

Lampiran I

ANALISA KETIDAKSEIMBANGAN PEMBEBANAN TRANSFORMATOR DISTRIBUSI SATU FASA PADA PENYULANG PDL-01 GI PANDEAN LAMPER TERHADAP POTENSI RUGI-RUGI DAYA PENGHANTAR NETRAL

Emah Rahmawati⁽¹⁾, Ida Widhiastuti⁽²⁾, Dedi Nugroho⁽³⁾

^{1, 2, 3}Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Sultan Agung Semarang

^{1, 2, 3}Jl. Raya Kaligawe Km. 4 Po. Box 1054 Semarang 50112

e-mail : emarahmawati69@gmail.com⁽¹⁾, ida_fti@unissula.ac.id⁽²⁾, dedi.nugroho@unissula.ac.id⁽³⁾

ABSTRAK

PDL-01 merupakan penyulang tegangan menengah 20 kV yang bersumber dari Gardu Induk Pandean Lamper Semarang. Penyulang ini merupakan penghantar 3 fasa, 4 kawat yang digunakan untuk melayani beban – beban 1 fasa melalui trafo distribusi 1 fasa 50 kVA tipe CSP. Terdapat 65 buah trafo distribusi 1 fasa pada penyulang tersebut. Trafo distribusi ini memiliki dua buah kumparan pada bagian sekundernya, sehingga jika pembebanan tidak seimbang pada kedua kumparannya akan menimbulkan arus netral mengalir pada penghantar netral trafo tersebut. Riset ini bertujuan untuk mengetahui ketidakseimbangan pembebanan pada trafo distribusi 1 fasa di jaringan penyulang PLD-01 dan potensi rugi-rugi daya pada penghantar netral tersebut. Metode riset dilakukan melalui data hasil pengukuran pembebanan trafo disisi kedua kumparan sekunder sedangkan perhitungan dilakukan melalui model simulasi trafo distribusi 1 fasa dengan software Simulink Matlab. Hasil riset memperlihatkan bahwa pembebanan pada kumparan A lebih besar dibandingkan pembebanan pada kumparan B. Pembebanan total pada semua trafo untuk kumparan A adalah 611,24 kVA dan kumparan B adalah 367,29 kVA, dengan beban total 978,53 kVA, akibatnya arus netral cukup besar mengalir menuju terminal netral trafo dan berpotensi menimbulkan rugi-rugi daya sebesar 7,8 kW.

Kata kunci : Trafo 1 fasa, penghantar netral, arus netral

ABSTRACT

PDL-01 is a 20 kV medium voltage feeder supplied from the Pandean Lamper Semarang Substation. This feeder is a 3-phase, 4-wire conductor that is used to serve one phase loads through a 50 kVA type CSP one phase distribution transformer. There are 65 one phase distribution transformers on the feeder. This distribution transformer has two windings on the secondary, so that if the loading is not balanced on the two windings it will cause a neutral current to flow in the neutral conductor of the transformer. This research aims to determine the load imbalance on the onephase distribution transformer in the PLD-01 feeder network and the potential power losses on the neutral conductor. The research method is carried out through the measurement results of the transformer loading data on the second side of the secondary windings, while the calculation is carried out through a one phase distribution transformer simulation model with the Simulink Matlab software. The research results show that the load on winding A is greater than the load on winding B. The total load on all transformers for coil A is 611.24 kVA and coil B is 367.29 kVA, with a total load of 978.53 kVA, consequently the neutral current is sufficient large flow towards the neutral terminal of the transformer and has the potential to cause power losses of 7.8 kW.

Key words : one phase distributin transformer, neutral conductor, neutral current

1. PENDAHULUAN

Sistem distribusi daya listrik merupakan sistem yang berfungsi untuk menyalurkan daya listrik dari Gardu Induk (GI) ke konsumen listrik (beban) baik melalui jaringan tegangan menengah (JTM) 20 kV maupun melalui jaringan tegangan rendah (JTR) 380 /220 volt. Pada beban perumahan umumnya menggunakan beban 1 fasa, 220 volt. Untuk melayani jenis beban tersebut maka digunakan transformator 1 fasa yang inputnya diambil dari penyulang (feeder) jaringan tegangan menengah 20 kV dan outputnya digunakan untuk melayani konsumen listrik tersebut melalui jaringan tegangan rendah.

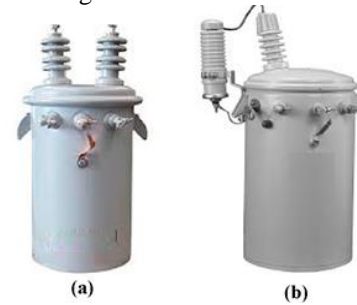
Pada penyulang JTM yang melayani khusus kawasan industri umumnya menggunakan sistem 3 fasa yang dilayani oleh trafo 3 fasa. Pada penyulang ini umumnya keseimbangan fasa relative baik karena sebagian besar beban merupakan beban 3 fasa seimbang. Sedangkan pada penyulang yang sebagian besar merupakan beban komersial biasanya dilayani dengan trafo 3 fasa, namun keseimbangan fasa pada beban ini tidak sebaik beban industry, hal ini dikarenakan pada beban komersial sebagian besar merupakan beban 1 fasa. Pada penyulang yang melayani beban – beban perumahan, dilayani oleh trafo distribusi 1 fasa. Trafo distribusi 1 fasa umumnya terdiri atas dua kumparan sekunder yaitu sebut saja kumparan A dan kumparan B. Permasalahannya adalah jika pembebanan pada kumparan A dan B tidak seimbang maka akan mengalir arus netral ke kumparan tersebut, yang mana semakin besar ketidak seimbangan, maka akan semakin besar arus netralnya, hal ini tentu akan berdampak pada besarnya rugi-rugi pada penghantar netral tersebut. Permasalahan lain adalah ketidakseimbangan pembebanan trafo 1 fasa pada jaringan tegangan menengah yang secara signifikan akan mempengaruhi ketidakseimbangan sistem 3 fasa karena input trafo 1 fasa diambil dari fasa-netral (trafo tipe CSP) dan fasa – fasa (trafo tipe S), sehingga diperlukan desain agar pembagian pembebanan trafo 1 fasa merata pada sistem 3 fasa tersebut.

Berdasarkan masalah ketidakseimbangan pembebanan trafo 1 fasa, maka riset ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh ketidakseimbangan pembebanan pada kumparan sekunder trafo distribusi yang ditujukan pada kasusebuah penyulang yang mayoritas memiliki beban 1 fasa dengan jumlah trafo distribusi cukup banyak. Sebagai obyek riset pada kasus ini diambil penyulang PDL-01 Gardu Induk Pandean Lamper Semarang. Penyulang ini melayani beban – beban perumahan yang dilayani oleh trafo distribusi 1 fasa tipe CSP dengan kapasitas masing-masing trafo tersebut adalah 50 kVA. Total trafo distribusi tersebut adalah 65 buah trafo atau total daya terpasang pada trafo distribusi mencapai 3250 kVA, Berdasarkan hal tersebut maka penyulang ini perlu dilakukan kajian dan analisis terhadap ketidakseimbangan pembebanan dan dampaknya terhadap rugi-rugi daya arus netral.

2. Landasan Teori

Trafo distribusi 1 fasa

Trafo distribusi 1 fasa merupakan trafo yang digunakan secara khusus untuk menyuplai daya listrik ke beban-beban satu fasa, umumnya merupakan beban perumahan. Trafo distribusi 1 fasa umumnya berbentuk tabung dengan kapasitas beragam, namun yang umum digunakan pada jaringan tegangan menengah memiliki kapasitas 50 kVA. Ada dua jenis trafo distribusi yaitu tipe S dan CSP seperti diperlihatkan dalam gambar 1.

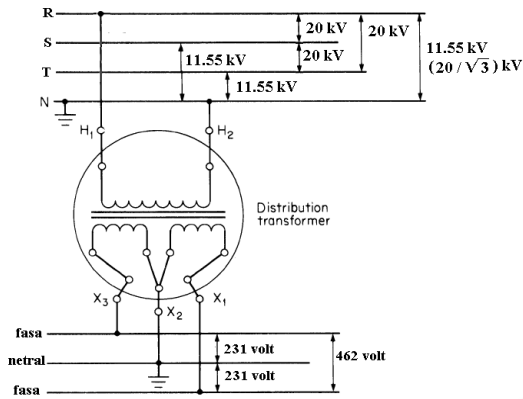


Gambar 1 Trafo distribusi 1 fasa tipe S(a) dan tipe CSP (b)

- Pada tipe S trafo memiliki dua terminal tegangan tinggi dan dihubungkan pada kawat fasa – fasa (tegangan fasa-fasa, misal) 20 kV. Trafo jenis ini belum dilengkapi oleh sistem proteksi seperti circuit breaker, fuse dan arrester. Trafo jenis ini bisa digunakan untuk sistem penyulang 3 fasa 3 kawat atau 3 fasa 4 kawat (3 fasa + 1 netral)..
- Tipe yang umum digunakan saat ini adalah tipe CSP (*Completely Self Protecting*). Transformator ini telah dilengkapi sistem perlindungan yang terintegrasi dalam trafo seperti perlindungan terhadap petir (*arrester*), gangguan hubung singkat (*fuse*) dan overload pada sisi kumparan tegangan tingginya. Trafo CSP hanya memiliki satu terminal tegangan tinggi sehingga merupakan tegangan fasa – netral, oleh sebab itu trafo tipe ini hanya digunakan untuk penyulang yang terdiri atas sistem 3 fasa 4 kawat.

Trafo distribusi 1 fasa umumnya memiliki satu kumparan tegangan tinggi dengan dua buah kumparan sekunder seperti diperlihatkan dalam gambar 2. Pada bagian sekunder terdiri atas dua kumparan, sebut saja kumparan A dan kumparan B, dengan demikian trafo tersebut memiliki 3 terminal pada bagian sekundernya yaitu terminal X_1 , X_2 , dan X_3 . Pada gambar 2 terlihat bahwa terminal X_1 dan X_3 merupakan terminal fasa dan X_2 adalah terminal netral. Dengan demikian jaringan tegangan rendahnya merupakan sistem 1 fasa 3 kawat. Pada tipe CSP ini kumparan primer terhubung pada tegangan fasa-netral 11,55 kV sedangkan kumparan sekundernya adalah tegangan $V_{an} = 231$ volt

(fasa kumparan A – netral), $V_{bn} = 231$ volt (fasa kumparan B – netral) dan $V_{ab} = 262$ volt (fasa kumparan A – fasa kumparan B).

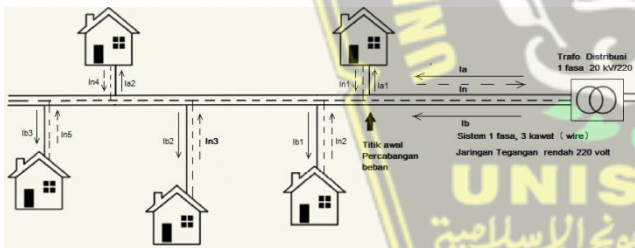


Gambar 2 rangkaian trafo distribusi 1 fasa tipe CSP

Jika kumparan A dan kumparan B dibebani dengan nilai beban yang sama (seimbang), maka arus netral menjadi nol, sedangkan jika beban tidak seimbang maka ada arus netral yang mengalir, yang mana arus netral ini merupakan selisih dari arus fasa kedua kumparan tersebut akibat ketidakseimbangan beban tersebut.

Model Jaringan sekunder

Model jaringan tegangan rendah dengan sistem 1 fasa 3 kawat diperlihatkan dalam gambar 3 dibawah ini.



Gambar 3 sistem Jaringan tegangan rendah 1 fasa 3 kawat

Berdasarkan gambar tersebut terlihat bahwa bagian sekunder trafo distribusi 1 fasa terbagi atas kumparan A yang digunakan untuk beban-beban kelompok A sedangkan kumparan B digunakan untuk beban-beban kelompok B sedangkan penghantar netralnya menjadi satu. Jadi penghantar netral ini akan dialiri arus netral yang berasal baik dari kelompok beban A maupun kelompok beban B. Jika beban seimbang maka arus netral menuju trafo yang dimulai dari penghantar netral dari jarak titik awal percabangan akan bernilai nol, namun jika tidak seimbang maka akan mengalir arus netral menuju trafo.

Perhitungan rugi-rugi daya total arus netral pada jaringan tegangan rendah sudah tentu harus menghitung rugi-rugi arus netral yang mengalir baik pada setiap cabang maupun seksi saluran, meskipun pada keadaan beban kedua kumparan seimbang maupun tidak, namun jika beban seimbang maka

rugi-rugi penghantar netral dari titik jarak penghantar awal percabangan menuju trafo sama dengan nol, namun jika tidak seimbang maka akan ada arus mengalir.

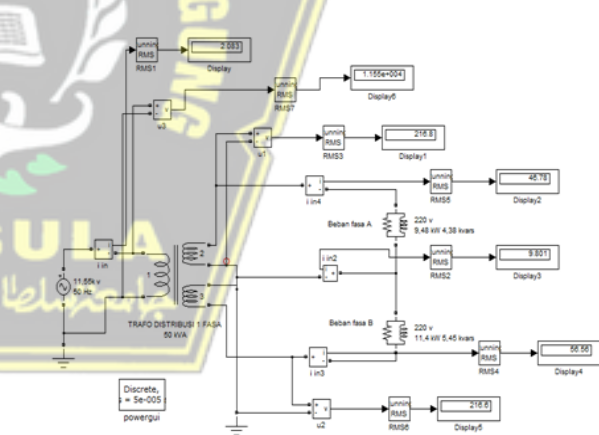
Jadi rugi-rugi penghantar netral adalah :

- Jika beban seimbang maka : Rugi penghantar nol = jumlah rugi-rugi penghantar titik beban + jumlah seksi saluran
- Jika beban tidak seimbang maka : = jumlah rugi-rugi penghantar titik beban + jumlah seksi saluran + jarak dari titik awal percabangan menuju trafo.

Pada riset ini hanya akan dihitung rugi-rugi penghantar netral mulai dari titik awal percabangan beban menuju transformator dengan mempertimbangkan banyaknya jumlah trafo sehingga data jaringan tegangan rendah menjadi sangat kompleks.

3. Metode Penelitian

Data-data penelitian berupa tegangan, arus dan factor daya pada masing-masing kumparan sekunder trafo distribusi 1 fasa digunakan untuk menghitung pembebanan pada masing-masing kumparan trafo baik kumparan A dan kumparan B. Pembebanan tersebut berupa daya aktif dan daya reaktif. Nilai daya tersebut digunakan untuk menentukan arus netral melalui pemodelan trafo distribusi 1 fasa dengan menggunakan Simulink –Matlab. Model trafo berupa trafo dengan satu buah kumparan primer dan dua buah kumparan sekunder. Model trafo tersebut ditunjukkan dalam gambar dibawah ini.



Gambar 4 model trafo distribusi 1 fasa

Dengan memberikan data – data berupa tegangan input sumber (tegangan kumparan primer trafo) yaitu $20\text{kV}/\sqrt{3}$ atau 11,55 kV, perbandingan tegangan trafo 11,55kV/220 volt dan beban pada kumparan A dan kumparan B berdasarkan data – data hasil perhitungan daya aktif dan reaktif maka dapat ditentukan nilai arus netral yang mengalir pada trafo tersebut. Untuk menentukan potensi rugi-rugi pada penghantar netral hanya dihitung pada titik awal percabangan trafo menuju beban saja.

4. ANALISA DAN PEMBAHASAN

4.1 Pembebanan daya trafo distribusi 1 fasa

Berdasarkan data – data hasil pengukuran trafo distribusi 1 fasa pada sisi kumparan sekunder berupa pengukuran besaran arus pada kumparan A (arus I_a) dan pada kumparan B (arus I_b) serta pengukuran tegangan, maka dengan asumsi factor daya rata-rata beban adalah 0,9 maka dapat ditentukan pembebanan pada masing-masing trafo distribusi 1 fasa. Pembebanan pada masing – masing kumparan tersebut dapat dilihat pada tabel 1 yang memperlihatkan pembebanan daya aktif dan daya reaktif pada masing-masing kumparan sekunder trafo 1 fasa. Data pembebanan ini digunakan untuk menghitung arus netral yang mengalir pada trafo distribusi 1 fasa tersebut.

Tabel 1 Pembebanan trafo 1 fasa

NO	KODE LOKASI	Pembebanan Kumparan Sekunder Trafo 1 fasa			
		Pa (kW)	Qa (kVAR)	Pb (kW)	Qb (kVAR)
1	PDL01-42/S01	6,63	3,21	6,24	3,01
2	PDL01-104/U02/B01	2,10	1,01	3,19	1,54
3	PDL01-104/U05	4,09	1,98	3,33	1,61
4	PDL01-104/U06A	7,50	3,63	0	0
5	PDL01-104/U06B	6,87	3,32	0	0
6	PDL01-118/U05B	4,45	2,15	0	0
7	PDL01-118/U05A	1,23	5,93	0	0
8	PDL01-118/U06B	12,67	6,12	0	0
9	PDL01-118/U06A	18,69	9,03	0	0
10	PDL01-118/U06/B0C	6,55	3,17	0	0
11	PDL01-118/U06/B0B	1,87	9,03	0	0
12	PDL01-118/U06/B0A	3,40	1,65	5,84	2,82
13	PDL01-118/U07A	3,50	1,69	3,78	1,83
14	PDL01-118/U07B	3,76	1,82	0	0
15	PDL01-118/U09B	7,98	3,85	0	0
16	PDL01-118/U09A	24,85	12,01	0	0
17	PDL01-118/U10B	7,26	3,51	10,83	5,23
18	PDL01-118/U10A	1,38	0,67	4,85	2,34
19	PDL01-118/U11B	4,61	2,23	7,54	3,65
20	PDL01-118/U11A	19,56	9,45	10,37	5,01
21	PDL01-118/U15	18,53	8,96	4,81	2,32
22	PDL01-118/S01	8,63	4,17	5,07	2,45
23	PDL01-118/S04B	20,06	9,69	0	0
24	PDL01-118/S04A	23,70	11,45	0	0
25	PDL01-118/S08B	14,83	7,17	0	0
26	PDL01-118/S08A	27,13	13,11	0	0
27	PDL01-127/S02	12,87	6,22	2,55	1,23
28	PDL01-127/S04A	15,90	7,68	0	0
29	PDL01-127/S04B	16,35	7,90	0	0
30	PDL01-148/S02	7,38	3,57	12,08	5,84
31	PDL01-148/S05	4,75	2,29	2,43	1,18
32	PDL01-148/U04	9,25	4,47	9,32	4,51
33	PDL01-148/U06A	13,86	6,70	9,70	4,69

NO	KODE LOKASI	Pembebanan Kumparan Sekunder Trafo 1 fasa			
		Pa (kW)	Qa (kVAR)	Pb (kW)	Qb (kVAR)
34	PDL01-148/U09	9,38	4,54	11,19	5,41
35	PDL01-148/U09/B01	5,64	2,73	0	0
36	PDL01-148/U09/B03A	2,38	1,15	3,38	1,64
37	PDL01-148/U09/B03B	13,86	6,70	10,95	5,29
38	PDL01-148/U09/B04B	1,39	0,67	1,70	0,82
39	PDL01-148/U09/B04A	8,18	3,95	10,51	5,08
40	PDL01-148/U09/B05A	12,87	6,22	0	0
41	PDL01-148/U09/B05B	0,86	0,42	0	0
42	PDL01-148/U09/B07B	8,87	4,29	11,09	5,36
43	PDL01-148/U09/B07A	8,95	4,32	7,76	3,75
44	PDL01148/U09/B05/U0B	1,07	5,21	6,0	2,90
45	PDL01148/U09/B05/U0A	9,27	4,48	2,77	1,34
46	PDL01-148/U16B	5,23	2,53	5,52	2,67
47	PDL01-148/U16A	7,09	3,43	4,36	2,10
48	PDL01-154/S07A	15,76	7,62	5,70	2,76
49	PDL01-154/S07B	7,80	3,77	4,35	2,10
50	PDL01-154/S09	6,97	3,37	7,62	3,68
51	PDL01-154/S12/B03	9,90	4,79	11,09	5,36
52	PDL01-154/S12/B05B	18,89	9,13	0	0
53	PDL01-154/S12/B05A	3,62	1,75	3,62	1,75
54	PDL01-154/S12/T01	2,89	1,40	7,96	3,85
55	PDL01154/S12/T05/U0B	5,08	2,45	10,04	4,85
56	PDL01-154/S12/T12	0,96	0,46	3,56	1,72
57	PDL01-154/S12/T15	3,33	1,61	4,73	2,28
58	PDL01-154/S17	5,02	2,42	9,58	4,63
59	PDL01-154/S22	2,85	1,38	5,31	2,56
60	PDL01-154/S25	2,40	1,16	7,13	3,45
61	PDL01-154/S28	3,80	1,84	6,93	3,35
62	PDL01-79/S04	3,34	1,61	8,0	3,87
63	PDL01-79/S05C	3,38	1,64	15,02	7,26
64	PDL01-79/S05B	4,75	2,29	21,02	10,16
65	PDL01-79/S05A	5,05	2,44	21,88	10,57

Berdasarkan tabel 1 diatas terlihat bahwa ada sejumlah trafo distribusi 1 fasa tersebut pada kumparan B belum terbebani sama sekali sehingga untuk kasus ini arus netral pada trafo sama dengan arus fasa pada kumparan A. Disamping itu pada tabel tersebut terlihat bahwa pembebanan trafodistribusi rata-rata lebih besar pada kumparan A dibandingkan pada kumparan B,

sehingga berpotensi mengalirnya arus netral yang cukup besar pada kawat netral menuju trafo.

Berdasarkan tabel 1 diatas maka dapat dihitung pembebanan total pada trafo 1 fasa pada penyulang PDL01 adalah :

- Daya aktif kumparan A = 543,02 kW
- Daya reaktif kumparan A = 280,61 kVAR
- Daya semu kumparan B = 611,24 kVA
- Daya aktif kumparan B = 330,7 kW
- Daya reaktif kumparan B = 159,82 kVAR
- Daya semu kumparan B = 367,29 kVA

Mencermati pembebanan total maka terlihat ketidak seimbangan pembebanan antara kumparan A dan kumparan B sehingga menimbulkan mengalirnya arus netral menuju kumparan trafo tersebut.

Pembebanan total pada penyulang PDL 01 dapat dihitung sebagai berikut :

Daya aktif total :

$$P_{TOTAL} = 543,02 + 330,7 = 873,72 \text{ kW}$$

Daya raktif total :

$$Q_{TOTAL} = 280,61 + 159,82 = 440,43 \text{ kVAR}$$

Daya semu total :

$$S_{TOTAL} = \sqrt{(873,72)^2 + (440,43)^2} = 978,5 \text{ kVA}$$

Faktor Daya :

$$PF = \frac{873,72}{978,45} = 0,89$$

Kapasitas total trafo : 65 x 50 = 3250 kVA

Persentase pembebanan trafo :

$$\%Load = \frac{978,45}{3250} \times 100\% = 30,1\%$$

Berdasarkan hasil perhitungan tersebut pembebanan total dari seluruh kapasitas trafo relative masih cukup kecil yaitu sebesar 30,1% saja, begipula dengan persentase pembebanan pada masing – masing trafo tersebut.

4.2 Perhitungan arus netral trafo distribusi 1 fasa

Untuk mengetahui besarnya arus netral pada trafo 1 fasa dilakukan dengan metode simulasi dengan menggunakan model trafo 1 fasa melalui Simulink seperti diperlihatkan dalam gambar 4.1 diatas dengan membebani trafo pada masing-masing kumparan sekundernya sesuai dengan data pada tabel 1. Hasil simulasi terhadap arus netral diperlihatkan dalam tabel 2 yang memperlihatkan hasil simulasi perhitungan arus fasa kumparan A, fasa kumparan B dan arus netral pada masing- masing trafo distribusi 1 fasa.

Berdasarkan hasil tersebut terlihat bahwa jika pembebanan mendekati seimbang maka arus netral trafo relatif kecil, sebaliknya jika pembebanan semakin besar ketidak seimbangannya maka arus netral semakin besar nilainya.

Tabel 2. Arus pada kumparan sekunder trafo

NO	Kode Lokasi Trafo Distribusi 1 Fasa	Arus Kumparan sekunder (Ampere)		
		Ia	Ib	IN
1	PDL01-42/S01	33,5	31,5	29,4
2	PDL01-104/U02/B01	10,6	16,1	18,6
3	PDL01-104/U05	20,7	16,8	3,95
4	PDL01-104/U06A	37,9	0	37,9
5	PDL01-104/U06B	34,7	0	34,7
6	PDL01-118/U05B	22,5	0	22,5
7	PDL01-118/U05A	62	0	62
8	PDL01-118/U06B	64	0	64
9	PDL01-118/U06A	94,4	0	94,4
10	PDL01-118/U06/B04C	33,1	0	33,1
11	PDL01-118/U06/B04B	94,4	0	94,4
12	PDL01-118/U06/B04A	17,2	29,5	17,2
13	PDL01-118/U07A	17,7	19,1	17,7
14	PDL01-118/U07B	19	0	19
15	PDL01-118/U09B	40,3	0	40,3
16	PDL01-118/U09A	125,5	0	125,5
17	PDL01-118/U10B	36,7	54,7	17,8
18	PDL01-118/U10A	7	24,5	17,3
19	PDL01-118/U11B	23,3	38,11	14,49
20	PDL01-118/U11A	98,8	52,4	46,7
21	PDL01-118/U15	93,6	24,3	69,1
22	PDL01-118/S01	43,6	25,6	18,1
23	PDL01-118/S04B	101,3	0	101,3
24	PDL01-118/S04A	119,7	0	119,7
25	PDL01-118/S08B	74,9	0	74,9
26	PDL01-118/S08A	137	0	137
27	PDL01-127/S02	65	12,9	51
28	PDL01-127/S04A	80,3	0	80,3
29	PDL01-127/S04B	82,6	0	82,6
30	PDL01-148/S02	37,3	61	23,1
31	PDL01-148/S05	24	12,3	12,09
32	PDL01-148/U04	46,7	47,1	0,2
33	PDL01-148/U06A	70	49	20,8
34	PDL01-148/U09	47,4	56,5	8,9
35	PDL01-148/U09/B01	28,5	0	28,5
36	PDL01-148/U09/B03A	12	17,1	5,1
37	PDL01-148/U09/B03B	70	55,3	14,8
38	PDL01-148/U09/B04B	7	8,6	1,4
39	PDL01-148/U09/B04A	41,3	53,1	11,8
40	PDL01-148/U09/B05A	65	0	65
41	PDL01-148/U09/B05B	4,47	0	4,47
42	PDL01-148/U09/B07B	44,8	56	11,6
43	PDL01-148/U09/B07A	45,2	39,2	6,06
44	PDL01-148/U09/B05/U05B	54,5	30,3	24,3
45	PDL01-148/U09/B05/U05A	46,8	14	32,8

NO	Kode Lokasi Trafo Distribusi 1 fasa	Arus Kumparan sekunder (Ampere)		
		Ia	Ib	IN
46	PDL01-148/U16B	26,4	27,9	1,5
47	PDL01-148/U16A	35,8	22	13,7
48	PDL01-154/S07A	79,6	28,8	50,3
49	PDL01-154/S07B	39,4	22	21
50	PDL01-154/S09	35,2	38,5	15,4
51	PDL01-154/S12/B03	50	56	5,9
52	PDL01-154/S12/B05B	95,4	0	95,4
53	PDL01-154/S12/B05A	18,3	0	18,3
54	PDL01-154/S12/T01	40,2	25,2	15,2
55	PDL01-154/S12/T05/U05B	50,7	64	17,5
56	PDL01-154/S12/T12	18	3,9	14,7
57	PDL01-154/S12/T15	23,9	50,8	26,8
58	PDL01-154/S17	48,4	64,3	15,9
59	PDL01-154/S22	26,8	38,2	13,7
60	PDL01-154/S25	36	17,9	18
61	PDL01-154/S28	35	51,8	22,6
62	PDL01-79/S04	40,4	37	15,5
63	PDL01-79/S05C	75,9	0	75,9
64	PDL01-79/S05B	106,2	0	106,2
65	PDL01-79/S05A	110,5	0	110,5

Untuk trafo yang hanya dibebani salah satu kumparan saja, dalam kasus ini kumparan A, maka arus mengalir pada penghantar netral trafo sama dengan arus fasa itu sendiri, sebagai contoh pada kasus trafo dengan beban hanya pada kumparan A dengan arus fasa A adalah 110,5 ampere maka arus netralnya juga sama yaitu 110,5 ampere. Pada kasus pembebanan yang hampir seimbang antara kumparan A dan kumparan B yaitu pada arus seimbang dengan kumparan A adalah 46,7 ampere dan kumparan B adalah 47,1 ampere maka arus netral hanya 0,2 ampere saja. Hasil perhitungan terhadap arus netral tersebut memperlihatkan bahwa rata-rata kumparan A dibebani oleh beban yang lebih besar dibandingkan dengan kumparan B.

4.3 Potensi rugi-rugi daya penghantar netral

Mengalirnya arus netral akan mengakibatkan terjadinya rugi-rugi pada netral. Pada sistem 1 fasa pada dasarnya arus fasa sama dengan arus netralnya, namun pada kasus trafo distribusi dengan dua kumparan sekunder maka arus netral yang menuju trafo dipengaruhi oleh pembebanan pada masing-masing kumparan sekunder dari trafo tersebut.

Untuk menghitung potensi rugi-rugi daya pada penghantar netral diambil pembatasan masalah dengan pertimbangan factor data saluran tegangan rendah yang luas dan kompleks,

Tabel 3 Potensi rugi-rugi penghantar netral

Potensi rugi-rugi penghantar netral dari titik awal percabangan menuju trafo					
No	Kode Lokasi Trafo	Rugi-rugi (watt)	No	Kode Lokasi Trafo	Rugi-rugi (watt)
1	PDL01-42/S01	38,3	34	PDL01-148/U09	3,5
2	PDL01-104/U02/B01	15,3	35	PDL01-148/U09/B01	36,0
3	PDL01-104/U05	0,7	36	PDL01-148/U09/B03A	1,2
4	PDL01-104/U06A	63,6	37	PDL01-148/U09/B03B	9,7
5	PDL01-104/U06B	53,3	38	PDL01-148/U09/B04B	0,1
6	PDL01-118/U05B	22,4	39	PDL01-148/U09/B04A	6,2
7	PDL01-118/U05A	170,3	40	PDL01-148/U09/B05A	187,2
8	PDL01-118/U06B	181,5	41	PDL01-148/U09/B05B	0,9
9	PDL01-118/U06A	394,8	42	PDL01-148/U09/B07B	6,0
10	PDL01-118/U06/B04C	48,5	43	PDL01-148/U09/B07A	1,6
11	PDL01-118/U06/B04B	394,8	44	PDL01-148/U09/B05/U05B	26,2
12	PDL01-118/U06/B04A	13,1	45	PDL01-148/U09/B05/U05A	47,7
13	PDL01-118/U07A	13,9	46	PDL01-148/U16B	0,1
14	PDL01-118/U07B	16,0	47	PDL01-148/U16A	8,3
15	PDL01-118/U09B	71,9	48	PDL01-154/S07A	112,1
16	PDL01-118/U09A	697,7	49	PDL01-154/S07B	19,5
17	PDL01-118/U10B	14,0	50	PDL01-154/S09	10,5
18	PDL01-118/U10A	13,3	51	PDL01-154/S12/B03	1,5
19	PDL01-118/U11B	9,3	52	PDL01-154/S12/B05B	403,2
20	PDL01-118/U11A	96,6	53	PDL01-154/S12/B05A	14,8
21	PDL01-118/U15	211,5	54	PDL01-154/S12/T01	10,2
22	PDL01-118/S01	14,4	55	PDL01-154/S12/T05/U05B	13,6
23	PDL01-118/S04B	454,6	56	PDL01-154/S12/T12	9,6
24	PDL01-118/S04A	634,7	57	PDL01-154/S12/T15	31,8
25	PDL01-118/S08B	248,5	58	PDL01-154/S17	11,2
26	PDL01-118/S08A	831,5	59	PDL01-154/S22	8,3
27	PDL01-127/S02	115,2	60	PDL01-154/S25	14,4
28	PDL01-127/S04A	285,7	61	PDL01-154/S28	22,6
29	PDL01-127/S04B	302,3	62	PDL01-79/S04	10,6
30	PDL01-148/S02	23,6	63	PDL01-79/S05C	255,2
31	PDL01-148/S05	6,5	64	PDL01-79/S05B	499,6
32	PDL01-148/U04	0,0	65	PDL01-79/S05A	540,9
33	PDL01-148/U06A	19,2			

, maka perhitungan rugi-rugi daya hanya berdasarkan pada penghantar netral yang berasal dari titik awal percabangan menuju trafo yang diasumsikan berjarak 100 meter dengan resistansi penghantar netral 0,443 ohm/km. Nilai ini diasumsikan semua untuk seluruh trafo distribusi 1 fasa. Tabel 3 memperlihatkan hasil perhitungan potensi rugi daya penghantar netral. Terlihat dalam tabel tersebut besarnya rugi-rugi daya dipengaruhi oleh pembebanan pada kedua kumparan sekundernya. Rugi daya terbesar terjadi pada trafo nomor urut 26 dalam tabel diatas dimana terjadi pembebanan hanya dikumparan A saja dengan aruspada kumparan A sebesar 136 ampere, sedangkan arus kumparan B adalah 0 ampere karena tidak dibebani, akibatnya tidak terjadi pengurangan arus, sehingga rugi-rugi penghantar netral mencapai 831,5 watt, sementara rugi-rugi penghantar 0 watt terjadi pada kasus trafo nomor urut 32, hal ini karena pembebanan diantara kedua kumparan nyaris seimbang yaitu 46,7 ampere untuk kumparan A dan 47,1 ampere untuk kumparan B, dengan arus netral hanya 0,2 ampere saja. Rugi-rugi netral total adalah 7801,2 watt atau sama dengan 7,8 kW, yang mana rugi-rugi daya ini hanya perkiraan secara pendekatan saja karena hanya memperhitungkan jarak antara titik awal percabangan sampai ketitik terminal netral trafo, tidak memperhitungkan rugi-rugi daya penghantar netral pada setiap titik cabang maupun seksi-seksi saluran. Berdasarkan hasil perhitungan tersebut maka sistem jaringan tegangan rendah perlu dilakukan penyeimbangan beban pada kumparan sekundernya, terutama untuk perbedaan keseimbangan beban yang cukup besar. Pada trafo yang hanya kumparan A saja yang baru dibebani, maka jika ada penambahan beban, maka sebaiknya diambil dari kumparan B yang belum terbebani agar terjadi keseimbangan beban.

4. KESIMPULAN

- a. Pada Penyulang PD01 Gardu Induk Pandean Lamper yang menyulai beban-beban 1 fasa melalui trafo distribusi 1 fasa dengan sistem jaringan tegangan rendah 1 fasa, 3 kawat memiliki perbandingan pembebanan antara kumparan A dan kumparan B pada bagian sekunder trafo yang cukup besar perbedaannya dimana untuk perhitungan secara total adalah : kumparan A terbebani 611,24 kVA dan kumparan B terbebani 367,29 kVA. Keadaan ini menimbulkan arus yang mengalir rata-rata pada setiap trafo cukup besar.
- b. Keseimbangan pembebanan pada trafo distribusi dengan dua buah kumparan sekunder memegang peranan yang penting untuk mereduksi rugi-rugi daya pada penghantar netral, karena arus netral yang mengalir menuju terminal trafo merupakan selisih arus fasa pada masing-masing.
- c. Potensi rugi daya yang terjadi pada penghantar netral akibat ketidakseimbangan beban adalah 7,8 kW. Nilai tersebut dihitung dari titik awal percabangan beban ketitik netral terminal trafo distribusi 1 fasa

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Andy Rafianto. (1998). PLN GI Kaliwungu. *Pengaruh Perlakuan Panas Dan Penuaan*, 5–18.
- [2] Insan Hakim maliki Priangga. (2016). *Fakultas Teknik Abstract The Unbalanced Load Analysis On Power Losses On 20 Kv Line And Distribution Transformers (Case Study On Badai Feeder In Teluk Betuk Substation)* By. 51–52.
- [3] Julianto, E. (2016). Studi Pengaruh Ketidakseimbangan Pembebanan Transformator Distribusi 20KV PT PLN (PERSERO) Cabang Pontianak. *Jurnal Teknik Elektro, 1*, 1–6.
- [4] Lebih, B., Estimasi, D. A. N., & Rendah, J. T. (2014). Analisis Ketidakseimbangan Beban Transformator Distribusi Untuk Identifikasi Beban Lebih Dan Estimasi Rugi-Rugi Pada Jaringan Tegangan Rendah. *Singuda ENSIKOM, 7*(3), 137–142.
- [5] Politeknik Negeri Bandung. (2018). Sistem Distribusi. *E-Conversion - Proposal for a Cluster of Excellence*.
- [6] Sentosa Setiadji, J., Machmudsyah, T., & Isnanto, Y. (2008). Pengaruh Ketidakseimbangan Beban Terhadap Arus Netral dan Losses pada Trafo Distribusi. *Jurnal Teknik Elektro, 7*(2). <https://doi.org/10.9744/jte.7.2.68-73>
- [7] Universitas Sumatera Utara. (n.d.). *Bab ii gardu trafo distribusi*.
Willian D. Stevenson. JR. (1983). Analisa Sistem Tenaga. *Lembaga Penerbitan Universitas Brawijaya, 1*(1), 1–239.
- [8] Yondri, S., Artono, T., & Sari, H. P. (2013). Pengaruh Penyeimbangan Beban Trafo Distribusi Terhadap Arus Netral. *Elektron : Jurnal Ilmiah, 5*(1), 1–8. <https://doi.org/10.30630/eji.5.1.37>

Lamprian II

ANALISA KETIDAKSEIMBANGAN PEMBEBANAN
TRANSFORMATOR DISTRIBUSI SATU FASA PADA
PENYULANG PDL-01 GI PANDEAN LAMPER TERHADAP
POTENSI RUGI-RUGI DAYA PENGHANTAR NETRAL

4/11/2020

ORIGINALITY REPORT



PRIMARY SOURCES

1	www.scribd.com Internet Source	6%
2	es.scribd.com Internet Source	4%
3	eprints.ums.ac.id Internet Source	3%
4	docplayer.info Internet Source	2%
5	repository.usu.ac.id Internet Source	2%
6	digilib.batan.go.id Internet Source	2%
7	pt.scribd.com Internet Source	1%
8	jurnal.untan.ac.id Internet Source	1%

9	id.123dok.com	1%
	Internet Source	
10	www.radarcilacap.com	1%
	Internet Source	
11	Submitted to Sultan Agung Islamic University	1%
	Student Paper	

Exclude quotes Off Exclude matches < 1%
 Exclude bibliography Off



Lampiran III



FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI

Univomilui Idom Svttten gunp {UHISUt}

BIMBINGAN MAHASISWA

Dosen Pembimbing : Dedi Nugroho, S.T.,M.T.

NAMA MHS : EMA RAHMAWATI







NIM : 30601301401




Jurusan : Teknik Elektro

No	TANGGA	KETERANGAN	TTDDOSEN
	12 oktober 2020	ditambahin saja dengan teori tmfo distribusi 1 fasa	
2	18 oktober 2020	Ya setelah saya lihat videomu, ada kesalahan karena beban yg dikumparan atas diputus sedang beban dikumparan bawah malah hilang, jadi Odak ada beban sama sekali. Gini aja oiudahnya misalnya kumparan yang diatas ada beban 20.kw 10 kvar, sedangkan kumpaparan dibawahnya tidak ada beban atau nol, maka pada beban nol jangan diubah parameterliya jadi nol tapi cuinip diputuskan garis gunungnya sani saja	
3	25 oktober 2020	Ya bab dua sudah baik , selesaikan saja bab 3 dan bab 4 nya sesuai revis yg sudah saya berikan	
4	26 oktober 2020	tinggal tambahkan sedikit analisa atau pembahasannya, ya anda perhatikan dan cennati oja data data dari abel baik sebelum dan setelah disimulasikan, nah dari situ akan muncul ide untuk menulis pembahasannya. Kemudian lanjutkan ke bab 5. Kesimpulan	
5	5 November	Laporan oke, persiapkaalah artikel untuk publikasi	

LEMBAR BIMBINGAN MAHASISWA

Dosen Pembimbing I : Ir. Ida Widhiastuti, M.T.
 Nama Mhs : Ema Rahmawati
 Nim : 30601301401
 Jurusan : Teknik Elektro

NO	TANGGAL	KETERANGAN	TTDDOSEN
1.	6 Oktober 2020	Bab I : 1. apa yang ingin disamapaikan ? masalah apa terjadi di GI pandean lamper ? sesuai akan dengan tujuan yang akan dicapai yang sdh ditulis ada masalah ketidakseimbangan beban yang terjadi GI pandan lamper. Sajikan data masalahnya GI Jaringan distribusiberapa KV ? 2. Latar belakang masalahnya blm muncul 3. Bukan Hipotesis tapi Metodologi Penelitian cara/ tahapan yag dilakukan untuk mendapatkan rumusan masalah yang akan terjawab di kesimpulannya.	
2.	7 Oktober 2020	Bab I : kirim Ulang 1 belum direvisi sama sekali 2. latar belakang juga idem 3. hipotesis dihapus Metodologinya tidak ditambahin.... ?	
3.	8 Oktober 2020	Bedakan Tinjauan Pustaka dengan dasar Teori. Yang ditulis adalah dasar teori. Jadi perlu ditambah dengan tinjauan Pustaka berupa review jurnal	
4.	25 oktober 2020	Buat dulu bab 4 selesaiakn dengan pak Dedi, klo sdh dapat hitungannya baru bab 1, 2 dan 3 Menyesuaikan	
5.	4 November 2020	1. Kirim bab 1 s/d 4 untuk cek turnitin terlebih dahulu. 2. Sambil paprarel siapkan makalalag dan persyaratam administrasi lainnya.	
6.	6 november 2020	Turnitin 31 % revisi bagian yang blok warna merah	

7.	9 November 2020	<p>1. Turnitin ok 21 %</p> <p>2. Makalah ikuti templetnya (abstrak menggambarkan 3 hal : latar belakang, metodologi dan kesimpilannya, tambahkan tinjauan pustakanya & tidak ada ucapan terimakasih yang bersifat standar) direvisi yang saya beri tanda. Baca jurnal2 ilmiah secara online.</p> <p>Caranya dibaca dahulu pahami maknanya ... kmu buat kalimatnya dengan makna yg sama (menceritakan kembali apa yg dibaca & dipahami)</p>	
8.	10 November 2020	<p>Coba diasistensi dulu ke pembimbing/ Pak dedi ... Klo sdh ACC di submit ke jurnal (searching " jurnal teknik Elektro")</p>	
9.	17 November 2020	<p>Makalah suh submitted segera daftar seminar hasil</p>	



Lampiran IV



YAYASAN BADAN WAKAF SULTAN AGUNG
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG (UNISSULA)

Jl. Raya Kaligawe Km.4 Semarang 50112 Telp.(024)
6583584 (8 Sal) Fax.(024) 6582455 email:

informasi@unissula.ac.id

web : www.unissula.ac.id

Fakultas Teknologi Industri

Bismillah Membangun Generasi Khaira Ummah

LEMBAR REVISI dan TUGAS UJIAN SARJANA

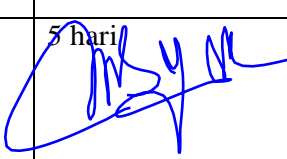
Berdasarkan Rapat Tim Penguji Ujian Sarjana

Hari : Rabu
Tanggal : 23 Desember 2020
Tempat : Online

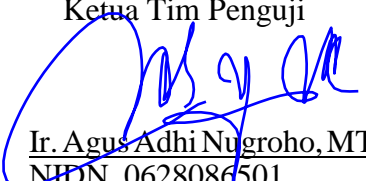
Memutuskan bahwa mahasiswa :

Nama : Ema Rahmawati
NIM : 30601301401
Judul TA : Analisa Ketidakseimbangan Pembebanan Transformator
Distribusi Satu Fasa pada Penyulang PDL-01 GI Pandean
Lamper Terhadap Potensi Rugi-Rugi Daya Penghantar
Netral

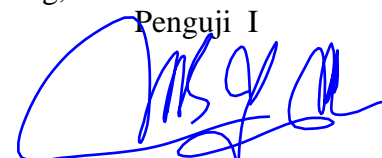
wajib melakukan perbaikan dan membuat tugas seperti tercantum
dibawah ini:

NO	REVISI	BATAS REVISI
	Kesimpulan 1 , 2, sesuaikan dg tujuan ta ini. Dasar teori matlab di bab2. Tunjukkan aplikasi berjalan pada matlab. Pemahaman Arus, tegangan, kva, kw dll	5 hari 

Mengetahui,
Ketua Tim Penguji


Ir. Agus Adhi Nugroho, MT
NIDN. 0628086501

Semarang, 23 Desember 2020
Penguji I


Ir. Agus Adhi Nugroho, MT
NIDN. 0628086501



YAYASAN BADAN WAKAF SULTAN AGUNG
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG (UNISSULA)
Jl. Raya Kaligawe Km.4 Semarang 50112 Telp.(024)
6583584 (8 Sal) Fax.(024) 6582455 email:
informasi@unissula.ac.id web : www.unissula.ac.id

Fakultas Teknologi

Bismillah Membangun Generasi Khaira

LEMBAR REVISI dan TUGAS UJIAN SARJANA

Berdasarkan Rapat Tim Penguji Ujian Sarjana



Hari : Rabu
Tanggal : 23 Desember 2020
Tempat : Online

Memutuskan bahwa mahasiswa :

Nama : Ema Rahmawati
NIM : 30601301401
Judul TA : Analisa Ketidakseimbangan Pembebanan Transformator
Distribusi Satu Fasa pada Penyulang PDL-01 GI Pandean
Lamper Terhadap Potensil Rugi-Rugi Daya Penghantar Netral

wajib melakukan perbaikan dan membuat tugas seperti tercantum dibawah ini:

NO	REVISI	BATAS REVISI
1.	Abstrak	
2.	Latar Belakang	
3.	Tinjauan Pustaka	
4.	Dasar Teori	
5.	Model, Flowchart	

NO	TUGAS
	<div style="text-align: right;"> </div>

Mengetahui,
Ketua Tim Penguji

Ir. Agus Adhi Nugroho, MT

NIDN. 0628086501

Semarang, 23 Desember 2020
Penguji, II

Dr. Ir. H. Muhamad Haddin, MT

NIDN. 061806630



**YAYASAN BADAN WAKAF SULTAN AGUNG
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG (UNISSULA)**

Jl. Raya Kaligawe Km.4 Semarang 50112 Telp.(024)

6583584 (8 Sal) Fax.(024) 6582455 email:

informasi@unissula.ac.id

web : www.unissula.ac.id

Fakultas Teknologi

Bismillah Membangun Generasi Khaira

LEMBAR REVISI dan TUGAS UJIAN SARJANA

Berdasarkan Rapat Tim Penguji Ujian Sarjana

Hari : Rabu
Tanggal : 23 Desember 2020
Tempat : Online

Memutuskan bahwa mahasiswa :

Nama : Ema Rahmawati
NIM : 30601301401
Judul TA : Analisa Ketidakseimbangan Pembebanan Transformator
Distribusi Satu Fasa pada Penyulang PDL-01 GI Pandean
Lamper Terhadap Potensi Rugi-Rugi Daya Penghantar Netral

wajib melakukan perbaikan dan membuat tugas seperti tercantum
dibawah ini:

NO	REVISI	BATAS REVISI
	Tabel perhitungan diperiksa lagi jangan melompat2 Font table juga sebaiknya fontnya sama Time New Romans Sitasi menggunakan mendeley untuk daftar pustaka Menjelaskan terjadinya ketidakseimbangan pada trafo	ACC Semarang, 12/201/ <i>Munaf</i>

Mengetahui,
Ketua Tim Penguji

Ir. Agus Adhi Nugroho, MT

NIDN. 0628086501

Semarang, 23 Desember 2020

Penguji, III
Munaf

Munaf Ismail, ST, MT

NIDN. 210616054

Lampiran V

SURAT BEBAS FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI

Nama : Ema Rahmawati
NIM : 30601301401
Program Studi : Teknik Elektro

Dinyatakan Lulus pada Tgl: _____	
<u>Munaf Ismail, S.T., M.T.</u> Adm. TA	
Surat Bebas Peminjaman Buku Perpustakaan FTI <u>Sri Umiyati</u> Petugas FTI	Penyerahan Sumbangan Alumni <u>Indah Setiawati</u> Petugas FTI
Surat Bebas Pengumpulan Laporan Tugas Akhir dan CD <u>Sri Umiyati</u> Petugas FTI	Surat Bebas Penyerahan Alat / CD Program Tugas Akhir <u>Akhmad Syakhroni, S.T., M. Eng</u> Wakil Dekan I FTI
Surat Bebas Peminjaman Peralatan Lab. Teknik Elektro FTI <u>Ir. Ida Widihastuti, M. T.</u> Ka. Prodi Teknik Elektro	Surat Bebas Peminjaman Peralatan Lab. Teknik Industri FTI <u>Nurwidiana, S.T., M.T.</u> Ka. Prodi Teknik Industri
Surat Bebas Peminjaman Peralatan Lab. Teknik Informatika FTI <u>Imam Much Ibnu S., S.T, M.Sc, Ph.D</u> Ka. Prodi Teknik Informatika	Surat Bebas Lunas Administrasi <u>Wiwiek Fatmawati, S.T, M.Eng</u> Wakil Dekan II FTI

