac.Id/Nju/Index.Php/Jm)
- [18] I. M. Sitompul, "Perbandingan Analisa Aliran Daya Dengan Menggunakan Metode Gauss-Seidel Dan Metode Newton-Raphson."
- [19] P. I. M. Bagia I Nyoman, "Motor-Motor Listrik," 2018. [Online]. Available: [Https://Www.Researchgate.Net/Publication/323986635](https://Www.Researchgate.Net/Publication/323986635)
- [20] Z. Anthony, *Mesin Listrik Dasar*. 2018. [Online]. Available: [Http://Www.Press.Itp.Ac.Id](http://Www.Press.Itp.Ac.Id)
- [21] Federico Milano, "Power System Analisis Toolbox." Accessed: May 18, 2022. [Online]. Available: [Http://Faraday1.Ucd.Ie/Psat.Html](http://Faraday1.Ucd.Ie/Psat.Html)