

UNJUK KERJA TRANSFORMATOR DAYA PADA GARDU INDUK SISTEM KELISTRIKAN PULAU BANGKA

Bambang Irawan, dan Wahri Sunanda*)

Jurusan Teknik Elektro, Universitas Bangka Belitung, Bangka
Kampus Terpadu Balunijuk, Bangka

*)E-mail: wahrisunanda@gmail.com

Abstrak

Efisiensi transformator dapat didefinisikan sebagai perbandingan antara daya listrik keluaran dengan daya listrik yang masuk pada transformator. Oleh karenanya akan dianalisis pengaruh perubahan beban terhadap efisiensi dan rugi-rugi transformator daya di gardu induk Air Anyir, gardu induk Pangkalpinang dan gardu induk Sungailiat. Hasil analisis yang didapatkan pada transformator daya gardu induk Air Anyir pembebanan tertinggi 13,36 MW dengan efisiensi 99,62 % dan rugi total 49,46 kW serta pembebanan terendah sebesar 2,37 MW dengan efisiensi 96,65 % dan rugi total 38,83 kW. Pada transformator daya gardu induk Pangkalpinang pembebanan tertinggi 17,38 MW dengan efisiensi 99,69 % dan rugi total 61,64 kW serta pembebanan terendah 11,93 MW dengan efisiensi 99,65 % dan rugi total 41,22 kW. Pada transformator daya gardu induk Sungailiat pembebanan tertinggi 12,98 MW dan efisiensi 99,65 %, dan rugi total 45,61 kW sedangkan pembebanan terendah 2,06 MW dengan efisiensi 97,46% dan rugi total 23,88 kW.

Kata kunci: efisiensi transformator, pembebanan, rugi total, gardu induk

Abstract

The efficiency of the transformer can be defined as the ratio between the output electrical power with the electric power entering the transformer. Therefore the effect of changes in load will be analyzed on the efficiency and losses of power transformers at Air Anyir substation, Pangkalpinang substation and Sungailiat substation. The results of the analysis found on the Air Anyir substation power transformer with the highest loading of 13,36 MW with an efficiency of 99,62% and a total loss of 49,46 kW and the lowest loading of 2,37 MW with an efficiency of 96,65% and a total loss of 38,83 kW. In Pangkalpinang substation power transformer the highest loading is 17,38 MW with an efficiency of 99,69% and a total loss of 61,64 kW and the lowest loading is 11,93 MW with an efficiency of 99,65% and a total loss of 41,22 kW. In the Sungailiat substation power transformer the highest loading is 12,98 MW and the efficiency is 99,65%, and the total loss is 45,61 kW while the lowest loading is 2,06 MW with an efficiency of 97,46% and a total loss of 23,88 kW.

Keywords: efficiency of transformer, loading, total loss, substation

1. Pendahuluan

Sistem kelistrikan di Pulau Bangka ditopang oleh 3 gardu induk, yakni gardu induk Pangkalpinang, gardu induk Sungailiat dan gardu induk Air Anyir selain gardu induk Koba dan gardu induk Mentok yang sudah selesai pembangunannya dan siap dioperasikan pada sistem kelistrikan pulau Bangka. Kapasitas trafo daya pada masing-masing gardu induk yakni 2 x 30 MVA di gardu induk Pangkalpinang, 1 x 30 MVA di gardu induk Sungailiat dan 60 MVA di gardu induk Air Anyir [1]. Keberadaan 3 gardu induk ini untuk menopang sistem kelistrikan di pulau Bangka yang pada tahun 2018 terdiri atas 324.384 pelanggan rumah tangga, 319 pelanggan industri, 2.801 pelanggan instansi pemerintah, 5.524 pelanggan sarana ibadah, 16.750 pelanggan perusahaan, 456 pelanggan lainnya dengan daya terpasang pembangkit total 348,7 MW, kapasitas tersambung 588.017 kVA[2].

Pembangkit tenaga listrik di sistem kelistrikan Bangka ditopang oleh PLTD, PLTU Air Anyir dan beberapa PLT Biomassa dari swasta. Untuk pengembangan sistem kelistrikan di pulau Bangka, PLN juga merencanakan pembangunan beberapa gardu induk lainnya sebagai bagian dari program nasional yang bertujuan untuk melayani kebutuhan listrik dengan baik bagi seluruh pelanggan.

Dalam kaitan itu, perlu dianalisis kinerja dari 3 unit gardu induk yang ada di pulau Bangka. Beberapa penelitian terkait diantaranya terkait trafo tenaga pada gardu induk [3] - [6] telah dilakukan dari awal untuk dilakukan pengujian [7] - [8], pembebanan trafo dalam upaya meningkatkan kehandalan gardu induk [9] perencanaan pengembangan gardu induk [10], pengukuran dan inspeksi pada gardu induk PT Haleyora Powerindo Merauke [11], asesmen terhadap gardu transmisi Onitsha 330/132 kV [12] serta

sistem pemantauan unjuk kerja trafo [13]. Pada penelitian ini, kinerja dari 3 unit gardu induk yakni gardu induk Pangkalpinang, gardu induk Sungailiat dan gardu induk Air Anyir di pulau Bangka dianalisis sebagai bagian dari upaya menjamin pasokan energi listrik yang handal dan berkelanjutan.

2. Metode

Penelitian dilakukan dengan dua tahapan. Tahapan pertama berupa pengumpulan data teknis transformator daya Gardu Induk Pangkalpinang, Gardu Induk Sungailiat dan Gardu Induk Air Anyir bulan Januari 2019. Data beban harian transformator daya Gardu Induk Pangkalpinang, Gardu Induk Sungailiat dan Gardu Induk Air Anyir bulan Januari 2019. Selanjutnya, dilakukan perhitungan rugi-rugi dan efisiensi transformator daya gardu induk Pangkalpinang, gardu induk Sungailiat dan gardu induk Air Anyir. Dalam melakukan perhitungan rugi-rugi transformator data ini dibutuhkan besaran nilai rugi inti dan rugi tembaga beban penuh yang mengacu kepada SPLN No 61 Tahun 1997 untuk daya pengenalan 60 MVA dan daya pengenalan 30 MVA [14].

3. Hasil dan Analisis

Berdasarkan data pada tahun 2018, efisiensi 3 gardu induk yang berada di Pulau Bangka, yakni Gardu Induk Pangkalpinang, Gardu Induk Air Anyir dan Gardu Induk Sungailiat, dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1 Efisiensi rata-rata transformator daya Gardu Induk Air Anyir, Gardu Induk Pangkalpinang dan Gardu Induk Sungailiat Tahun 2018 [15]

Gardu Induk	Efisiensi (%)
Air Anyir	99,32
Pangkalpinang	99,65
Sungailiat	99,64

Dari tabel 1 dapat dilihat nilai efisiensi rata-rata transformator daya Gardu Induk Air Anyir, Gardu Induk Pangkalpinang dan Gardu Induk Sungailiat selama satu tahun pada tahun 2018, pada Gardu Induk Air Anyir nilai efisiensi sebesar 99,32 %, efisiensi transformator daya Gardu Induk Pangkalpinang sebesar 99,65 % dan efisiensi transformator daya Gardu Induk Sungailiat sebesar 99,81 %.

3.1. Unjuk Kerja Gardu Induk Air Anyir

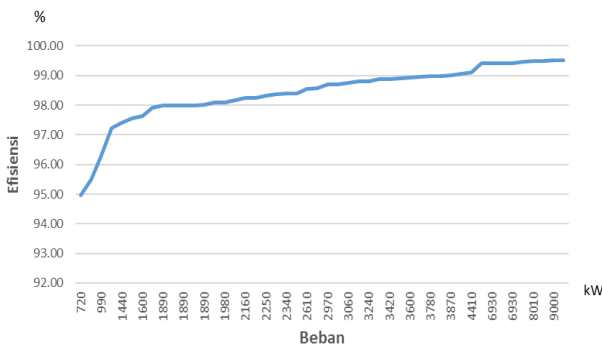
Tabel 2 menampilkan data dari Gardu Induk Air Anyir meliputi data arus, tegangan, daya nyata, daya semu, faktor daya, rugi tembaga, rugi total dan efisiensi transformator. Dari data yang diperoleh, rata-rata arus 28,87 ampere, rata-rata tegangan 149,95 kV dengan rerata rugi total 42,77 kW serta rerata efisiensi 99%.

Tabel 2. Hasil perhitungan rugi-rugi dan efisiensi transformator daya Gardu Induk Air Anyir

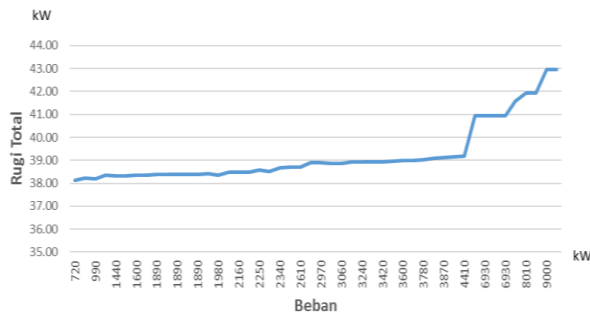
Arus (ampere)	Teg (kV)	P (kW)	S (kVA)	cos_{ϕ}	Pcu (kW)	Rugi Total (kW)	Efisiensi (%)
14,61	152,40	3.199,29	4.550,71	0,69	1,20	39,20	97,38
13,04	151,21	2.825,52	3.436,88	0,73	0,80	38,80	97,34
13,89	150,67	2.371,67	3.451,88	0,60	0,83	38,83	96,65
16,28	150,27	3.481,88	4.125,00	0,79	1,25	39,25	98,43
19,38	151	4.767,71	5.086,46	0,9	1,83	39,83	98,91
20,89	150,42	5.486,25	5.561,04	0,97	2,11	40,11	99,13
24,16	148,58	5.983,75	6.283,13	0,89	2,64	40,64	98,31
28,92	149,15	7.631,25	7.678,13	0,99	3,72	41,72	99,44
28,7	149,75	7.636,88	7.729,17	0,98	4,01	42,01	99,30
28,77	150,25	7.591,50	7.591,50	0,98	4,12	42,12	99,19
21,48	149,52	5.366,25	5.630,63	0,88	2,60	40,60	97,59
20,63	149,88	5.311,25	5.473,13	0,97	2,17	40,17	99,08
17,80	150,02	4.642,83	4.750,43	0,97	1,51	39,51	99,08
23,70	149,65	6.108,75	6.262,08	0,94	2,83	40,83	99,07
23,25	150,81	6.133,13	6.208,13	0,98	2,88	40,88	99,01
29,28	151,52	8.719,54	8.719,54	1,00	5,33	43,33	99,45
30	151,18	8.296,67	8.182,50	0,96	6,05	44,05	99,30
31,95	133,02	8.765,63	8.775,00	0,87	6,66	44,66	99,39
37,78	151,56	10.181,25	10.155,65	1,00	6,88	44,88	99,53
35,59	150,63	9.519,58	9.355,42	1,00	5,80	43,80	99,52
50,14	149,58	13.363,13	13.381,88	1,00	11,46	49,46	99,62
45,13	151,98	12.318,26	12.400,43	1,00	9,92	47,92	99,59
46,80	150,75	12.701,67	12.744,17	1,00	4,12	48,47	99,61
48,61	150,75	13.119,79	13.046,88	1,00	11,22	49,22	99,61
46,46	150,92	12.555,00	12.571,88	1,00	10,54	48,54	99,58
41,08	151,5	11.195,00	10.888,21	1,00	8,06	46,06	99,54
34,45	151,02	10.194,38	9.343,15	1,00	5,33	43,33	99,58
30,05	150,27	10.000,00	10.010,83	1,00	6,12	44,12	99,56
30,05	150,27	8.136,04	8.101,88	1,00	4,01	42,01	99,49
13,18	150,02	3.034,88	3.399,07	0,60	0,71	39,22	96,84
28,87	149,95	7.687,96	7.829,82	0,91	4,56	42,77	99,00

Gambar 1 menampilkan data-data saat terjadi pembebanan per jam mulai dari jam 00.00 sampai 23.00 sehingga dapat dilihat pengaruhnya terhadap efisiensinya. Pembebanan tertinggi 9000 kW terjadi pada pukul 23.00 dengan efisiensi 99,53 %. Sedangkan pembebanan terendah 720 kW terjadi pada pukul 10.00 dengan efisiensi 94,97 %. Di sisi lain, dari gambar 2 dapat dilihat perbandingan daya saat pembebanan perjam mulai dari pukul 00.00 hingga pukul 23.00 terhadap rugi transformator daya Gardu Induk Air Anyir. Pembebanan tertinggi terjadi pada pukul 23.00 dan pukul 23.30 sebesar 9.000 kW dengan rugi total 42,95 kW. Sedangkan

pembebanan terendah terjadi pada jam 10.00 sebesar 720 kW dengan rugi total 38,14 kW.



Gambar 1. Grafik perbandingan daya saat pembebanan terhadap efisiensi transformator daya di Gardu Induk Air Anyir



Gambar 2. Grafik perbandingan daya saat pembebanan perjam terhadap rugi-rugi transformator daya di Gardu Induk Air Anyir

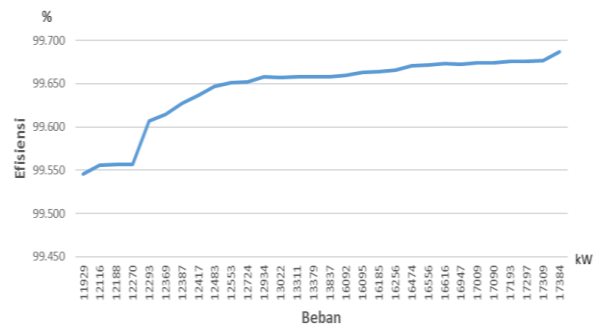
3.2. Unjuk Kerja Gardu Induk Pangkalpinang

Tabel 3 menampilkan data arus, tegangan, daya nyata, daya semu, faktor daya, rugi tembaga, rugi total dan efisiensi transformator daya Gardu Induk Pangkalpinang. Nilai rata-rata untuk arus sebesar 473,18 ampere, rata-rata tegangan sebesar 20,95 kV, rata-rata daya nyata sebesar 14.557,11 kW, rata-rata daya semu sebesar 15.358,12 kVA, rata-rata faktor daya sebesar 0,94, rata-rata rugi tembaga sebesar 27,48 kW, rata-rata rugi total sebesar 50,48 kW dan rata-rata efisiensi 99,66 %.

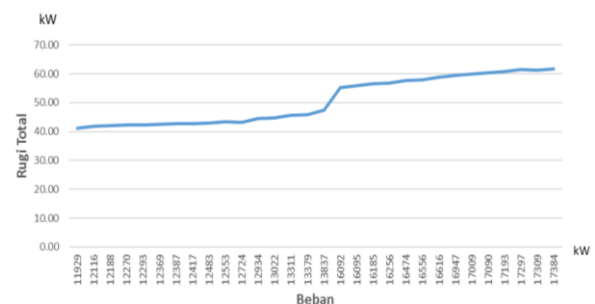
Gambar 3 menampilkan data-data saat terjadi pembebanan di gardu induk Pangkalpinang. Pembebanan tertinggi terjadi sebesar 17.383 kW dengan efisiensi 99,69 %. Sedangkan pembebanan terendah 11.929 kW dan efisiensi nya 99,65 %. Sementara itu, dari gambar 4 dapat dilihat perbandingan daya saat pembebanan terhadap rugi transformator daya Gardu Induk Pangkalpinang. Pembebanan tertinggi sebesar 17.383 kW dan rugi total 61,64 kW. Sedangkan pembebanan terendah sebesar 11.929 kW dengan rugi total 41,22 kW

Tabel 3. Hasil perhitungan rugi-rugi dan efisiensi transformator daya Gardu Induk Pangkalpinang

Arus (A)	Teg (kV)	P (kW)	S (kVA)	Cos φ	Pcu (kW)	Rugi Total (kW)	Efisiensi (%)
408,04	21,06	12.552,5	13.325,8	0,94	20,32	43,32	99,66
424,40	20,92	13.022,1	13.788,7	0,94	21,76	44,76	99,66
419,63	20,92	12.933,9	13.687,4	0,94	21,44	44,44	99,66
415,75	20,98	12.724,1	13.270,2	0,94	20,15	43,15	99,66
403,12	20,96	12.369,0	13.059,8	0,94	19,52	42,52	99,66
404,22	21,02	12.416,5	13.153,2	0,94	19,80	42,80	99,66
436,95	20,87	13.379,1	14.159,9	0,94	22,95	45,95	99,67
433,57	20,94	13.310,9	14.094,2	0,94	22,73	45,73	99,67
451,73	20,85	13.836,5	14.624,6	0,94	24,48	47,48	99,67
401,04	20,84	12.269,5	12.958,6	0,94	19,22	42,22	99,66
395,59	20,92	12.116,3	12.818,5	0,94	18,80	41,80	99,66
387,95	21,03	11.929,1	12.617,9	0,94	18,22	41,22	99,65
399,59	20,97	12.293,4	13.005,3	0,94	17,30	40,30	99,67
396,77	20,95	12.187,5	12.896,0	0,94	19,03	42,03	99,66
404,04	20,92	12.386,7	13.096,1	0,94	19,63	42,63	99,66
407,26	20,86	12.482,8	13.194,9	0,94	19,93	42,93	99,66
521,40	21,01	16.091,6	17.051,1	0,94	33,27	56,27	99,65
557,61	20,94	17.193,3	18.165,5	0,94	37,77	60,77	99,68
551,34	20,85	16.946,8	17.878,1	0,94	36,58	59,58	99,65
521,44	20,96	16.094,5	16.978,3	0,94	32,99	55,99	99,65
537,20	20,94	16.555,9	17.472,7	0,94	34,94	57,94	99,66
534,65	21,04	16.473,9	17.415,3	0,94	34,71	57,71	99,66
563,42	21,01	17.383,7	18.375,9	0,94	38,64	61,64	99,69
554,28	20,97	17.089,6	18.048,2	0,94	37,28	60,28	99,67
561,57	20,97	17.309	18.301,3	0,94	38,33	61,33	99,68
521,20	20,96	16.184,6	17.113	0,94	33,52	56,52	99,65
527,30	21,03	16.256,1	17.201,5	0,94	33,86	56,86	99,65
554,38	20,88	17.009,4	17.984,4	0,94	37,02	60,02	99,67
560,42	21	17.297,3	18.325,9	0,94	38,43	61,43	99,69
539,26	20,96	16.616,4	16.680,3	0,93	31,84	54,84	99,67
473,18	20,95	14.557,1	15.358,12	0,94	27,48	50,48	99,66



Gambar 3. Grafik perbandingan daya saat pembebanan terhadap efisiensi transformator daya Gardu Induk Pangkalpinang



Gambar 4. Grafik perbandingan daya saat pembebanan terhadap rugi-rugi transformator daya Gardu Induk Pangkalpinang

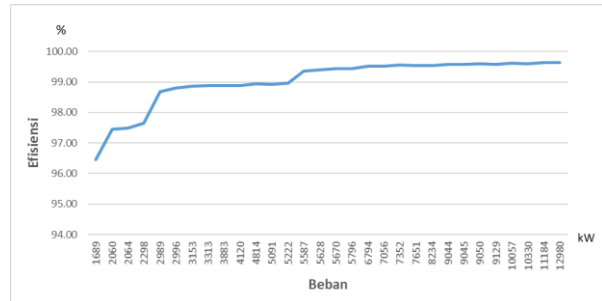
Tabel 4. Hasil perhitungan rugi-rugi dan efisiensi transformator daya Gardu Induk Sungailiat

Teg (kV)	P (kW)	Cos φ	I (ampere)	S (kVA)	Pcu (kW)	Rugi Total I (kW)	Efisiensi (%)
20,86	11.183,8	0,93	328,78	11.877	16,91	39,91	99,64
20,93	12.980	0,93	382,90	13.890	22,61	45,61	99,65
24,28	10.330	0,95	312,63	11.060	15,27	38,27	99,60
20,60	7.352,46	0,88	224,22	8.018,3	8,47	31,47	98,85
20,55	8.234,25	0,93	251,47	8.949,6	10,62	33,62	99,54
20,34	5.221,79	0,88	160,60	5.663,8	4,84	27,84	98,90
20,56	9.043,75	0,91	276,66	9.862,9	12,74	35,74	99,57
20,74	10.057,4	0,92	301,49	10.812	14,37	37,37	99,62
20,57	2.989,17	0,77	108,71	3.872,7	1,99	24,99	98,68
20,46	2.060,02	0,60	71,00	2.514,5	0,88	23,88	97,46
20,66	4.813,98	0,82	150,86	5.399,8	4,17	27,17	99,14
20,64	2.996,40	0,81	82,68	2.957,2	1,32	24,32	96,80
31,64	3.312,79	0,86	103,15	5.676	7,55	30,55	98,90
20,52	3.153,10	0,82	122,78	4.370,6	2,94	25,94	98,37
20,18	5.090,85	0,92	151,03	5.244,3	4,31	27,31	98,70
20,51	7.055,83	0,88	225,69	7.996,2	8,53	31,53	98,25
20,53	4.119,85	0,83	141,05	5.007,5	3,46	26,46	98,86
20,55	3.882,75	0,66	123,38	4.376,6	2,81	25,81	98,78
20,50	2.297,69	0,74	70,28	2.496	0,87	23,87	97,66
20,59	16.88,77	0,76	53,69	1.909	0,56	23,56	96,46
20,48	2.063,54	0,81	70,92	2.519,1	0,92	23,92	97,49
20,76	5.669,65	0,90	186,15	6.699,4	7,42	30,42	99,13
20,72	9.049,52	0,94	266,83	9.559,1	12,02	35,02	99,59
20,85	5.587,08	0,77	192,89	6.973,6	7,94	30,94	99,36
20,74	5.796,04	0,91	160,08	5.753,3	4,80	27,80	99,32
20,53	5.627,56	0,93	165,27	5.882,3	4,14	27,14	99,50
20,61	6.794,25	0,94	194,65	6.949,1	6,04	29,04	99,52
20,83	9.045,19	0,93	268,14	9.673,7	11,60	34,60	99,51
20,65	7.650,58	0,94	256,80	9.182	10,22	33,22	99,54
20,59	9.128,96	0,93	270,24	9.629,7	12,01	35,01	99,58
21,10	6.141,57	0,86	189,17	6.825,9	7,41	30,41	98,87

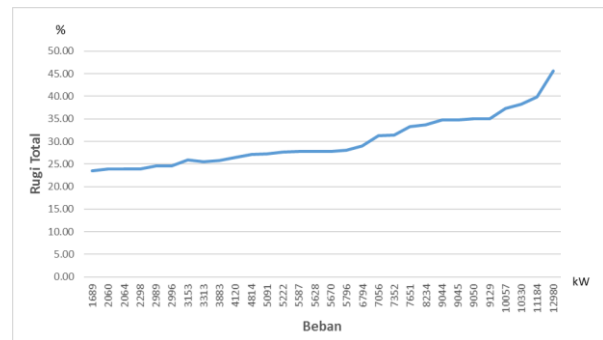
3.3. Unjuk Kerja Gardu Induk Sungailiat

Tabel 4 menampilkan data arus, tegangan, daya nyata, daya semu, faktor daya, rugi tembaga, rugi total dan efisiensi transformator daya gardu induk Sungailiat. Nilai rata-rata arus 189.17 ampere, rata-rata tegangan sebesar 21.10 kV, rata-rata daya nyata sebesar 6142.57 kW, rata-rata faktor daya sebesar 0.86, rata-rata daya semu sebesar 6825.9 kVA, rata-rata rugi tembaga sebesar 7.41 kW, rata-rata rugi total sebesar 30.41 kW dan rata-rata efisiensi sebesar 98.87 %.

Data-data saat terjadi pembebanan beserta pengaruhnya terhadap efisiensinya ditunjukkan pada Gambar 5. Pembebanan tertinggi sebesar 12.980 kW dan efisiensi 99,65 %. Sedangkan pembebanan terendah sebesar 1.688 kW dengan efisiensi 96,46 %.



Gambar 5. Grafik perbandingan daya saat pembebanan terhadap efisiensi transformator daya Gardu Induk Sungailiat



Gambar 6. Grafik perbandingan daya saat pembebanan terhadap rugi-rugi transformator daya Gardu Induk Sungailiat

Dari gambar 6 dapat dilihat perbandingan daya saat pembebanan terhadap rugi transformator daya gardu induk Sungailiat. Pembebanan tertinggi sebesar 12.980 kW dengan rugi total 45.61 kW. Sedangkan pembebanan terendah 1.688 kW dan rugi total 23,56 kW.

3.4. Analisis Unjuk Kerja Gardu Induk

Berdasarkan tabel 4 efisiensi transformator tertinggi terjadi pada transformator Gardu Induk Pangkalpinang yaitu sebesar 99,66 % dan efisiensi terendah terjadi pada transformator daya Gardu Induk Sungailiat sebesar 98,87 % dan untuk efisiensi transformator daya Gardu Induk Air Anyir sebesar 99 %. Mengacu pada standar PLN [14] , bahwa besaran efisiensi untuk faktor daya 0,8 dengan tegangan 150/20 kV daya pengenal 60 MVA adalah 99,47 % dan untuk daya pengenal 30 MVA adalah 99,48 %. Untuk nilai efisiensi transformator daya Gardu Induk Pangkalpinang sesuai dengan standar PLN, sedangkan untuk transformator daya Gardu Induk Air Anyir dan Sungailiat nilai efisiensinya dibawah nilai standar PLN.

Tabel 4. Efisiensi rata-rata transformator daya Gardu Induk Air Anyir, Gardu Induk Pangkalpinang dan Gardu Induk Sungailiat

Gardu Induk	Efisiensi (%)
Air Anyir	99
Pangkalpinang	99,66
Sungailiat	98,87

4. Kesimpulan

Pembebanan dan efisiensi transformator daya Gardu Induk Air Anyir tertinggi 13,36 MW dengan efisiensi 99,62 % dan rugi total 49,46 kW, pembebanan dan efisiensi terendah 2,37 MW dengan efisiensi 96,65 % dan rugi total 38,83 kW. Sementara pembebanan dan efisiensi transformator daya Gardu Induk Pangkalpinang tertinggi 17,38 MW dengan efisiensi 99,69 % dan rugi total 61,64 kW, pembebanan dan efisiensi terendah 11,93 MW dengan efisiensi 99,65 % dan rugi total 41,22 kW. Kemudian pembebanan dan efisiensi transformator daya Gardu Induk Sungailiat tertinggi 12,98 MW dengan efisiensi 99,65 % dan rugi total 45,61 kW, pembebanan dan rugi-rugi terendah 2,06 MW dengan efisiensi 97,46 % dan rugi total 23,88 kW. Untuk efisiensi rata-rata transformator daya di Gardu Induk Air Anyir sebesar 99 %, Gardu Induk Pangkalpinang 99,66 % dan Gardu Induk Sungailiat 98,87 %.

Referensi

[1]. PLN Wilayah Bangka Belitung. *Kondisi Kelistrikan Februari*. 2019.

[2]. BPS Provinsi Kepulauan Bangka Belitung. *Provinsi Kepulauan Bangka Belitung Dalam Angka*. 2019

[3]. W. Sunanda. Studi Unjuk Kerja Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) Air Anyir Bangka. *Setrum: Sistem Kendali-Tenaga-elektronika-telekomunikasi-komputer*, 2019, 8(2),hal: 248-252.

[4]. M. R. Khan, A. Kumar, A. Patra. Process of Energy Audit of Commercial Building and Substation. *International Journal of Engineering Research and Application*, 2013, Vol. 3 No. 4 . hal : 861-869.

[5]. E. Cazacu, M. Stanculescu, I.V. Nemoianu. Power Substation Energy Efficiency Analysis-A Case Study. *Journal of Electrical and Electronics Engineering*, 2011, 4(1).

[6]. K.D. McBee, J. Chong, P. Rudraraju. Demand Side Management Effects on Substation Transformer Capacity Limits. *Applied Sciences*, 2019, 9(16), 3266.

[7]. W. Yuekang, C. Shuheng, J. Shi, and S. Xueting, *A research based on testing method for the whole substation cascaded in digital substation*, E3S Web of Conferences, 2018, vol. 64, p. 04002.

[8]. Bowen. Substation commissioning and turnover planning, *IEEE Industry Applications Magazine*, 2000, vol. 6, no. 2, pp. 8–22.

[9]. R. Syahputra and L. F. Arrozak, Power Transformer Loading Analysis in Order to Improve the Reliability of a Substation, *Journal of Electrical Technology UMY*, 2017, vol. 1, no. 4.

[10]. S. Guseva, O. Borscevskis, N. Skobeleva, L. Kozireva. Load Determination and Selection of Transformer Substations' Optimal Power for Tasks of Urban Networks' Development, *Electrical, Control and Communication Engineering*, 2010 vol. 26, no. 1, pp. 31-36.

[11]. T.A. Darsono, N. Patawaran, C. Chotimah . *Voltage Data Reporting Application On The Electrical Substation At PT. Haleyora Powerindo Merauke*. In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2019, Vol. 343, No. 1. IOP Publishing.

[12]. F. Enemuoh, T.L Alumona, C.H. Aliche. Investigation Of Energy Loss In A Transmission Substation Using Onitsha 330/132kv As A Case Study. *International Journal of Technical Research and Applications*. 2016, Volume 4, Issue 4. pp. 36-40.

[13]. PLN Area Bangka. *Data Efisiensi Gardu Induk Air Anyir, Gardu Induk Pangkalpinang, Gardu Induk Sungailiat*. 2018.

[14]. SPLN No 61 Tahun 1997. *Spesifikasi Transformator Tenaga Tegangan Tinggi*. Jakarta : SPLN; 1997

[15]. R. Syahputra and L. F. Arrozak, Power Transformer Loading Analysis in Order to Improve the Reliability of a Substation, *Journal of Electrical Technology UMY*, 2017, vol. 1, no. 4.