



BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Arus Primer Transformator

Berdasarkan dari data pembebanan harian pada tanggal 1 Juli 2023 s/d tanggal 5 Juli 2023 pada tabel 3.8 sampai 3.10 dengan menggunakan persamaan (2.21) maka didapat besar arus primer dengan menggunakan data tegangan primer, daya input dan cos phi pada transformator dari beban puncak, rata-rata, sampai keterendah adalah sebagai berikut:

- Untuk operasi trafo dari data beban harian didapat arus primer dari beban puncak pada tanggal 5 Juli 2023 yaitu pada jam 06:00 WIB sebesar:

$$P = \sqrt{3} \times V \times I \times \cos \phi$$

$$25.720.000 = \sqrt{3} \times 11.500 \times I \times 0,85$$

$$I (\text{primer}) = \frac{25720000}{16930,7966}$$

$$I (\text{primer}) = 1519,12 \text{ A}$$

- Untuk operasi trafo dari data beban harian didapat arus primer dari beban rata-rata pada tanggal 5 Juli 2023 yaitu pada jam 14:00 WIB sebesar:

$$P = \sqrt{3} \times V \times I \times \cos \phi$$

$$22.020.000 = \sqrt{3} \times 11.500 \times I_p \times 0,85$$

$$I (\text{primer}) = \frac{22.020.000}{16.930,7966}$$

$$I (\text{primer}) = 1300,58 \text{ A}$$

- Untuk operasi trafo dari data beban harian didapat arus primer dari beban terendah pada tanggal 5 Juli 2023 yaitu pada jam 19:00 WIB sebesar:

$$P = \sqrt{3} \times V \times I \times \cos \phi$$

$$23.760.000 = \sqrt{3} \times 11.500 \times I \times 0,85$$

$$I (\text{primer}) = \frac{23.760.000}{16.930,7966}$$

$$I (\text{primer}) = 1403,35 \text{ A}$$



4.2 Arus Sekunder

Berdasarkan dari data yang ada pada tanggal 1 Juli 2023 s/d tanggal 5 Juli 2023 pada tabel 4.1 sampai 4.3 dengan menggunakan persamaan (2.22) maka didapat besar arus sekunder yang dihasilkan transformator dari perbandingan data tegangan primer, arus primer dan tegangan sekunder adalah sebagai berikut:

- Untuk operasi trafo dari data beban harian didapat arus sekunder dari beban puncak pada tanggal 5 Juli 2023 yaitu pada jam 06:00 WIB sebesar:

$$V_p \times I_p = V_s \times I_s$$

$$11.500 \times 1519,12 = 148.100 \times I_s$$

$$I_s = 117,96 \text{ A}$$

- Untuk operasi trafo dari data beban harian didapat arus sekunder dari beban rata-rata pada tanggal 5 Juli 2023 yaitu pada jam 14:00 WIB sebesar:

$$V_p \times I_p = V_s \times I_s$$

$$11.500 \times 1300,58 = 146.400 \times I_s$$

$$I_s = 102,16 \text{ A}$$

- Untuk operasi trafo dari data beban harian didapat arus sekunder dari beban terendah pada tanggal 23 Maret 2020 yaitu pada jam 09:00 WIB sebesar:

$$V_p \times I_p = V_s \times I_s$$

$$11.500 \times 1403,35 = 147.500 \times I_s$$

$$I_s = 109,41 \text{ A}$$

4.3 Daya Semu

Berdasarkan dari data yang ada pada tanggal 1 Juli 2023 s/d tanggal 5 Juli 2023 pada tabel 4.1 sampai 4.3 dengan menggunakan persamaan (2.23) maka didapat besar daya semu yang dihasilkan transformator adalah sebagai berikut:

- Untuk operasi trafo dari data beban harian didapat daya semu dari beban puncak pada tanggal 5 Juli 2023 yaitu pada jam 06:00 WIB sebesar:



$$S = \sqrt{3} \times V \times I$$

$$S = \sqrt{3} \times 148,1 \times 117,96$$

$$S = 30.258 \text{ KVA}$$

- Untuk operasi trafo dari data beban harian didapat daya semu dari beban rata-rata pada tanggal 5 Juli 2023 yaitu pada jam 14:00 WIB sebesar:

$$S = \sqrt{3} \times V \times I$$

$$S = \sqrt{3} \times 146,4 \times 102,16$$

$$S = 25.904 \text{ KVA}$$

- Untuk operasi trafo dari data beban harian didapat daya semu dari beban terendah pada tanggal 5 Juli 2023 yaitu pada jam 19:00 WIB sebesar:

$$S = \sqrt{3} \times V \times I$$

$$S = \sqrt{3} \times 147,5 \times 109,41$$

$$S = 27,951 \text{ KVA}$$

4.4 Rugi Inti

Rugi-rugi inti yang terjadi dapat dicari dengan memperhitungkan operasi transformator dalam keadaan tanpa beban. Dalam keadaan normal rugi inti adalah konstan tidak tergantung pada besarnya beban.

Dari data yang diperoleh dari nameplate trafo bahwa transformator 60 MVA memiliki rugi inti sebesar 35,30 KW.

4.5 Rugi Tembaga

Rugi transformator berbeban merupakan rugi tembaga sebab rugi inti merupakan rugi yang konstan tidak bergantung pada perubahan beban. Beban yang berubah-ubah menyebabkan terjadinya perubahan arus pada kumparan transformator. Perubahan arus menyebabkan besar kecilnya rugi-rugi yang terjadi dikumparan transformator tersebut.

Sebagai dasar untuk mendapatkan besar rugi tembaga yang dihasilkan dibutuhkan data rugi tembaga beban penuh yang diperoleh dari perusahaan bahwa



rugi tembaga beban penuh sebesar 266,60 KW. Dengan menggunakan persamaan (2.30), maka didapatkan besar rugi tembaga pada setiap operasi transformator adalah

- Untuk operasi trafo dari data beban harian didapat daya semu yang telah dihitung sebelumnya pada tanggal 5 Juli 2023 yaitu pada jam 06:00 WIB maka rugi tembaga yang didapat untuk beban puncak:

$$Pt2 = \left(\frac{S2}{S1} \right)^2 \times Pt1$$

$$Pt2 = \left(\frac{30.258}{60.000} \right)^2 \times 266,60 \text{ KW}$$

$$Pt2 = 268,892 \text{ KW}$$

- Untuk operasi trafo dari data beban harian didapat daya semu yang telah dihitung sebelumnya pada tanggal 5 Juli 2023 yaitu pada jam 14:00 WIB maka rugi tembaga yang didapat untuk beban rata-rata:

$$Pt2 = \left(\frac{S2}{S1} \right)^2 \times Pt1$$

$$Pt2 = \left(\frac{25.904}{60.000} \right)^2 \times 266,60 \text{ KW}$$

$$Pt2 = 230,252 \text{ KW}$$

- Untuk operasi trafo dari data beban harian didapat daya semu yang telah dihitung sebelumnya pada tanggal 5 Juli 2023 yaitu pada jam 19:00 WIB maka rugi tembaga yang didapat untuk beban terendah:

$$Pt2 = \left(\frac{S2}{S1} \right)^2 \times Pt1$$

$$Pt2 = \left(\frac{27.951}{60.000} \right)^2 \times 266,60 \text{ KW}$$

$$Pt2 = 248,447 \text{ KW}$$

Sebelumnya telah diketahui bahwa besar rugi inti diperoleh dari data transformator adalah 32 KW, dengan menggunakan persamaan (2.29), maka didapat rugi-rugi total transformator adalah:



- Untuk operasi trafo dari data beban harian dengan menggunakan data rugi tembaga yang dihitung sebelumnya tanggal 5 Juli 2023 yaitu pada jam 06:00 WIB maka rugi total trafo yang didapat untuk beban puncak:
Prugi total = 35,30 KW + 268,892KW
Prugi total = 304,192 KW
- Untuk operasi trafo dari data beban harian dengan menggunakan data rugi tembaga yang dihitung sebelumnya tanggal 5 Juli 2023 yaitu pada jam 14:00 WIB maka rugi total trafo yang didapat untuk beban puncak:
Prugi total = 35,30 KW + 230,252 KW
Prugi total = 265,552 KW
- Untuk operasi trafo dari data beban harian dengan menggunakan data rugi tembaga yang dihitung sebelumnya tanggal 5 Juli 2023 yaitu pada jam 19:00 WIB maka rugi total trafo yang didapat untuk beban puncak:
Prugi total = 35,30 KW + 248,477 KW
Prugi total = 283,777 KW

4.6 Daya Output

Sebelum mendapatkan nilai efisiensi transformator, terlebih dahulu mendapatkan nilai daya output yang dihasilkan . transformator yang digunakan mempunyai 3 belitan sehingga untuk mencari daya output pada tanggal 1 Juli 2023 s/d 5 Juli 2022 dengan menggunakan persamaan (2.34) daya input yang ada akan dikurangi dengan data trafo pemakaian sendiri, maka daya output yang dihasilkan sebagai sebagai berikut :

- Untuk operasi trafo dari data beban harian dengan menggunakan data rugi tembaga yang dihitung sebelumnya tanggal 5 Juli 2023 yaitu pada jam 06:00WIB maka rugi total trafo yang didapat untuk beban puncak:
 $P_{in} = P_{out} + \text{rugi total}$
Karena trafo mempunyai 3 belitan:
 $P_{out} = P_{in} - \text{Rugi total}$



$$P_{out} = 25.720 - 304,192$$

$$P_{out} = 25.415,808 \text{ KW}$$

- Untuk operasi trafo dari data beban harian dengan menggunakan data rugi tembaga yang dihitung sebelumnya tanggal 5 Juli 2023 yaitu pada jam 14:00 WIB maka rugi total trafo yang didapat untuk beban rata-rata:

$$P_{in} = P_{out} + \text{rugi total}$$

Karena trafo mempunyai 3 belitan:

$$P_{out} = P_{in} - \text{Rugi total}$$

$$P_{out} = 22.020 - 265,552$$

$$P_{out} = 21.754,448 \text{ KW}$$

- Untuk operasi trafo dari data beban harian dengan menggunakan data rugi tembaga yang dihitung sebelumnya tanggal 5 Juli 2023 yaitu pada jam 19:00 WIB maka rugi total trafo yang didapat untuk beban terendah:

$$P_{in} = P_{out} + \text{rugi total}$$

Karena trafo mempunyai 3 belitan:

$$P_{out} = P_{in} - \text{Rugi total}$$

$$P_{out} = 23.760 - 283,777$$

$$P_{out} = 23.476,223 \text{ KW}$$

4.7 Efisiensi Transformator

Efisiensi transformator adalah perbandingan antara daya masukan dan daya keluaran dalam bentuk persentase (%) berdasarkan persamaan (2.35) maka akan didapat persentase transformator pada tanggal 1 Juli 2023 s/d 5 Juli 2023 sebagai berikut :

- Untuk operasi transformator pada tanggal 5 Juli 2023 dengan menggunakan daya input yang telah dikurangi dengan Rugi Total, dan daya output telah



dihitung sebelumnya. Maka persentase efisiensi transformator pada beban puncak pada jam 06:00 WIB adalah sebagai berikut:

$$\eta = \frac{25.415,808}{25.720} \times 100 \%$$

$$\eta = 98,814 \%$$

- Untuk operasi transformator pada tanggal 5 Juli 2023 dengan menggunakan daya input yang telah dikurangi dengan Rugi total, dan daya output telah dihitung sebelumnya. Maka persentase efisiensi transformator pada beban rata-rata pada jam 14 :00 WIB adalah sebagai berikut:

$$\eta = \frac{21.754,448}{22.020} \times 100 \%$$

$$\eta = 98,792\%$$

- Untuk operasi transformator pada tanggal 5 Juli 2023 dengan menggunakan daya input yang telah dikurangi dengan rugi total, dan daya output telah dihitung sebelumnya. Maka persentase efisiensi transformator pada beban terendah pada jam 19:00 WIB adalah sebagai berikut:

$$\eta = \frac{23.476,223}{23.760} \times 100 \%$$

$$\eta = 98,804\%$$

4.8 Efisiensi Maksimum Transformator

Untuk menentukan besarnya beban yang dioperasikan pada saat efisiensi maksimum berdasarkan persamaan (2.40) maka didapat:

$$W_{\text{ef maks}} = \sqrt{\frac{35,30 \text{ KW}}{266,60 \text{ KW}}} \times 60.000 \text{ KVA}$$

$$= 21.830,298 \text{ KVA}$$

$$= 21.830,298 \text{ KVA} \times 0,85$$

$$= 18.555,753 \text{ KW}$$



4.9 Data Hasil Perhitungan

Berdasarkan hasil perhitungan yang dilakukan diatas didapatkan data-data sebagai berikut:

Tabel 4. 1 Data hasil perhitungan beban puncak

Tanggal	Jam	P _{out} (KW)	S (KVA)	Rugi total (KW)	Efisiensi (%)
1-07-2023	06.00	697,04	870,2	42,96	94,194
2-07-2023	06.00	637,6	799,8	42,40	93,764
3-07-2023	06.00	746,44	935,2	43,50	94,448
4-07-2023	06.00	706,87	882,1	42,81	94,249
5-07-2023	06.00	25.415,808	30.258	304,192	98,814

Tabel 4. 2 Data hasil perhitungan beban rata-rata

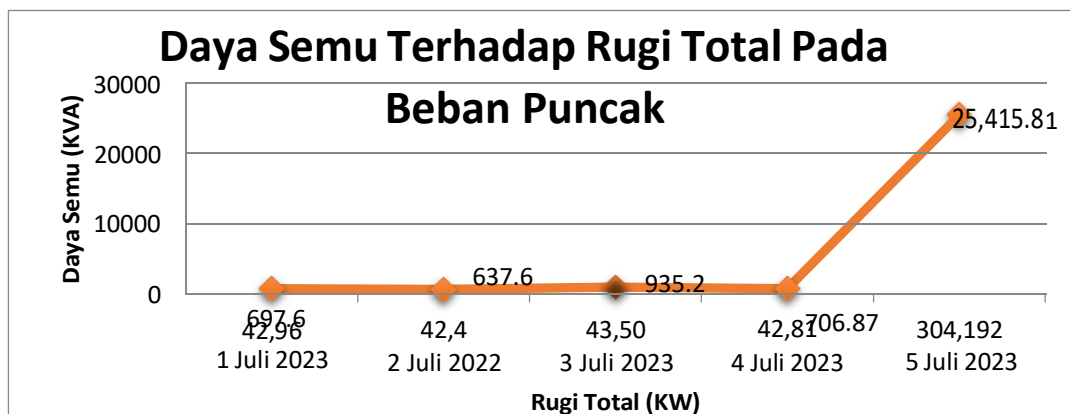
Tanggal	Jam	P _{out} (KW)	S (KVA)	Rugi total (KW)	Efisiensi (%)
1-07-2023	06.00	647,77	813,8	42,23	93,810
2-07-2023	06.00	696,97	870,4	43,03	93,427
3-07-2023	06.00	726,92	881,9	43,08	96,922
4-07-2023	06.00	677,19	846,9	42,81	94,054
5-07-2023	06.00	21.754,448	25.904	265,552	98,792



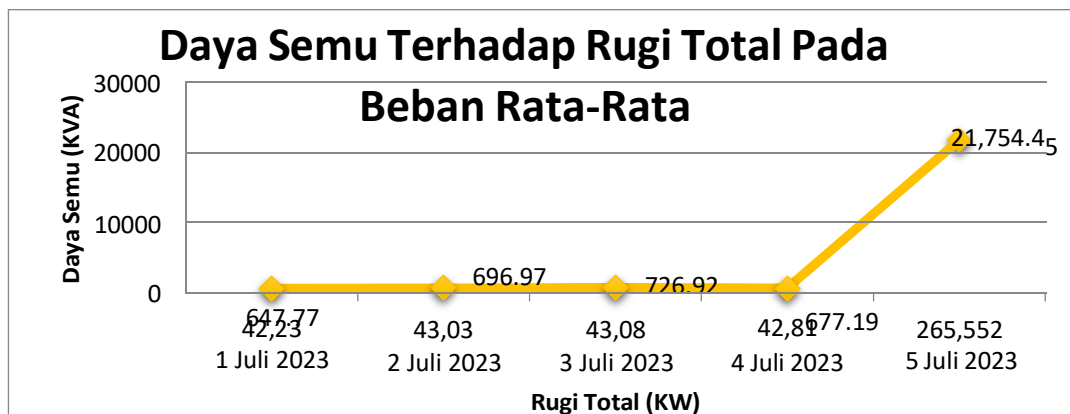
Tanggal	Jam	P _{out} (KW)	S (KVA)	Rugi total (KW)	Efisiensi (%)
1-07-2023	06.00	697,24	870,2	42,76	94,221
2-07-2023	06.00	672,19	846,8	42,81	94,054
3-07-2023	06.00	716,95	893,7	43,05	94,335
4-07-2023	06.00	726,71	905,5	43,29	94,377
5-07-2023	06.00	23.476,223	27,951	283,777	98,804

Tabel di atas 4. 3 Data hasil perhitungan beban terendah

Dari tabel diatas dapat dibuat grafik perbandingan antara daya semu dan rugi total, grafiknya adalah sebagai berikut:

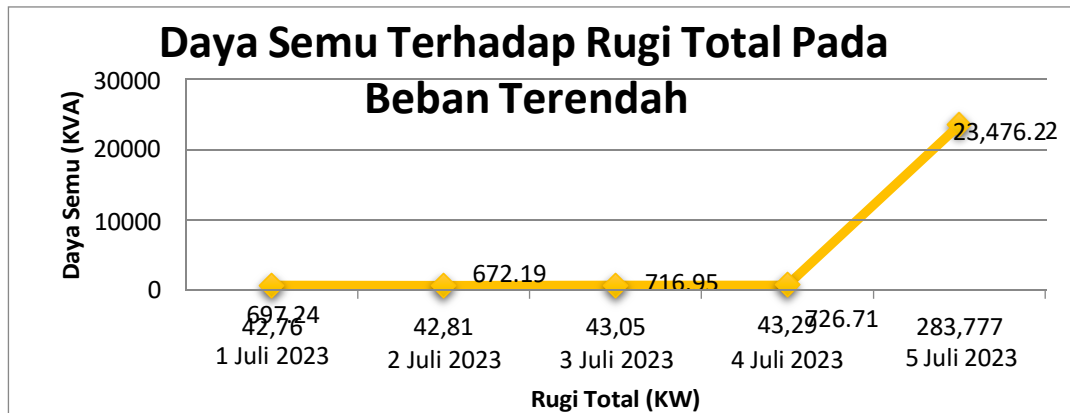


Gambar 4. 1 Grafik daya semu terhadap rugi total pada beban puncak.

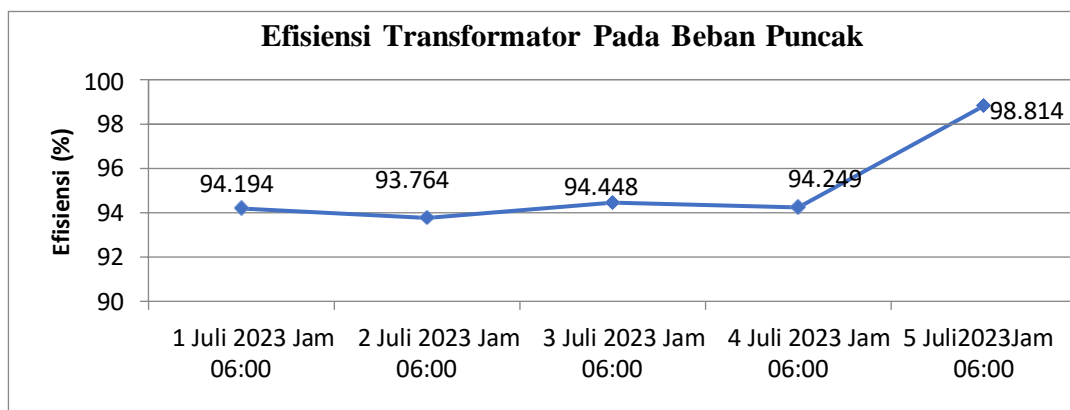




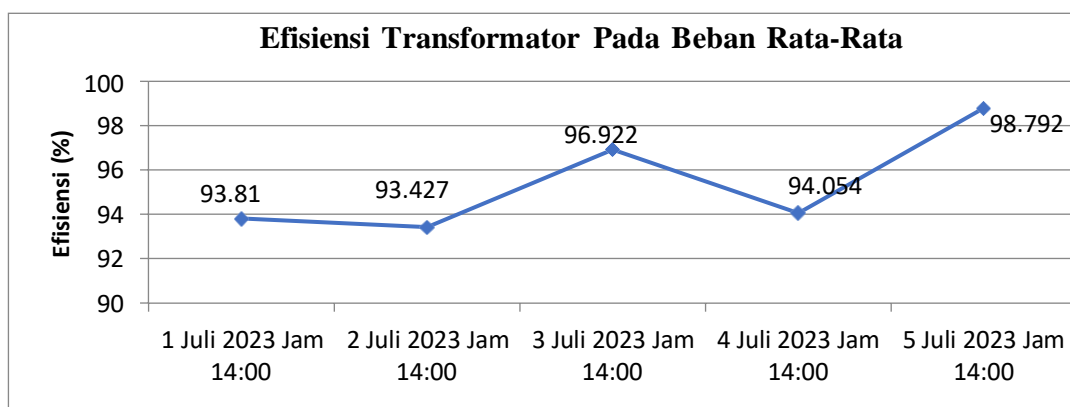
Gambar 4. 2 Grafik daya semu terhadap rugi total pada beban rata-rata



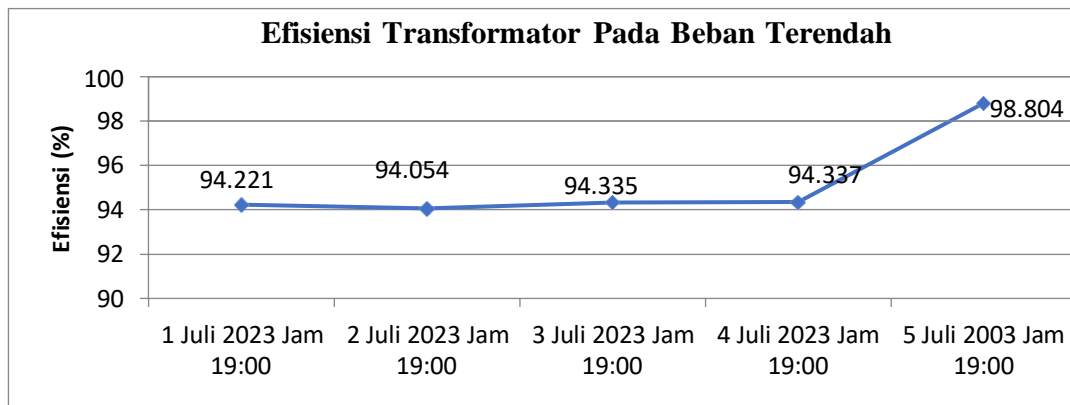
Gambar 4. 3 Grafik daya semu terhadap rugi total pada beban terendah



Gambar 4. 4 Grafik Efisiensi Transformator pada beban Puncak



Gambar 4. 5 Grafik Efisiensi Transformator pada beban Rata-Rata



Gambar 4. 6 Grafik Efisiensi Transformator pada beban Terendah

4.10 Analisa Pembahasan

Dari pembahasan ini dapat dikatakan bahwa nilai efisiensi transformator berubah-ubah dikarenakan terjadi perbedaan besar dari rugi tembaga yang berubah pada transformator. Pada transformator ini yang telah dihitung dengan manual berdasarkan data logsheet bulan Juli 2023, nilai efisiensi yang paling besar yang terhitung yaitu sebesar 98,814% dan nilai efisiensi paling rendah yang terukur yaitu 98,792%. Besar nilai daya semu terbesar yang terhitung terjadi pada saat beban puncak pada tanggal 5 Juli 2023 yakni sebesar 25.415,808KVA, kemudian daya semu terendah yang terhitung terjadi saat beban terendah pada tanggal 2 Juli 2023 yakni sebesar 637,6KVA. Kemudian rugi total terbesar dan terkecil yang terukur saat itu yakni 42,23 KW Besar efisiensi merupakan perbandingan dari daya masukan dengan daya keluaran.

Data yang dihasilkan transformator dari tanggal 1 Juli 2023 – 4 Juli 2023 sangat jauh berbeda dengan tanggal 5 Juli 2023 dikarenakan Transformator tersebut pada tanggal 1 Juli 2023- 4 Juli 2023 beroperasi (Stand By) tetapi untuk pembangkitnya yang tidak beroperasi jadi transformator tersebut hanya berfungsi untuk menyalurkan dan menurunkan tegangan 150 KV ke 11 KV untuk kebutuhan pemakaian sendiri.



Setelah dilakukan perhitungan didapatkan daya masukan dan daya keluaran transformator yang besarnya bervariasi sesuai dengan besar beban. Ditinjau dari hasil perhitungan efisiensi pada tabel 4.4 – 4.6, didapat besar efisiensi dari beberapa beban yakni pada beban puncak, beban rata-rata dan beban terendah, terhitung pada tanggal 1 Juli 2023 s.d 5 Juli 2023. Dilihat dari hasil perhitungan yang telah dihitung maka dapat dianalisa bahwa besar efisiensi turun seiring dengan semakin besarnya beban pada transformator, nilai efisiensi yang paling besar pada transformator berada pada saat beban terendah, pada tanggal 5 Juli 2023, terhitung nilai efisiensi transformator pada beban rendah sebesar 98,814%. Kemudian nilai efisiensi yang paling rendah transformator terjadi saat beban puncak, terhitung nilai efisiensi beban puncak pada tanggal 2 Juli 2023 sebesar 93,764%. Oleh karena itu semakin besar beban pada transformator maka efisiensi yang dihasilkan akan semakin kecil.

Dari analisa tersebut, itu menandakan bahwa nilai efisiensi transformator dipengaruhi oleh besarnya beban transformator, bila dilihat dari teori yang telah mengenai rugi-rugi dan efisiensi transformator, bahwa nilai efisiensi transformator dipengaruhi oleh rugi-rugi pada transformator. Alasan mengapa besar nilai efisiensi transformator tersebut tidak mencapai 100 % dikarenakan adanya rugi-rugi transformator, rugi-rugi tersebut yakni rugi tembaga dan rugi inti. Sesuai dengan teori transformator rugi inti tidak dipengaruhi oleh beban atau dikatakan konstan sedangkan rugi tembaga sebaliknya, besar dari rugi tembaga dipengaruhi dari besarnya dari besarnya beban. Semakin besar beban pada transformator maka besar rugi tembaga pun akan semakin besar.

Pada tabel 4.4 dapat dilihat rugi tembaga yang ada pada transformator sebesar 304,192 KW. Kemudian pada tabel 4.6 dapat dilihat rugi tembaga sebesar 42,76KW. Kedua rugi tembaga tersebut merupakan perbandingan rugi tembaga pada saat beban puncak dan beban rendah. Dari perbandingan tersebut dapat dinyatakan bahwa semakin besar beban yang dihasilkan maka rugi tembaga pun akan semakin besar yang berpengaruh pada turunnya efisiensi transformator.