

ANALISIS PENGGUNAAN AUTO BUS TRANSFER SISTEM PADA 10 kV BUS PADA SWITCHGEAR DI PLTU PAITON UNIT 1 DAN 2

¹Nanang Qosim, ²Irrine Budi Sulistiawati
Institut Teknologi Nasional, Malang, Indonesia
¹nanangq272@gmail.com, ²irrine@lecturer.itn.ac.id

Abstract— Bus Transfer System (BTS) adalah proses yang dirancang untuk memberikan kelangsungan penyaluran energi listrik pada alat – alat kelistrikan di pembangkit seperti motor – motor listrik yang di pasang pada bus bila transfer di bus dari sumber listrik generator ke sumber listrik PLN (alternatif) secara automatic apa bila digenerator terjadi pemeliharaan. Switchgear pada prinsipnya sama dengan panel distribusi, yaitu mendistribusikan beban ke panel-panel yang besar maupun kapasitas kecil. Panel Tegangan Menengah (PTM) atau juga disebut MVMD (Medium Voltage Main Distribution Board) dan untuk tegangan rendahnya disebut LVMD (Low Voltage Main Distribution Board). Pada jurnal ini membahas yang hanya dibatasi menganalisis pada jenis Auto Bus Transfer System Fast Transfer dan Inphase Transfer. Sehingga diperoleh hasil penelitian untuk Fast Transfer dengan menghasilkan 7,5 cycle dengan ukuran waktu 0,15 detik kemudian untuk Inphase Transfer menghasilkan 50 cycle dengan ukuran waktu 2 detik selama percobaan 3 detik

Kata Kunci— *Bus Transfer Sistem, Switchgear, Generator, Fast Transfer, Inphase Transfer*

1. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Pada pembangkit listrik terdiri generator dan alat – alat yang disuplai oleh generator seperti *force draft fan, induced draft fan, cooling water pump, boiler feedwater pump* dan sebagainya. Alat-alat ini merupakan alat yang penting dalam proses pembangkitan listrik, jika alat tersebut tidak beroperasi akan menimbulkan berkarat dan keropos pada pipa – pipa dipompa air dan menimbulkan kerugian modal besar, pemborosan material, sehingga alat tersebut harus selalu tersuplai oleh listrik. Namun generator tidak selamanya menyuplai karena diperlukan pemeliharaan atau perbaikan, sehingga diperlukan sumber listrik alternatif.

Pada pembangkit PLTU Paiton Unit 1 dan 2 memiliki 2 unit turbo generator besar dengan bahan bakar batubara dengan kapasitas sebesar 2x400 MW atau sama dengan 800 MW. Listrik yang

dihasilkan oleh PLTU Paiton akan dijual ke PLN dan di pakai sendiri. Listrik yang akan dipakai sendiri memiliki tegangan 10 kV, pada setiap bus memiliki beban motor-motor listrik (kebanyakan motor induksi) seperti motor-motor listrik sebagai alat bantu di turbin, boiler dan lain-lain. Sehingga apabila terjadi pemeliharaan di generator maka perlu sumber listrik dari PLN (alternatif) untuk menyuplai listrik pada motor – motor listrik.

Bus Transfer System (BTS) dirancang untuk memberikan kelangsungan proses pada beban yang melekat pada bus motor saat mentransfer bus dari sumber listrik generator ke sumber listrik alternatif. BTS secara langsung memberikan kontribusi untuk menghindari kerugian modal besar yang terkait dengan pemborosan material saat terjadi pemeliharaan dalam kesinambungan proses, dan menghindari biaya operasi dan pemeliharaan yang besar serta penundaan yang terkait dengan proses ulang. BTS juga menjaga terhadap potensi bahaya keamanan yang terkait dengan gangguan secara tiba-tiba[1].

Bus transfer paling baik dipakai berdasarkan operasi otomatisnya pada kontingensi dari sumber listrik utama yang saat ini melayani beban motor induksi, sehingga sumber listrik utama terputus dari bus motor, dan sumber listrik alternatif yang tersedia terhubung ke bus motor. Tindakan seperti itu yang menghindari hilangnya kontinuitas proses sangat diinginkan, asalkan tidak membahayakan peralatan dari keseluruhan sistem kelistrikan[1].

PLTU Paiton unit 1 dan 2 merupakan salah satu pembangkit yang menggunakan sumber listrik cadangan untuk menyuplai keperalatan pembangkitan listrik apabila terjadi pemeliharaan atau perbaikan. Untuk saat pemeliharaan pada generator terjadi pemindahan sumber listrik dari generator ke sumber listrik alternatif, diperlukan analisa penggunaan auto bus transfer sistem dengan memperhatikan waktu dan tahanan jatuh dalam batasan yang diijinkan.

B. Rumusan Masalah

Permasalahan yang akan dibahas dalam skripsi ini pemindahan sumber listrik dari generator ke sumber listrik alternatif, saat

generator mengalami pemeliharaan maka perlu sumber listrik alternatif untuk menyuplai pada alat – alat pembangkitan:

1. Berapa besar tegangan yang turun pada bus 10 kV PT. PJB akibat pemindahan sumber listrik dari generator ke sumber listrik PLN (alternatif)
2. Bagaimana menentukan karakteristik voltage bus saat transfer

C. Tujuan

Pada tujuan dalam skripsi ini untuk menjaga sumber listrik dari generator apabila mengalami pemeliharaan maka perlu sumber listrik alternatif untuk menyuplai pada alat – alat pembangkitan:

1. Untuk mengetahui besar tegangan yang turun di bus 10 kV PT. PJB akibat pemindahan sumber listrik dari generator ke sumber PLN (alternatif)
2. Untuk menentukan karakteristik voltage bus saat transfer disetting pada ABS utama dengan waktu detik 1 (open), ABS (alternatif) disetting dengan waktu detik 2 (close) percobaan simulasi selama 3 detik

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Bus Transfer Sistem

Bus Transfer System (BTS) dirancang untuk memberikan kelangsungan proses pada beban yang melekat pada bus motor saat mentransfer bus dari sumber listrik generator ke sumber listrik alternatif[1].

• Macam – macam Transfer

Bus transfer system pada umumnya dikategorikan dalam tiga jenis, tergantung pada waktu circuit terbuka yang diperlukan untuk transfer. Transfer paralel (*Hot Bus Transfer*), *Fast Transfer*, dan *Delayed Transfer*.

➤ *Paralel Transfer*

Paralel transfer (*Hot Bus Transfer*) adalah metode transfer untuk proses dari sumber listrik utama ke sumber listrik alternatif. Metode ini yang secara luas digunakan pada waktu paralel antara 2 sumber listrik di pembangkit listrik dilakukan sewaktu generator mengalami pemeliharaan, pembangkit listrik memindahkan motor listrik dari sumber listrik utama generator ke sumber alternatif melalui masing masing Circuit Breaker pemindahan breaker ini disebut “*MAKES BEFORE BREAK*”

Persyaratan transfer paralel (*Hot Bus transfer*) sebaiknya relai dapat pemeriksaan sinkronisasi untuk memastikan bahwa perbedaan fase di pemutus pada bus berada dalam batas yang dapat diterima sebelum transfer dan juga bisa menggunakan synchro-check relay untuk dapat mengetahui perbedaan fase, pada tegangan & phase angle dari sumber listrik utama (*Main Source*) dengan alternatif (*Alternatif Source*). Tanpa adanya synchro check relay (*Permissive Relay*) suatu perbedaan tegangan dan fase yang besar dari sumber listrik yang melalui sistem bus dapat

menyebabkan kerusakan pada motor listrik dan peralatan di bus sistem tersebut[3].

➤ *Fast Transfer*

Pada transfer cepat melibatkan membukanya CB utama sebelum menutup CB alternatif. Sumber listrik yang lain atau pemindahan breaker ini disebut (*BREAK BEFORE MAKES*). Sehingga menghindari masalah yang terkait dengan transfer paralel. Pada durasi 170 ms setelah CB utama (main breaker, I/CI breaker) membuka pada waktu 10 ms namun harus benar - benar terputus dari sumber listrik untuk waktu yang singkat.

Fast Transfer mensyaratkan pemeriksaan suatu High Speed Synchrocheck Relay untuk meyakinkan bahwa perbedaan Sudut Fasa (phase angle) antara tegangan bus motor (Motor Bus Voltage) dengan tegangan sumber listrik alternatif (Alternatif Source) atau sumber listrik baru (New Source) didalam batas yang memungkinkan sebelum menutupnya breaker CB Alternatif dari sumber listrik alternatif dalam waktu secepat mungkin[3].

➤ *Delayed Transfer*

Delay Transfer adalah transfer tertunda terdiri dari 2 jenis transfer yang berbeda, yaitu IN PHASE dan RESIDUAL VOLTAGE.

In phase transfer pada dasarnya sinkronisasi otomatis dengan kecepatan tinggi antara tegangan di bus motor dan sumber listrik alternatif. Alternatif Source Breaker harus menutup, pada waktu sudut fase 0 (Zero) menurunkan perbedaan besarnya tegangan magnitude antara sumber listrik baru (New Source) dengan tegangan bus yang ada.

Residual Voltage adalah menunggu sampai tegangan di bus turun di bawah yang telah ditentukan sebelum menutup dengan menunggu sampai tegangan rendah minimum 25% tegangan yang dihasilkan pemutus alternatif dikurangi hingga maksimum 1,25 p.u pada saat di sebagian besar bus turun. Teknik ini lebih lambat dari pada metode-metode diatas [3].

B. Switchgear

Switchgear adalah suatu sistem proteksi yang digunakan untuk menjaga kelangsungan pasokan listrik pada PLTU. Switchgear merupakan circuit breaker yang digunakan sebagai penghubung dan pemutus beban listrik.

Circuit Breaker adalah peralatan pada sistem tenaga listrik yang digunakan sebagai pemutus atau penghubung pada rangkaian sistem tenaga listrik dan sisi beban yang dapat bekerja secara otomatis ketika terjadi gangguan atau sedang dalam perawatan atau perbaikan[7].

C. Transformator

Transformator adalah suatu peralatan pada sistem tenaga listrik untuk mengubah tegangan arus bolak - balik dari satu tingkat ke tingkat yang lain. Misal trafo 18 kV di *Step Up* menjadi 500 kV atau trafo 18 kV di *Step Down* menjadi 10 kV. Trafo memiliki 3 kumparan yaitu Primer, Sekunder dan Tersier[7]

- **Perhitungan Arus Beban Penuh**

Daya transformator dapat dilihat dari sisi tegangan yang tinggi dapat dirumuskan sebagai berikut[8]:

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

Dimana :

P : Daya Transformator (kVA)

V : Tegangan Sisi Primer Pada Transformator (kV)

I : Arus Jala-Jala (A)

Sehingga untuk menghitung arus beban penuh (*full load*) dapat menggunakan rumus:

$$I_{FL} = \frac{P}{\sqrt{3} V}$$

D. Daya

Daya adalah energi yang dibangkitkan atau laju energi yang dihantarkan selama melakukan usaha. Daya memiliki satuan yaitu Joule/detik atau watt. Beban listrik yang terpakai ditentukan oleh reaktansi (R), induksi (L), dan kapasitansi (C). Se dangkan besarnya pemakaian energi listrik diseba bkan oleh banyak dan beraneka ragamnya beban listrik yang dipakai dalam industri.

- **Daya Nyata (P)**

Daya nyata adalah daya listrik yang diguna kan untuk melakukan energi yang sebenarnya[9].

Rumus daya 1 fasa

$$P = V \times I \times \cos\phi$$

Rumus daya 3 fasa

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

Keterangan :

P = Daya Nyata (Watt)

V = Tegangan (Volt)

I = Arus yang mengalir (Amper)

$\cos\phi$ = Faktor Daya

- **Daya Reaktif (Q)**

Daya reaktif merupakan selisih antara daya se mu yang masuk pada penghantar dengan daya aktif pada penghantar itu sendiri atau daya yang diper lukan untuk pembentukan medan magnet. Daya reaktif ini adalah hasil kali antara besarnya arus dan tegangan yang dipengaruhi oleh faktor daya[9].

Rumus daya reaktif 1 fasa

$$Q = V \times I \times \sin\phi$$

Rumus daya reaktif 3 fasa

$$Q = \sqrt{3} \times V \times I \times \sin\phi$$

Keterangan :

Q = Daya reaktif (VAR)

V = Tegangan (Volt)

I = Arus (Amper)

$\sin\phi$ = Faktor Daya

- **Daya Semu (S)**

Daya semu adalah daya listrik yang melalui suatu penghantar transmisi atau distribusi yang dimana hasil perkalian antara arus dan Tegangan yang melalui penghantar[9].

Rumus daya semu 1 fasa

$$S = V \times I$$

Rumus daya semu 3 fasa

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

Keterangan :

S = Daya semu (VA)

V = Tegangan (Volt)

I = Arus yang mengalir pada penghantar (Amper)

III. METODOLOGI PENELITIAN

Metode yang dilakukan dalam penelitian ini adalah analisis penggunaan auto bus transfer sistem pada 10 kv bus pada switchgear di PLTU paiton unit 1 dan 2 menggunakan *software* MATLAB.

Penelitian ini dilakukan di PT. PJB Paiton pada kelistrikannya saat bus transfer sistem.

Adapun langkah – langkah dari metode ini antara lain:

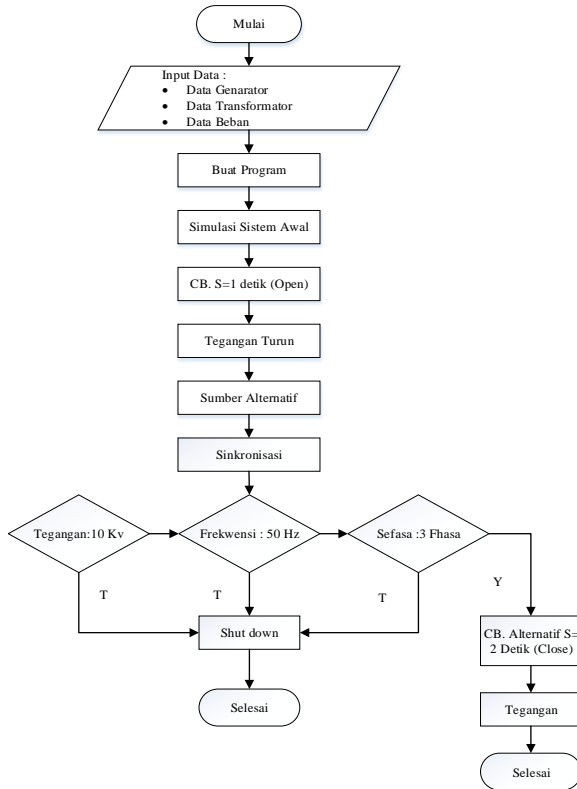
1. Studi literature
Mengumpulkan referensi dan jurnal – jurnal yang berhubungan dengan auto bus transfer system
2. Pengumpulan data
Mengumpulkan data-data yang mengenai sitem kelistrikan pada PT. PJB PAITON, baik *single line diagram* maupun spesifikasi peralatan (generator, motor, trafo, dan kapasitas pada bus bar serta beban dan single line diagram).
3. Pemodelan dan simulasi
Memodelkan sistem kelistrikan pada PT. PJB serta mensimulasikannya dengan *software* Matlab 2017a menganalisis Pemodelan dan simulasi ini dilakukan dengan tujuan menganalisis jenis Auto Bus Transfer
4. Analisis simulasi

Hasil yang didapatkan dari simulasi sebelumnya digunakan untuk menganalisa auto bus transfer sistem pada 10kV

5. Kesimpulan

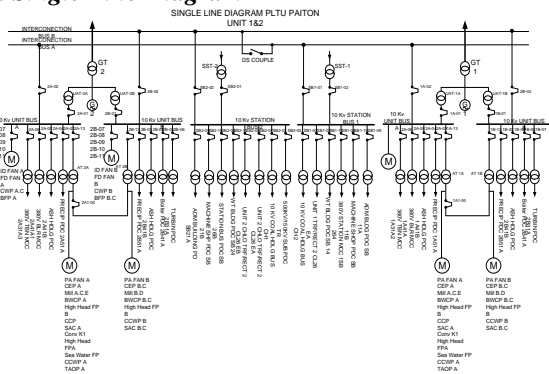
Memberikan kesimpulan mengenai perubahan tegangan jatuh (Voltage Dropped) di bus bila terjadi pemindahan sumber listrik dari generator ke sumber listrik PLN akibat pemeliharaan pada generator sebagai sumber utama di bus.

A. Flowchat



Gambar 3.1 Flowchart Penyelesaian Masalah

B. Single Line Diagram



Gambar 3.2 Single Line Diagram PT. PJB

Data Rating Name Plate Generator yang digunakan di PT. PJB Paiton

Tabel 3.1 Name Plate Generator

No	Item	Rating
1	Nominal Rated Capacity At 440kpag	473 MVA
2	Power Factor	0.9 Lagging
3	Number Of Phase	3
4	Number Of Poles	2
5	Frequncy	50 Hz
6	Rated Speed	3000 RPM
7	Terminal Voltage	4.880 kW
8	Short Circuit Ratio	Not Less Than 0.5 (802 MVA Base)
9	Insulation Class Stator	B
10	Insulation Class Rotor	B
11	Exitation With Thyristor	Static Exitation System With Thyristor
12	Direct Axis Transient Reactance (Xd')	85 %
13	Subtansient Reaxtance Saturated (Xd'')	98.50 %

Data Transformator yang digunakan di PT. PJB Paiton

Tabel 3.2 GT Data Rating

No	Item	Rating
1	Rated Capacity	473 MVA
2	Rated Frequency	50 Hz
3	Voltage Ratio	18 / 500 kV
4	Tap Voltage	± 5%
5	Tap Charger	Off Circuit

6	Impedance Voltage Positif Sequence Zero Sequence	16.5 % 16.5 %
7	Phase Connection	YND11
8	Method Of Cooling	Odaf
9	Grounding System	Solid Grounding At Transformer HV Side Neutral Point
10	System Fault Level (3 Phase) Hv Lv Duration	50 kA At 500 kV 120 kA At 21 kV 1 second

Tabel 3.3 Unit Transformer Data Rating

No	Item	Rating
1	Rated Capacity	54 MVA
2	Rated Frequency	50 Hz
3	Voltage Ratio	18 / 10 kV
4	Tap Voltage	± 10%
5	Tap Changer	On Load
6	Impedance Voltage	12.5 % At 54 MVA (Positif Squence Principal Tap)
7	Phase Connection	DYN11
8	Method Of Cooling	Onan
9	System Fault Level	282 kA (sym, Rms) At 21 kV
10	System Grounding	Through Resister Grounding Ngr Rating : 400A, 10 Sec, 15.2 ohm

Tabel 3.4 Station Backup Transformer
Data Rating

No	Item	Rating
1	Rated Capacity	54 MVA
2	Rated Frequency	50 Hz
3	Voltage Ratio	150 / 10 kV
4	Tap Voltage	± 10%
5	Impedance	12.5 % At 54 MVA (Positif Squence)
6	Grounding System : High Voltage Side Neutral Point Low Voltage Side NGR Rating	SOLIDLY GROUNDING Through Resister Grounding 400 A, 10 Sec, 15.2 ohm
7	Phase Connection	YNYND0
8	Method Of Cooling	ONAN/ONAF
9	System Fault Level	40 kA (Sym, Rms) At 150 kV

Tabel 3.5 Data Arus di 10 kV Beban A

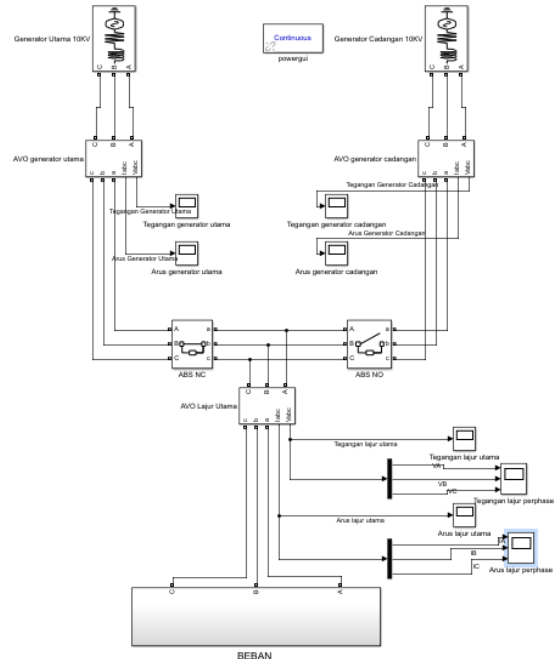
No	Equipme nt / Bus Name	Rating Current (ampere)			Highest Current (Ampere) (Inrush Current)		
		R	S	T	R	S	T
1	Incoming CB	15 05	14 49	15 05	49 03. 5	5043 .5	5132
2	ID Fan A	31 5.6	30 8.3	32 0.4	31 60. 8	3237 .6	2705 .4
3	FD Fan A	63. 9	61. 8	65. 1	90 8.7	752. 7	1037 .5
4	CW Pump A	19 6.4	18 1.6	19 0	18 81. 2	2023 .2	2110 .8
5	BF Pump A	61 1.2	60 8.7	62 1.2	35 31. 2	5075	5678 .7
6	PA Fan A	11 4.9	11 2.5	11 8.5	17 15. 7	1588 .2	1845 .9
7	CE Pump A	...	...	...	10 60. 4	1078	1091 .4
8	Mill A	78. 9	66. 3	48. 6	51 6.4	459. 1	541. 2
9	BWCP A	13 2	12 7.2	13 0.8	86 1	1292 .4	1002
10	High Head FP	16. 6	15	15. 4	67 2.8	1076 .6	804
11	CCP	...	...	...	53 76. 2	5506 .2	5730
12	SAC A	...	...	...	25 90	4494	4238 .5

13	Conv K1	66	65.1	66.6	498.9	683.7	732.6
14	High Head	15.9	15	14	278.1	283.6	298.9
15	FPA	18.2	16.6	17.8	916.8	832.2	539.6
16	Sea Water FP	13.8	13.4	13	176	297	265.3
17	CCWP A	8.9	7.9	9.1	248.8	250.2	196.1
18	TAOP A	...	...	...	265.1	274.4	233.4

Tabel 3.6 Data Arus di 10 kV Beban B

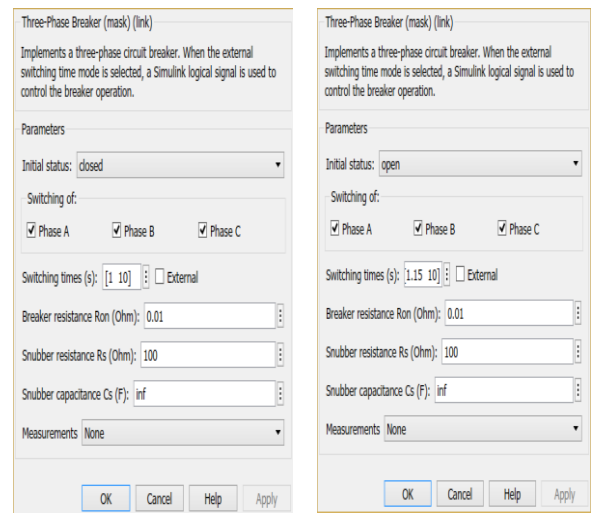
No	Equipment / Bus Name	Rating Current (ampere)			Highest Current (Ampere) (Inrush Current)		
		R	S	T	R	S	T
1	Incoming CB B	1505	1449	1505	4903.5	5043.5	5132
2	ID Fan B	315.6	308.3	320.4	3160.8	3237.6	2705.4
3	FD Fan B	63.9	61.8	65.1	908.7	752.7	1037.5
4	CW Pump B	196.4	181.6	190	1881.2	2023.2	2110.8
5	BF Pump B	611.2	608.7	621.2	3531.2	5075.2	5678.7
6	PA Fan B	114.9	112.5	118.5	1715.7	1588.2	1845.9
7	CE Pump B	...	...	...	1060.4	1078.4	1091.4
8	Mill B	78.9	66.3	48.6	516.4	459.1	541.2
9	BWCP B	132	127.2	130.8	861	1292.4	1002
10	High Head FP	16.6	15.4	15.4	672.8	1076.6	804
11	CCP	...	...	...	5376.2	5506.2	5730
12	SAC B	...	...	...	2590	4494	4238.5

C. SIMULASI SINGLE LINE DIAGRAM



Gambar 3.3 Simulasi Simulink Matlab

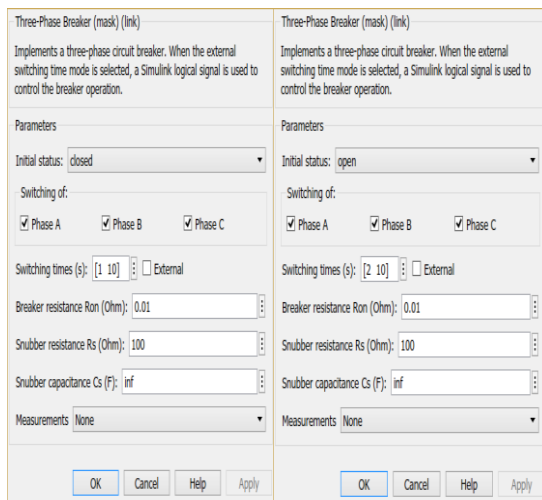
Pemodelan bus transfer sistem ada 2 model yang digunakan pada saat bus transfer sistem yaitu fast transfer, inphase transfer. Pada dasarnya pemodelannya sama, yang membedakan hanya waktu saat transfer. Pemodelan transfer di atas dalam keadaan normal jadi circuit breaker utama dalam kondisi *Normaly Close* (NC) sedangkan untuk circuit breaker alternatif dalam kondisi *Normaly Open* (NO).



Gambar 3.4 Cicuit breaker pada saat Fast Transfer

Pada circuit breaker fast transfer diatas untuk perancangan waktu pemindahan sumber listrik pada saat transfer di circuit breaker utama ke circuit breaker alternatif diatur 0.15 detik (1 detik – 1.15 detik). Sehingga pada saat running detik 1.15 posisi

circuit breaker alternatif akan NC dan circuit breaker utama akan NO.



Gambar 3.5 Circuit Breaker Pada Saat InPhase Transfer

Pada circuit breaker Inphase transfer diatas untuk perancangan waktu pemindahan sumber listrik pada saat transfer di circuit breaker utama ke circuit breaker alternatif diatur 2 detik (1 detik – 2 detik). Sehingga pada saat running detik 2 posisi circuit breaker alternatif akan NC dan circuit breaker utama akan NO.

D. Perhitungan

Perhitungan Daya Pada Beban A

Gambar 3.6 Perhitungan Daya Pada Beban A

Perhitungan Daya Pada Beban B

Gambar 3.7 Perhitungan Daya Pada Beban B

IV. ANALISIS HASIL

A. Analisa Tegangan Fase Pada Bus 10 kV

Dari sumber sendiri daya yang terpasang pada generator adalah 473 MVA dan yang dihasilkan 400 MW per unit. Sedangkan untuk pemakaian sendiri adalah 30 MW. Dengan tegangan yang dihasilkan pada generator adalah 18 kV. Untuk pemakain sendiri dari tegangan 18 kV diturunkan melalui UAT (Unit Auxiliary Transformer) menjadi 10 kV. Selanjutnya menuju ke breaker dan bus.

Sedangkan dari sumber PLN tegangan yang dipakai 150 kV dan kemudian di turunkan oleh Start Up Transformator menjadi 10 kV dan kemudian masuk ke Breaker dan Bus. Untuk 150 kV dari PLN hanya dipakai bila sewaktu unit shutdown.

Kedua generator menggunakan konfigurasi Y yang ditanahkan. Maka, nilai tegangan per phasanya adalah

$$V_{phase} = \frac{V_{line}}{\sqrt{3}}$$

$$V_{phase} = \frac{10kv}{\sqrt{3}}$$

$$V_{phase} = 5773,5026V$$

B. Analisa Daya Tiap Beban pada Bus 10 kV

Data yang didapatkan adalah kebutuhan arus yang terukur oleh alat ukur, sedangkan dalam simulink disimulasikan dalam daya aktif dan reaktif.

Maka digunakan rumus persamaan (3.9) untuk hasil daya aktif (Watt)

$$P = V_{phase} \times I_{phase} \times \cos(45^\circ)$$

$$P = 5773,5026 \times 5132 \times \cos 45^\circ$$

$$= 29629615,3432 \times 0,707$$

$$= 20948138,0476 \text{ watt}$$

Untuk hasil daya reaktif (VAR) digunakan persamaan rumus

$$Q = V_{phase} \times I_{phase} \times \sin(45^\circ)$$

$$Q = 5773,5026 \times 5132 \times \sin 45^\circ$$

$$= 29629615,3432 \times 0,707$$

$$= 20948138,0476 \text{ var}$$

Tabel 4.1 hasil perhitungan daya pada Beban A

No	Equipment / Bus Name	Arus (ampere)	Daya Aktif (watt)	Daya Reaktif (var)
1	Incoming CB A	5132	20951302.2666054	20951302.2666054
2	ID Fan A	3237.6	13217446.6520580	13217446.6520580
3	FD Fan A	1037.5	4235576.01356258	4235576.01356258
4	CW Pump A	2110.8	8617304.91511122	8617304.91511122
5	BF Pump A	5678.7	23183195.6705714	23183195.6705714
6	PA Fan A	1845.9	7535855.19367245	7535855.19367245
7	CE Pump A	1091.4	4455621.84212260	4455621.84212260
8	Mill A	541.2	2209439.74799043	2209439.74799043
9	BWCP A	1292.4	5276200.90595497	5276200.90595497
10	High Head FP	1076.6	4395201.09513395	4395201.09513395
11	CCP	5730	23392627.0435794	23392627.0435794
12	SAC A	4494	18346678.1734460	18346678.1734460
13	Conv K1	732.6	2990826.97593826	2990826.97593826
14	High Head	298.9	1220254.14019649	1220254.14019649
15	FPA	916.8	3742820.32697270	3742820.32697270
16	Sea Water FP	265.3	1083082.71460063	1083082.71460063
17	CCWP A	250.2	1021437.22274059	1021437.22274059

18	TAOP A	274.4	1120233.30903284	1120233.30903284
----	--------	-------	------------------	------------------

Tabel 4.2 hasil perhitungan daya pada Beban B

No	Equipment / Bus Name	Arus (ampere)	Daya Aktif (watt)	Daya Reaktif (var)
1	Incoming CB A	5132	20951302.2666054	20951302.2666054
2	ID Fan A	3237.6	13217446.6520580	13217446.6520580
3	FD Fan A	1037.5	4235576.01356258	4235576.01356258
4	CW Pump A	2110.8	8617304.91511122	8617304.91511122
5	BF Pump A	5678.7	23183195.6705714	23183195.6705714
6	PA Fan A	1845.9	7535855.19367245	7535855.19367245
7	CE Pump A	1091.4	4455621.84212260	4455621.84212260
8	Mill A	541.2	2209439.74799043	2209439.74799043
9	BWCP A	1292.4	5276200.90595497	5276200.90595497
10	High Head FP	1076.6	4395201.09513395	4395201.09513395
11	CCP	5730	23392627.0435794	23392627.0435794
12	SAC A	4494	18346678.1734460	18346678.1734460

C. Analisa Arus Breaker Pada Bus 10 kV

Bus adalah tempat kumpulan saluran – saluran yang diberi tegangan dan akan menuju ke saluran lainnya. Sebelum menuju ke bus maka harus ada alat untuk pengaman bus yaitu circuit breaker. Circuit Breaker berguna sebagai safety (pengaman) untuk bus, apabila ada tegangan, arus yang berlebihan maka akan (over current) yang menuju ke bus maka circuit breaker akan berfungsi sebagai open.

Tabel 4.3 Arus Breaker Pada Bus 10 kV

Arus Breaker Pada Bus 10 kV		
Sumber Incoming	Nama Breaker	Arus Breaker (Ampere)
UAT	CB 1A-02	5000
	CB 2B-02	
START UP	CB 1A-02	5000
	CB 2B-02	
	CB 1-01	
	CB 1-02	
CROSS TIE BREAKER	CB 1A-01	5000
	CB 1A-02	

D. Analisa Voc Pada Bus 10 Kv

Untuk mengetahui karakteristik pada bus transfer maka perlu menganalisa voltage open circuit (Voc) yang mana dapat dirumuskan menggunakan persamaan (2.2), yaitu :

$$V_{oc} = \sqrt{V_R^2 + \left(\frac{V_B}{f}\right)^2 - 2\frac{V_B}{f}V_R \cos(45^\circ)}$$

Sebelum Transfer

V (actual)	= 10 kV
V (base)	= 10 kV
Vpu	= Vactual / Vbase
f	= 50 Hz
VR	= 1 pu (asumsi pada 50Hz)
Cosφ	= 0,7071

$$V_{oc} = \sqrt{V_R^2 + \left(\frac{V_B}{f}\right)^2 - 2\frac{V_B}{f}V_R \cos(45^\circ)}$$

$$V_{oc} = \sqrt{10000^2 + \left(\frac{10000}{50}\right)^2 - 2\frac{10000}{50}10000 \cos(45^\circ)}$$

$$V_{oc} = 10003,83716 \text{ V}$$

$$V_{oc} = \frac{10003,83716}{100000} = 0,38 \text{ pu}$$

Saat Transfer

V (actual)	= 10 kV
V (base)	= 10 kV
Vpu	= Vactual / Vbase
Vpu	= 10 kV / 10 kV= 1 pu
f	= 50 Hz
VR	= 1 pu (asumsi pada 50Hz)
Cosφ	= 0,7071

$$V_{oc} = \sqrt{V_R^2 + \left(\frac{V_B}{f}\right)^2 - 2\frac{V_B}{f}V_R \cos(45^\circ)}$$

$$V_{oc} = \sqrt{0^2 + \left(\frac{20}{50}\right)^2 - 2\frac{20}{50}0 \cos(45^\circ)}$$

$$V_{oc} = 391,675 \text{ v}$$

$$V_{oc} = \frac{391,675}{200} = 0,019 \text{ pu}$$

Setelah Transfer

V (actual)	= 10 kV
V (base)	= 10 kV
Vpu	= Vactual / Vbase
Vpu	= 10 kV / 10 kV= 1 pu
f	= 50 Hz
VR	= 1 pu (asumsi pada 50Hz)
Cos θ	= 0,7071

$$V_{oc} = \sqrt{V_R^2 + \left(\frac{V_B}{f}\right)^2 - 2\frac{V_B}{f}V_R \cos(45^\circ)}$$

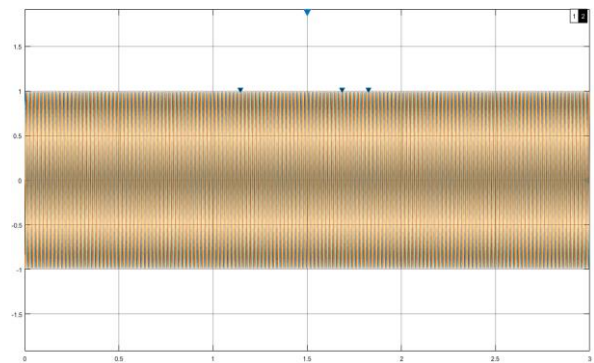
$$V_{oc} = \sqrt{10000^2 + \left(\frac{10000}{50}\right)^2 - 2\frac{10000}{50}10000 \cos(45^\circ)}$$

$$V_{oc} = 10003,83716 \text{ V}$$

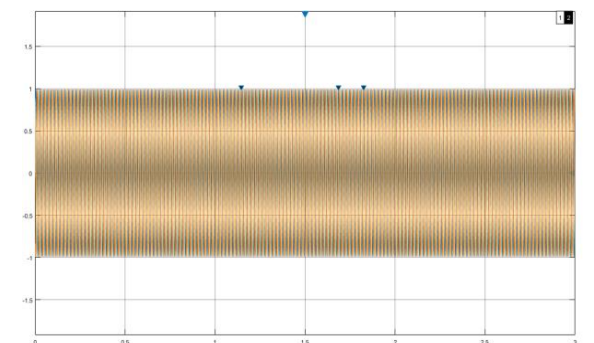
$$V_{oc} = \frac{10003,83716}{100000} = 0,38 \text{ pu}$$

Karakteristik Voc

Setelah mengetahui nilai Voc maka melihat karakteristik tersebut



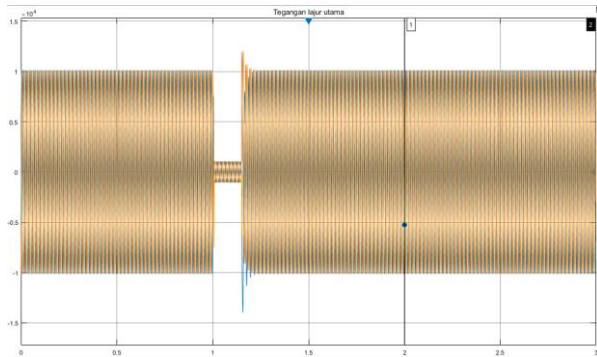
Gambar 4.1 Karakteristik Voc Sebelum Transfer



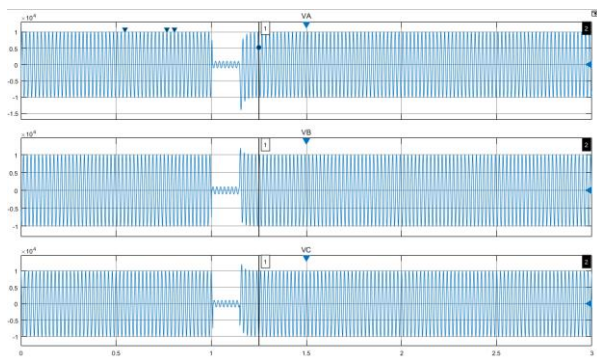
Gambar 4.2 Karakteristik Voc Sesudah Transfer

Karakteristik Voltage Bus Selama Transfer

Peristiwa auto transfer adalah breaker ABS dari sumber utama membuka terlebih dahulu, setelah itu ada standby breaker ABS dari sumber alternatif yaitu dengan menutup. Sehingga auto transfer ada indikasi transfer yaitu : Fast Transfer dan In phase transfer

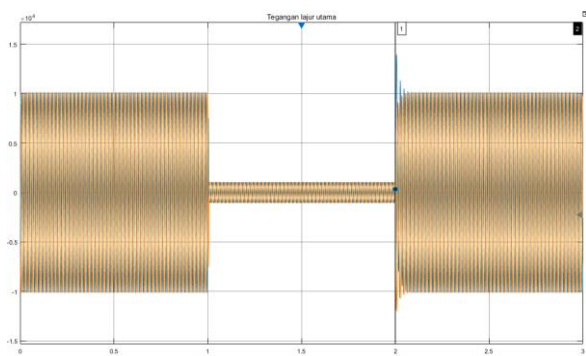


Gambar 4.3 Tegangan Fast Transfer 3 Fasa

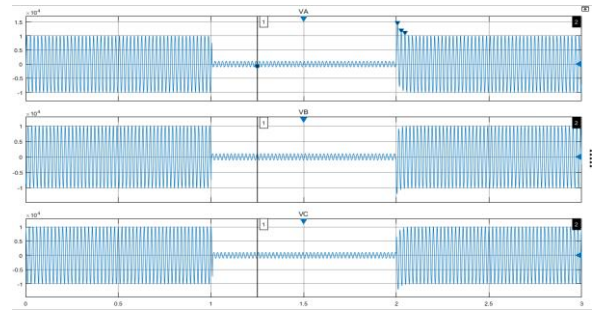


Gambar 4.4 Tegangan Fast Transfer Tiap Fasa

Pada gambar 4.4 menunjukkan penurunan tegangan pada saat transfer pada detik 1 dimana pada saat itu ABS sumber utama membuka, kemudian sampai detik ke 1.15 ABS alternatif menutup sehingga pada saat detik 1 sampai detik 1.15 mengalami drop tegangan, itu merupakan dimana saat melakukan auto bus transfer dengan fast transfer yang menghasilkan 7.5 cycle dengan ukuran waktu 0.15 detik



Gambar 4.5 Tegangan Inphase Transfer 3 Fasa



Gambar 4.6 Tegangan Inphase Transfer Tiap Phase

Pada gambar 4.6 menunjukkan penurunan tegangan pada saat transfer pada detik 1 dimana pada saat itu ABS sumber utama membuka, kemudian sampai detik ke 2 ABS alternatif menutup sehingga pada saat detik 1 sampai detik 2 mengalami drop tegangan, itu merupakan dimana saat melakukan auto bus transfer dengan indikasi In Phase transfer yang menghasilkan 50 cycle dengan kurun waktu 2 detik

V. PENUTUP

A. KESIMPULAN

1. Tegangan turun dihasilkan selama transfer sebesar 200 V pada detik 1 sampai detik 1.15 untuk fast transfer sedangkan untuk inphase transfer juga sama 200 V pada detik 1 sampai detik 1.15
2. Tegangan *Open Circuit* (V_{oc}) yang dihasilkan sebelum transfer sebesar 0,38 pu, saat transfer 0,019 pu sedangkan sesudah transfer 0,38 pu sehingga dari hasil V_{oc} tersebut sebelum dan sesudah transfer tegangan *open circuit* kembali normal.
3. Fast Transfer menghasilkan 7.5 cycle dengan ukuran waktu 0.15 detik dimana pada saat circuit breaker sumber utama membuka dan sumber alternatif dalam keadaan standby menutup sedangkan inphase transfer menghasilkan 50 cycle dengan ukuran waktu 2 detik

B. SARAN

Adapun saran-saran yang dilakukan untuk menindak lanjuti penelitian yang telah dilakukan adalah sebagai berikut :

1. Selalu memperhatikan waktu saat melakukan perpindahan transfer dari sumber utama ke sumber alternatif, untuk menghindari kerusakan pada motor-motor besar pada bus, dengan yang aman sehingga tidak memiliki dampak ekonomi yang merugikan pada PT PJB.
2. Untuk data beban seharusnya lebih lengkap lagi, untuk mengetahui karakteristik terbaik saat transfer.

VI. REFERENSI

- [1] Amit Raje, Arvind Chaudhary, 2008, *Fast Bus Transfer Systems – A System Solution Approach*, Senior Member, IEEE
- [2] A. Raje, A. A. Raje, J. McCall A. Chaudhary, *Bus Transfer System – Requirements, Implementation and Experiences*, IEEE PPIC Conference, Toronto, Canada, June 2002
- [3] D. L. Hormak and D. W. Zipse, *Auto Bus Transfer Control for Critical Industrial*
- [4] R. D. Pettigrew and P. Powel, *Motor Bus Transfer – A Report Prepared by the Motor Bus Transfer Working Group of the Power*
- [5] C. C. Young and J. Dunki-Jacobs, *The Concept of In-Phase Transfer Applied to Industrial Systems Serving Essential Service Motor*, AIEE Transactions, January 1961
- [6] K. E. Yeager, *Bus Transfer of Multiple Inducti on Motor Loads in a 400 Megawatt Fossil Power Plant*, IEEE Trans. Energi Conv., September 1988
- [7] Darmanaija, *Perbaikan Jatuh Tegangan Dengan Pemasangan Automatic Voltage Regulator*, Jurusan Teknik Elektro – Fakultas Teknologi Industri, Universitas Bung Hatta, Juli 2015
- [8] L. Theraja, A.K. Theraja, *A Textbook_Elektro BookFi Vol I*
- [9] Sandra Aditya Kurniawan, *Perawatan Gas Insulated Switchgear 500 kV Pada PT. KPJB (PT.Kompo-Pembangkit Jawa Bali)* Teknik Elektro Universitas Diponegoro, November 2012

BIODATA PENULIS



Penulis merupakan anak kedua dari 3 bersaudara dari pasangan Bapak Sugianto dan Ibu Musrifa yang lahir di Probolinggo pada 02 Agustus 1995. Penulis mulai mengenyam pendidikan dasar di MI Miftahul Islam Paiton, kemudian pada tahun 2007 melanjutkan pendidikan di MTSN 1 Paiton, kemudian pada tahun 2010 melanjutkan pendidikan di SMA Negeri 1 Paiton, dan pada tahun 2013 penulis diterima di ITN Malang dengan mengambil jurusan Teknik Elektro dengan peminatan yang dipilih Teknik Energi Listrik S1.

Email : nanangq272@gmail.com

