

# Dampak Gangguan Beban Lebih terhadap *Overload Shedding* Gardu Induk 150kV Sukolilo, Surabaya

Firhan Akbar  
Prodi Teknik Elektro  
Universitas Negeri Surabaya  
Surabaya, Indonesia  
firhan.19029@mhs.unesa.ac.id

Tri Wrahatnolo  
Prodi Teknik Elektro  
Universitas Negeri Surabaya  
Surabaya, Indonesia  
triwrahatnolo@unesa.ac.id

Diterima : Mei 2023  
Disetujui : Juni 2023  
Dipublikasi : Juli 2023

**Abstrak**—Gangguan beban lebih dapat terjadi pada jaringan distribusi yang berdampak pada pemadaman listrik konsumen. Tujuan studi ini adalah untuk menganalisis akibat pengaruh gangguan beban lebih terhadap *overload shedding* pada sebuah gardu induk. Pembebanan transformator gardu induk 150kV Sukolilo telah melebihi 50%, maka dari itu ketika salah satu transformator terjadi gangguan maka akan membuat pembebanan transformator yang lain meningkat. Penelitian dampak gangguan beban lebih terhadap *Overload Shedding* pada gardu induk 150kV Sukolilo ini menggunakan metode aliran daya dan kontingensi menggunakan ETAP 19.0. Terdapat 3 kondisi simulasi kontingensi yang dilakukan, yaitu 1 kondisi penghantar mengalami trip dan 2 kondisi transformator mengalami trip. Simulasi gangguan beban lebih yang terjadi pada kontingensi ke 1 hingga 3 mengakibatkan dampak pada sistem yang menyebabkan *overload shedding* harus bekerja. Pada kontingensi 1 dan 3 menyebabkan *overload shedding* tahap 1 bekerja sehingga memadamkan beban sebesar 18,7 MW, namun pada kontingensi ke 2 menyebabkan hingga *overload shedding* tahap 2 memadamkan total beban sebesar 54,5 MW. Tahapan pelepasan beban pada gardu induk 150kV Sukolilo telah sesuai standar IEEE Std C37 106-2003 yaitu maksimal pelepasan beban pada tahap pertama yakni 10% setara 38,56 MW dan tahap kedua 15% setara 57 MW. Hasil simulasi *overload shedding* ini dapat mengurangi resiko pemadaman yang berkelanjutan.

**Kata Kunci**—Gangguan; *Overload Shedding*; Gardu Induk

**Abstract**--- *Overload fault can occur in the distribution network, resulting in consumer power outages. The purpose of this study is to analyse the effect of a fault on the overload of a substation circuit. Transformer loading of 150kV Sukolilo substation has exceeded 50%, thus if a fault occurs in one of the transformers it will make the loading of other transformers increase. This research on the impact of overload faults on Overload Shedding at the 150kV Sukolilo substation uses the power flow and contingency method using ETAP 19.0. There are 3 contingency simulation conditions carried out, namely 1 condition of the conductor experiencing a trip and 2 conditions of the transformer experiencing a trip. Simulation of overload faults that occur in contingencies 1 to 3 results in an impact on the system that causes overload shedding to work. In contingency 1 and 3 caused overload shedding stage 1 to work so that it extinguished a load of 18.7 MW, but in contingency 2 caused overload shedding stage 2 to extinguish a total load of 54.5 MW. The stages of load shedding at the 150kV Sukolilo substation are in accordance with IEEE Std*

*C37 106-2003 standards, namely the maximum load shedding in the first stage is 10% equivalent to 38.56 MW and the second stage is 15% equivalent to 57 MW. The results of this overload shedding simulation can reduce the risk of continuous blackouts.*

**Keywords**--- Fault; *Overload Shedding*; Substation

## I. PENDAHULUAN

Sumber daya yang paling penting dalam kebutuhan masyarakat yakni sumber daya listrik. Kebutuhan listrik Indonesia pada tahun 2023 meningkat sebesar 4,45% darai tahun sebelumnya dari 1.123kWh. Dengan bertumbuhnya beban konsumen dan bertambahnya instalasi baru dan dalam rangka memenuhi harapan konsumen, maka PT. PLN mengusahakan kontinuitas penyaluran pasokan energi listrik ke konsumen harus tetap terjaga serta memenuhi kaidah operasi sistem yang meliputi aspek kehandalan, kualitas layanan produk dan ekonomis. Gangguan dapat terjadi dengan durasi yang sangat singkat, sehingga perlu adanya proteksi yang cepat [1][2]. Gangguan permanen dalam sistem diakibatkan oleh gangguan yang terjadi berkelanjutan. Kecepatan dalam pemulihan sistem membutuhkan lokasi gangguan yang akurat [3].

Salah satu gangguan yang diakibatkan dengan bertumbuhnya beban konsumen yaitu gangguan arus lebih yang disebabkan kelebihan beban atau biasa disebut *overload* pada inter bus transformator ataupun penghantar [4]. Beban lebih yang terjadi dalam sebuah jaringan harus diselesaikan dengan melakukan penyeimbangan aliran beban dan diperlukan peningkatan stabilitas transien. Sistem tenaga listrik harus memiliki peralatan dan proteksi yang handal untuk memenuhi standar [5][6].

Pada jaringan transmisi ataupun distribusi ketika terjadi beban berlebih maka biaya yang dikeluarkan untuk memperbaiki akan semakin mahal [7]. Kelebihan beban pada saluran transmisi dapat merusak keamanan sistem dan memperlambat proses pemulihan pemadaman [8]. Dalam melakukan analisa gangguan beban lebih pada transmisi diperlukan melakukan analisis kontingensi aliran daya [9]. Upaya dalam mengurangi resiko pemadaman akibat gangguan pada suatu peralatan listrik, mencegah gangguan meluas perlu adanya *load shedding*. *Overload shedding* bertujuan untuk mengantisipasi terjadinya

pemadaman yang meluas dengan cara melakukan pelepasan beban sesuai yang telah ditentukan. *Load shedding* atau pelepasan beban adalah tindakan sistem darurat untuk menjaga stabilitas frekuensi dari sistem tenaga listrik [10]. Pada saat melakukan *load shedding* diperlukan pelepasan beban yang efisien untuk melepaskan beban yang optimal dan menjaga stabilitas sistem tenaga [16] [17] [13]. Skema pelepasan beban biasanya digunakan sebagai mekanisme untuk menstabilkan besarnya frekuensi dan tegangan dengan melepaskan sebagian beban untuk memastikan keseimbangan yang memadai antara pembangkitan dan beban [14]. Beban lebih berpotensi akan mempengaruhi masa pakai transformator. Pelepasan beban merupakan suatu skema yang dapat menjaga stabilitas system [15]. Penentuan lokasi pelepasan beban yang optimal maka dapat meminimalkan biaya kerugian yang terjadi [16]. Gardu induk perlu mengoptimalkan kapasitas dan jumlah transformator untuk mendapatkan keadaan sistem yang handal [17]. Pada gardu induk 150kV Sukolilo pelepasan beban dengan cara *Overload Shedding* (OLS) yang dapat melakukan pelepasan beban secara otomatis dan cepat. Secara umum OLS terpasang pada penghantar / IBT yang secara normal berbeban diatas 50% (kriteria N-1 tidak terpenuhi). *Overload shedding* pada gardu induk 150kV Sukolilo ini terpasang pada pemutus (PMT) transformator dan penghantar. *Overload shedding* akan bekerja untuk mengamankan peralatan listrik yang disebabkan beban lebih, dengan cara melepaskan beban yang sesuai [18].

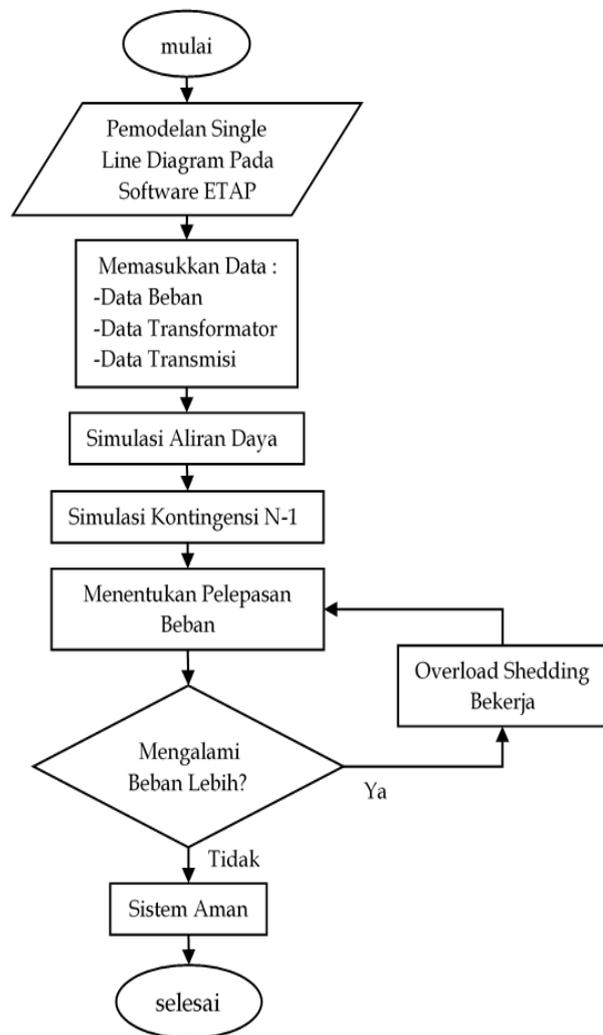
Analisa *overload shedding* bisa dilakukan menggunakan aplikasi tambahan seperti ETAP. Aplikasi ETAP yaitu program yang mendukung analisa tenaga listrik. ETAP sendiri dapat menganalisa aliran daya beban, hubung singkat, koordinasi, dll. Pada software ETAP sendiri juga bisa menganalisa koordinasi relay, hubung singkat bahkan aliran daya. Untuk menganalisa akibat gangguan maka diperlukan simulasi menggunakan software ETAP untuk memudahkan dalam melakukan simulasi penerapan OLS pada sistem dan ETAP memiliki kemudahan implementasi dalam melakukan simulasi [19][20][21].

Berberapa penelitian terdahulu mengenai *overload shedding*. Pustaka [4] merupakan studi *overload shedding* pada gardu induk yang memiliki hasil pelepasan beban transformator dengan jumlah yang lebih sedikit. Pustaka [22] merupakan pengontrolan saluran transmisi atau distribusi untuk mengurangi kelebihan beban yang dikarenakan pertumbuhan beban dengan metode analisis kontingensi N-1 dilakukan untuk memastikan keamanan operasi jaringan.

Penelitian analisis akibat gangguan beban lebih terhadap *Overload Shedding* pada gardu induk 150kV Sukolilo ini menggunakan metode aliran daya atau *load flow* dan kontingensi N-1. *Overload shedding* perlu dilakukan analisa secara berkala mengingat perkembangan konsumen supaya tidak terjadi gangguan beban lebih yang mengakibatkan pemadaman lebih dan menggunakan standar IEEE Std C37 106-2003[23]. Urgensi dari penelitian ini yaitu menjaga pasokan sistem/subsistem agar tetap bertahan pada kondisi abnormal yang diakibatkan gangguan pada suatu peralatan listrik dan mencegah gangguan meluas. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji tentang analisis akibat gangguan beban lebih Terhadap *Overload Shedding* Pada gardu induk 150kV Sukolilo menggunakan *Software ETAP 19.0*.

## II. METODE

Penelitian ini menggunakan simulasi dengan pendekatan kuantitatif. Pendekatan kuantitatif penelitian dengan cara sistematis terhadap fenomena dengan mengumpulkan data numerik dan melakukan teknik analisis yang sesuai [24]. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis akibat gangguan beban lebih terhadap *overload shedding* pada gardu induk 150kV Sukolilo dengan simulasi menggunakan *software ETAP 19.0*. Pada penelitian ini mengumpulkan data sekunder yaitu data beban (W), arus (A) dan tegangan (V) pada Gardu Induk 150kV Sukolilo. Setelah mendapatkan data-data tersebut, melakukan pemodelan *single line* diagram gardu induk 150kV Sukolilo Surabaya pada *software ETAP*. Pemodelan rangkaian meliputi pemasangan transformator, bus, hingga PMT yang sesuai. simulasi menggunakan *software ETAP 19.0* dengan metode aliran daya dan kontingensi. Tahapan simulasi pada ETAP ditunjukkan pada Gambar 1. Bagan Alir Penelitian.



Gambar 1. Bagan Alir Penelitian

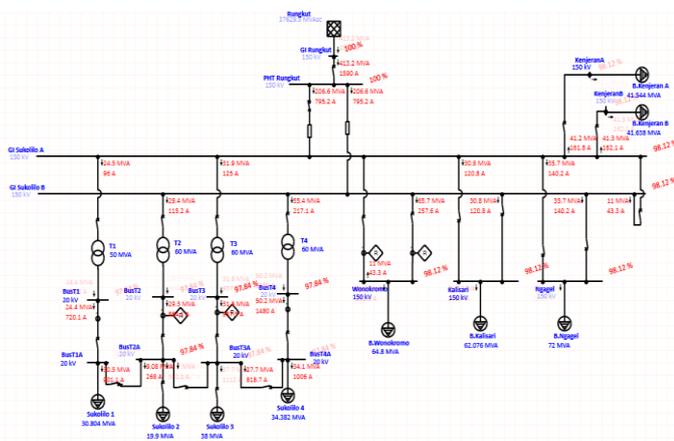
Penjelasan tahapan penelitian simulasi analisis akibat gangguan beban lebih terhadap *Overload Shedding* yang dipaparkan pada gambar 1. Bagan alir penelitian

- Memulai penelitian.
- Pemodelan *single line* diagram gardu induk 150kV Sukolilo pada software ETAP. Pemodelan rangkaian meliputi pemasangan transformator, bus, hingga PMT yang sesuai dengan *single line* diagram gardu induk 159kV Sukolilo.
- Memasukan data sekunder yang telah didapatkan dari gardu induk. berupa data beban, saluran transmisi, dan transformator sesuai *single line* diagram gardu induk 150kV Sukolilo, dengan cara menginput di *software* ETAP pada menu yang telah disediakan.
- Disimulasikan aliran daya atau *load flow* pada gardu induk 150kV Sukolilo dengan menggunakan software ETAP pada kondisi normal.
- Disimulasikan kontigensi 3 kondisi. keadaan simulasi kontingensi yang dilakukan, yaitu 1 kondisi penghantar mengalami trip dan 2 kondisi transformator mengalami trip.
- Menentukan pelepasan beban sesuai dengan *single line overload shedding* pada gardu induk 150kV Sukolilo dan melepaskan beban sesuai dengan tahapan, jika pada system gardu induk telah aman atau tidak ada yang terjadi gangguan beban lebih maka akan system aman dan melakukan analisis.
- Sistem jika mengalami beban lebih maka OLS akan bekerja melakukan pelepasan beban yang diperlukan dan melakukan analisis sesuai standar IEEE Std C37 106-2003, jika system aman maka lanjut ke kesimpulan penelitian.

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### A. Simulasi

##### 1. Hasil Simulasi Kondisi Normal



Gambar 2. Aliran Daya Gardu Induk 150kV Sukolilo

Pada Gambar 2 tahap ini dilakukan simulasi aliran daya dengan kondisi sistem gardu induk dalam keadaan normal, lalu hasil tegangan tiap bus pada kondisi normal ini bisa dilihat pada Tabel 1.

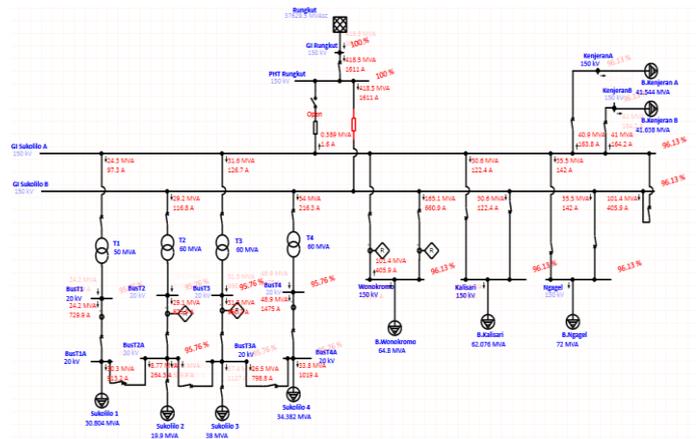
TABEL 1. HASIL ALIRAN DAYA GARDU INDUK 150kV SUKOLILO KONDISI NORMAL

Nama Bus	Tegangan Bus (kV)	Pembangkitan		Pembebanan	
		MW	MVAR	MW	MVAR
Bus T1A	19,5	0	0	29,49	6,87
Bus T2A	19,5	0	0	18,35	6,77
Bus T3A	19,5	0	0	35,24	12,39

Nama Bus	Tegangan Bus (kV)	Pembangkitan		Pembebanan	
		MW	MVAR	MW	MVAR
Bus T4A	19,5	0	0	31,46	12,36
GI Rungkut	147	386,95	138,1	0	0
Kalisari	147	0	0	58,57	19,16
Kenjeran A	147	0	0	39,7	11,14
Kenjeran B	147	0	0	39,7	11,48
Ngagel	147	0	0	68,65	19,9
Wonokromo	147	0	0	61,4	19,17

Hasil aliran daya gardu induk 150kV dalam kondisi normal dengan standar SPLN No.1 tahun 1978 tegangan memiliki nilai batas tertinggi yakni diangka minimum 10% dan 5%, maka seluruh bus pada sistem gardu induk 150kV Sukolilo dalam kondisi aman. Setelah aliran daya dalam keadaan normal dilakukan maka selanjutnya perlu melakukan analisis kontingensi. Kontingensi ini bertujuan mengetahui kemungkinan apa yang terjadi gangguan beban lebih.

##### 2. Simulasi Kontingensi ke-1 Dengan Kondisi PHT 1 Rungkut Trip



Gambar 3. Aliran Daya Kontingensi ke 1

Pada Gambar 3 aliran daya kontingensi ke 1 ini dilakukan simulasi dengan kondisi penghantar 1 mengalami trip yang sehingga penghantar 2 menanggung beban dari penghantar 1. Hasil aliran daya pada kontingensi ke 1 dipaparkan pada pada Tabel 2 berikut.

TABEL 2. KONTINGENSI KE-1 DENGAN KONDISI PHT 1 RUNGKUT TRIP

No	Nama Bus	Tegangan Bus		Susut Tegangan	Keadaan
		kV	%		
1	Bus T1A	19,1	95,8	3,8	Aman
2	Bus T2A	19,1	95,8	3,8	Aman
3	Bus T3A	19,1	95,8	3,8	Aman
4	Bus T4A	19,1	95,8	3,8	Aman
5	Sukolilo A	144,1	96,1	3,9	Aman
6	Sukolilo B	144,1	96,1	3,9	Aman
7	Kalisari	144,1	96,1	3,9	Aman
No	Nama Bus	Tegangan Bus		Susut Tegangan	Keadaan
8	Kenjeran A	144,1	96,1		
9	Kenjeran B	144,1	96,1	3,9	Aman
10	Ngagel	144,1	96,1	3,9	Aman
11	Wonokromo	144,1	96,1	3,9	Aman

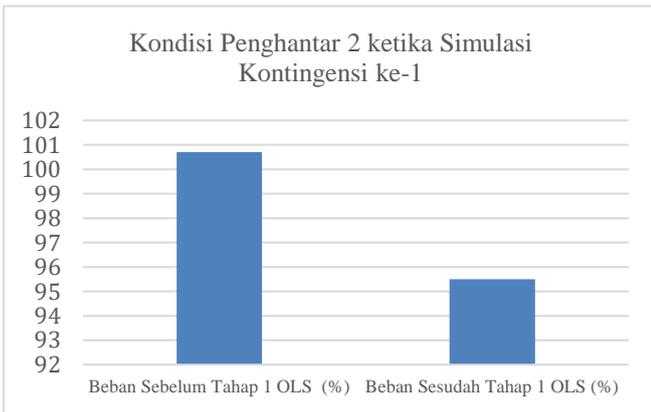
Pada kontingensi ke 1 ini gardu induk 150kV Sukolilo mengalami kehilangan salah satu penghantar dari Rungkut.

Hasil dari aliran daya kontingensi ke 1 semua bus dalam keadaan normal susut tegangan masih dibawah 10%. Namun pada arus pada penghantar 2 mengalami *overload*.

TABEL 3. HASIL BRANCH LOADING KONTINGENSI KE 1

Keterangan	Nama Penghantar	Arus Beban (A)	Beban (%)
Kontingensi 1	PHT 1	1,56 A (Trip)	0,1 (Trip)
	PHT 2	1611,3 A	100,7
OLS Tahap 1	PHT 1	1,56 A (Trip)	0,1 (Trip)
	PHT 2	1527,7 A	95,48 %

Berdasarkan hasil tabel 3 ketika Penghantar 1 Rungkut mengalami trip maka akan mengakibatkan penghantar 2 menanggung semua beban dan mengalami beban lebih. Arus yang mengalir pada penghantar 2 Rungkut sebesar 1611A, maka telah menyentuh I nominal *overload shedding* yaitu 1600A sehingga perlu dilakukan *overload shedding*. *Overload shedding* dilakukan tahap 1 dengan waktu tunda 5 detik dengan mentripping PMT 20 kV Inc. trafo transformator – 2 150/20 kV GI Sukolilo total beban yang dipadamkan sebesar 18.7 MW. Setelah pelepasan beban tahap 1 *overload shedding* maka penghantar 2 Rungkut kembali normal dan arus yang mengalir telah dibawah 1600A. Setelah dilakukan *overload shedding* maka arus pada penghantar 2 kembali normal menjadi 1527 A.

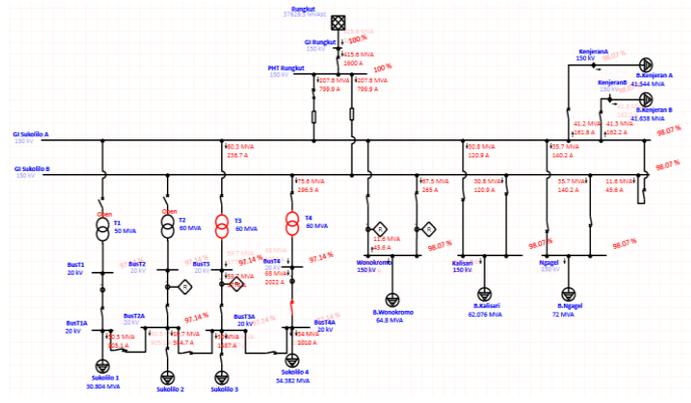


Gambar 4. Perbandingan Kontingensi ke 1

Berdasarkan Gambar 4 hasil dari OLS tahap 1 dapat membuat Penghantar 2 kembali normal yang sebelumnya beban telah menyampai 100,7% sehingga mengalami *overload* setelah *overload shedding* bekerja maka beban turun menjadi 95,48% dan telah dibawah arus nominal *overload shedding*.

### 3. Simulasi Kontingensi ke-2 Dengan Kondisi Transformator 1 dan 2 Sukolilo Trip

Pada Gambar 5 Aliran daya kontingensi ke 2 ini dilakukan simulasi dengan kondisi transformator 1 dan 2 pada gardu induk Sukolilo mengalami trip yang sehingga transformator 3 dan 4 menanggung beban yang menyebabkan pada transformator 4 mengalami *overload*.



Gambar 5. Aliran Daya Kontingensi ke 2

TABEL 4. KONTINGENSI KE-2 DENGAN KONDISI TRANSFORMATOR 1 DAN 2 SUKOLILO TRIP

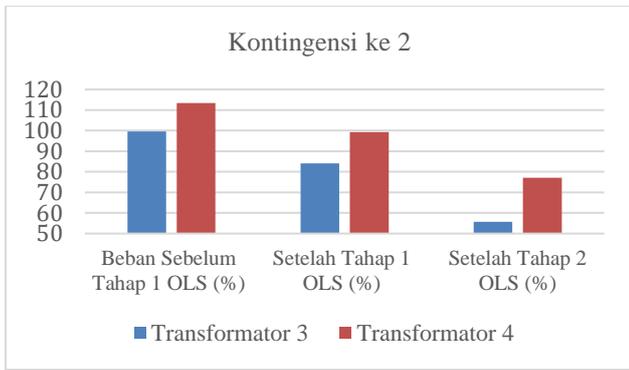
No	Nama Bus	Tegangan Bus		Susut Tegangan	Keadaan
		kV	%		
1	Bus T1A	19,4	97,1	3,9	Aman
2	Bus T2A	19,4	97,1	3,9	Aman
3	Bus T3A	19,4	97,1	3,9	Aman
4	Bus T4A	19,4	97,1	3,9	Aman
5	Sukolilo A	147,1	98,1	1,9	Aman
6	Sukolilo B	147,1	98,1	1,9	Aman
7	Kalisari	147,1	98,1	1,9	Aman
8	Kenjeran A	147,1	98,1	1,9	Aman
9	Kenjeran B	147,1	98,1	1,9	Aman
10	Ngagel	147,1	98,1	1,9	Aman
11	Wonokromo	147,1	98,1	1,9	Aman

Berdasarkan Tabel 4 aliran daya gardu induk 150kV pada kontingensi ke 2 maka tegangan seluruh bus pada sistem gardu induk 150kV Sukolilo dalam kondisi aman dan susut tegangan terbesar senilai 4,2%. Pada kontingensi ke 2 ini gardu induk 150kV Sukolilo mengalami kehilangan transformator 1 dan 2 Sukolilo, hal ini mengakibatkan transformator 3 dan 4 menanggung semua beban sehingga menyebabkan *overload*.

TABEL 5. HASIL BRANCH LOADING KONTINGENSI 2

Keterangan	Nama Transformator	Beban (MVA)	Beban (%)
Kontingensi 1	Transformator 3	59,7	99,6
	Transformator 4	68	113,4
OLS Tahap 1	Transformator 3	50,4	84,1
	Transformator 4	59,6	99,3
OLS Tahap 2	Transformator 3	33,4	55,7
	Transformator 4	43,8	73,1

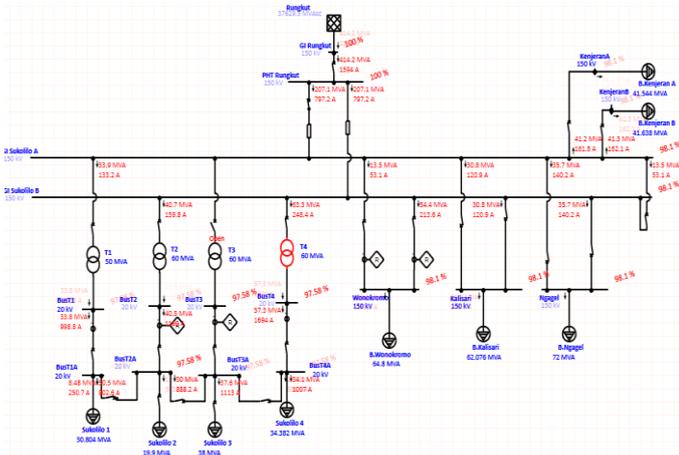
Pada Tabel 5 menunjukkan bahwa kontingensi ke 2 yang menyebabkan transformator 3 dan 4 Sukolilo *overload* membutuhkan hingga tahap 2 OLS. OLS dilakukan tahap 1 dengan waktu tunda 5 detik dengan mentripping PMT 20 kV trafo transformator 2 150/20 kV GI Sukolilo total beban yang dipadamkan sebesar 18.7 MW, lalu melakukan OLS tahap 2 bekerja mentripping PMT 20 kV trafo transformator 3 150/20 kV GI Sukolilo dengan menggunakan dengan waktu tunda 5,5 detik memadamkan sebesar 35.8 MW.



Gambar 6. Perbandingan Kontingensi ke 2

Bedasarkan Gambar 6 dapat diketahui bahwa setelah pelepasan beban tahap 2 OLS maka beban pada transformator 3 dan 4 menjadi normal yakni 33,4 MVA (55,7%) dan 43,3 MVA (73,1%) yang semula dari 59,7 MVA (99,6%) dan 68 MVA (113,4%).

#### 4. Simulasi Kontingensi ke-3 Dengan Kondisi Transformator 3 Sukolilo Trip



Gambar 7. Aliran Daya Kontingensi ke 3

Pada Gambar 7 kontingensi ke 3 ini dilakukan simulasi dengan kondisi transformator 3 pada gardu induk Sukolilo mengalami trip yang sehingga transformator 1, 2 dan 4 menanggung beban yang menyebabkan pada transformator 4 mengalami *overload*.

TABEL 6. KONTINGENSI KE-3 DENGAN KONDISI TRANSFORMATOR 3 SUKOLILO TRIP

No	Nama Bus	Tegangan Bus		Susut Tegangan	Keadaan
		kV	%		
1	Bus T1A	19,5	97,6	2,4	Aman
2	Bus T2A	19,5	97,6	2,4	Aman
No	Nama Bus	Tegangan Bus		Susut Tegangan	Keadaan
3	Bus T3A	19,5	97,6		
4	Bus T4A	19,5	97,6	2,4	Aman
5	Sukolilo A	147,1	98,1	1,9	Aman
6	Sukolilo B	147,1	98,1	1,9	Aman
7	Kalisari	147,1	98,1	1,9	Aman
8	Kenjeran A	147,1	98,1	1,9	Aman
9	Kenjeran B	147,1	98,1	1,9	Aman
10	Ngagel	147,1	98,1	1,9	Aman

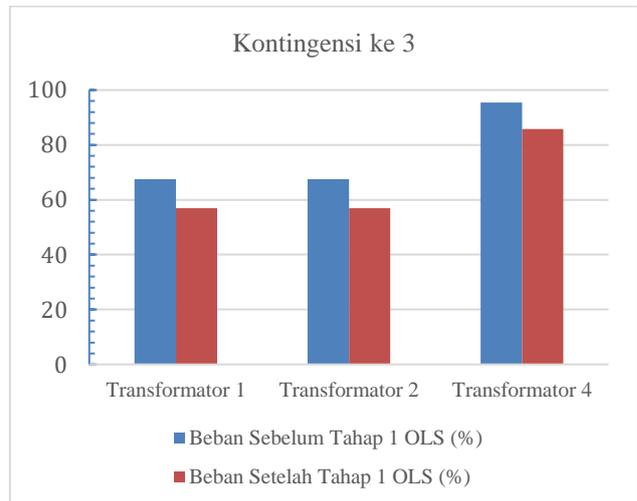
No	Nama Bus	Tegangan Bus		Susut Tegangan	Keadaan
		kV	%		
11	Wonokromo	147,1	98,1	1,9	Aman

Hasil aliran daya gardu induk 150kV pada kontingensi ke 3 maka tegangan seluruh bus pada sistem gardu induk 150kV Sukolilo dalam kondisi aman dan susut tegangan terbesar senilai 2,4%. Pada kontingensi ke 2 ini gardu induk 150kV Sukolilo mengalami kehilangan transformator 3 Sukolilo, hal ini mengakibatkan transformator 1, 2 dan 4 menanggung semua beban transformator 3 sehingga pada transformator 4 menyebabkan *overload*.

TABEL 7. HASIL BRANCH LOADING KONTINGENSI 3

Keterangan	Nama Transformator	Beban (MVA)	Beban (%)
Kontingensi 1	Transformator 1	33,8	67,5
	Transformator 2	40,5	67,5
	Transformator 4	57,3	95,4
OLS Tahap 1	Transformator 1	28,5	56,9
	Transformator 2	38,1	56,9
	Transformator 4	51,5	85,8

Pada Tabel 7 menunjukan bahwa kontingensi ke 3 yang menyebabkan transformator 4 Sukolilo *overload* membutuhkan tahap 1 *overload shedding*. *Overload shedding* dilakukan tahap 1 dengan waktu tunda 5 detik dengan mentripkan PMT 20 kV trafo transformator 2 150/20 kV GI Sukolilo total beban yang dipadamkan sebesar 18,7 MW, setelah pelepasan beban tahap 1 *overload shedding* maka transformator 4 Sukolilo kembali normal dan arus yang mengalir telah dibawah 1600A. Beban transformator 4 Sukolilo kembali normal menjadi 51,5 MVA yang awalnya sebelum tahap 1 *overload shedding* bekerja yaitu 57,3 MVA seperti pada Gambar 8 Grafik perbandingan kontingensi ke 3.



Gambar 8. Kontingensi ke 3

#### B. Pembahasan

Gangguan beban lebih yang terjadi pada jaringan distribusi maupun transmisi akan dapat teratasi ketika *overload shedding* telah bekerja. Pelepasan beban yang optimal akan membuat tahapan bekerja *overload shedding* akan maksimal, sehingga tahapan *overload shedding* ini akan sesuai jika target pelepasan bebannya optimal. Setelah melakukan aliran daya dan kontingensi pada gardu induk

150kV Sukolilo dapat disimpulkan bahwa beban lebih yang terjadi dalam sebuah jaringan dapat diselesaikan dengan melakukan pelepasan beban.

TABEL 8. REKAPITULASI ALIRAN DAYA

Nama Bus	Tegangan (kV)				Keadaa n
	Normal	Konti- ngensi 1	Konti- ngensi 2	Konti- ngensi 3	
Bus T1A	19,5	19,1	19,4	19,5	Aman
Bus T2A	19,5	19,1	19,4	19,5	Aman
Bus T3A	19,5	19,1	19,4	19,5	Aman
Bus T4A	19,5	19,1	19,4	19,5	Aman
Sukolilo A	147	144,1	147,1	147,1	Aman
Sukolilo B	147	144,1	147,1	147,1	Aman
Kalisari	147	144,1	147,1	147,1	Aman
Kenjeran A	147	144,1	147,1	147,1	Aman
Kenjeran B	147	144,1	147,1	147,1	Aman
Ngagel	147	144,1	147,1	147,1	Aman
Wonokromo	147	144,1	147,1	147,1	Aman

Pada Tabel 8 menunjukkan bahwa setiap kondisi dapat dikatakan aman dan normal berdasarkan dengan standar SPLN No.1 tahun 1978 tegangan memiliki nilai batas tertinggi yakni diangka minimum 10% dan 5%. Tahapan pelepasan beban pada gardu induk 150kV Sukollilo telah sesuai standar IEEE Std C37 106-2003 yaitu maksimal pelepasan beban pada tahap pertama yakni 10% setara 38,56 MW dan tahap kedua 15% setara 57 MW sedangkan pada pelepasan beban pada gardu induk 150kV Sukollilo pada tahap pertama yaitu 18,7 MW dan tahap kedua 35,8 MW. Gangguan beban lebih yang terjadi pada gardu induk 150kV Sukolilo dapat teratasi dengan OLS sehingga penyulang yang terdapat pada gardu induk 150kV Sukollilo masih dapat menerima pasokan listrik.

#### IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis penelitian yang telah dilakukan maka diperoleh kesimpulan bahwa menganalisis akibat gangguan beban lebih terhadap overload shedding pada gardu induk 150kV Sukolilo Surabaya dapat dilakukan simulasi aliran daya dan kontingensi berbagai gangguan. Tahapan pelepasan beban pada gardu induk 150kV Sukolilo telah sesuai syarat standar IEEE Std C37 106-2003 yang berisikan tentang maksimal pelepasan beban pada tahap pertama yakni 10% setara 38,56 MW dan tahap kedua 15% setara 57 MW sedangkan pada pelepasan beban pada gardu induk 150kV Sukollilo pada tahap pertama yaitu 18,7 MW dan tahap kedua 35,8 MW. Simulasi gangguan beban lebih yang terjadi pada kontingensi ke 1 hingga 3 mengakibatkan dampak pada sistem yang menyebabkan overload shedding harus bekerja. Pada kontingensi 1 dan 3 menyebabkan *overload shedding* tahap 1 bekerja, namun pada kontingensi ke 2 menyebabkan *overload shedding* hingga tahap 2 sehingga mentrikan PMT 20 kV Inc. transformator-2 150/20 kV GI Sukolilo total beban yang dipadamkan sebesar 18.7 MW dan PMT 20 kV inc transformator -3 150/20 kV GI Sukolilo dengan total beban yang dipadamkan sebesar 35.8 MW.

#### REFERENCES

[1] H. Samet, M. Tajdinian, S. Khaleghian, and T. Ghanbari, "A statistical-based criterion for incipient fault detection in underground power cables established on voltage waveform characteristics," *Electr. Power*

*Syst. Res.*, vol. 197, no. May, p. 107303, 2021, doi: 10.1016/j.epr.2021.107303.

[2] J. J. Chavez *et al.*, "PMU-voltage drop based fault locator for transmission backup protection," *Electr. Power Syst. Res.*, vol. 196, no. March, p. 107188, 2021, doi: 10.1016/j.epr.2021.107188.

[3] G. Song, J. Hou, B. Guo, T. Wang, B. Masood, and S. T. H. Kazmi, "Single-ended active injection for fault location in hybrid MMC-HVDC systems," *Int. J. Electr. Power Energy Syst.*, vol. 124, no. December 2019, p. 106344, 2021, doi: 10.1016/j.ijepes.2020.106344.

[4] R. Hutagaol, U. Situmeang, and Zulfahri, "Studi Overload Shedding Pada Transformator Daya Gardu Induk Garuda Sakti," *SainETIn*, vol. 4, no. 1, pp. 1–8, 2019, doi: 10.31849/sainetin.v4i1.3976.

[5] F. Fauzi, S. Subhan, M. Muliadi, S. Syukri, T. M. Asyadi, and A. S. Budi, "Analisis Tingkat Keandalan Pada Jaringan Express Feeder SUTM A3CS Sebagai Incoming Baru," *Jambura J. Electr. Electron. Eng.*, vol. 5, no. 1, pp. 48–54, 2023, doi: 10.37905/jjee.v5i1.17006.

[6] Syukri, T. M. Asyadi, M. Muliadi, and F. Moesnadi, "Analisa Pembebanan Transformator Distribusi 20 kV Pada Penyulang LS5 Gardu LSA 249," *Jambura J. Electr. Electron. Eng.*, vol. 4, pp. 119–125, 2022.

[7] P. Salyani, R. Nourollahi, K. Zare, and R. Razzaghi, "A new MILP model of switch placement in distribution networks with consideration of substation overloading during load transfer," *Sustain. Energy, Grids Networks*, vol. 32, 2022, doi: 10.1016/j.segan.2022.100944.

[8] R. Ady Zakaria, "Analisa Undervoltage Load Shedding Pada Sistem Jawa-Bali 500 Kv Untuk Mencegah Voltage Collapse," Institut Teknologi Sepuluh Nopember, 2017.

[9] X. Jin *et al.*, "Alleviation of overloads in transmission network: A multi-level framework using the capability from active distribution network," *Int. J. Electr. Power Energy Syst.*, vol. 112, no. April, pp. 232–251, 2019, doi: 10.1016/j.ijepes.2019.05.007.

[10] D. S. Yansuri, D. E. Putra, and M. Firdaus, "Pemasangan Relai Over Load Shedding (Ols) Pada Transformator Daya 30 Mva," vol. 12, no. 1, pp. 8–17, 2022, doi: 10.36546/jte.v12i1.628.

[11] B. Winardi, A. Nugroho, T. Sukmadi, and A. A. Zahra, "Simulasi Pelepasan Beban Dengan Over Load Shedding Sebagai Proteksi Saluran Transmisi Tenaga Listrik Berbasis Arduino Mega 2560," *Semin. Nas. Inov. dan Apl. Teknol. di Ind. 2019*, pp. 142–147, 2019, doi: 10.36040/seniati.v5i4.1155.

[12] D. E. Putra and A. Siahaan, "Studi Penerapan Over Load Shedding (OLS) Relay Pada Sisi Sekunder Transformator Daya 20 MVA Penyulang Aries 20 kV Di Gardu Induk Lahat," *J. AMPERE*, vol. 2, no. 1, p. 1, Jun. 2017, doi: 10.31851/ampere.v2i1.1205.

[13] J. Jallad, S. Mekhilef, H. Mokhlis, J. Laghari, and O. Badran, "Application of hybrid meta-heuristic techniques for optimal load shedding planning and operation in an islanded distribution network integrated with distributed generation," *Energies*, vol. 11, no. 5, 2018, doi: 10.3390/en11051134.

[14] N. M. Sapari, H. Mokhlis, J. A. Laghari, A. H. A. Bakar, and M. R. M. Dahalan, "Application of load shedding

- schemes for distribution network connected with distributed generation: A review,” *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 82, no. January 2016, pp. 858–867, 2018, doi: 10.1016/j.rser.2017.09.090.
- [15] J. I. Sarasúa, G. Martínez-Lucas, J. I. Pérez-Díaz, and D. Fernández-Muñoz, “Alternative operating modes to reduce the load shedding in the power system of El Hierro Island,” *Int. J. Electr. Power Energy Syst.*, vol. 128, 2021, doi: 10.1016/j.ijepes.2020.106755.
- [16] I. R. Fitri and J. S. Kim, “Economic Dispatch Problem using Load Shedding: Centralized Solution,” *IFAC-PapersOnLine*, vol. 52, no. 4, pp. 40–44, 2019, doi: 10.1016/j.ifacol.2019.08.152.
- [17] J. Huang *et al.*, “Optimal substation capacity planning method in high-density load areas considering renewable energy,” *Energy Reports*, vol. 9, pp. 1520–1530, 2023, doi: 10.1016/j.egy.2023.04.104.
- [18] A. Anung and A. Ramadhani, “Penerapan Ols Untuk Meminimalisir Pemadaman Meluas Akibat Overload Pada Satu Penghantar,” *J. Online Sekol. ...*, 2017, [Online]. Available: <http://ejournal.sttmandalabdg.ac.id/index.php/JIT/article/view/34>
- [19] E. H. Harun, M. T. Adam, and J. Ilham, “Perbaikan Kualitas Tegangan Distribusi 20 kV di Gardu Hubung Lemito Melalui Studi Aliran Daya,” *Jambura J. Electr. Electron. Eng.*, vol. 4, no. 2, pp. 143–147, 2022, doi: 10.37905/jjee.v4i2.13825.
- [20] R. Indriyani, E. H. Harun, and Y. Mohamad, “Analisis Aliran Daya Pada Sistem Tenaga Listrik Sulawesi Utara Dan Gorontalo Menggunakan Metode Fast Decoupled,” *Jambura J. Electr. Electron. Eng.*.
- [21] C. I. Cahyadi, K. Atmia, and A. Fitriani, “Analisis Pengaruh Rugi-Rugi Daya Pada Jaringan Transmisi 150 kV Menggunakan Software Etap 12.6,” *Jambura J. Electr. Electron. Eng.*, vol. 4, no. 2, pp. 126–130, 2022, doi: 10.37905/jjee.v4i2.13306.
- [22] S. Omran, R. Broadwater, J. Hambrick, M. Dilek, C. Thomas, and F. Kreikebaum, “Power flow control and N-1 contingency analysis with DSRs in unbalanced transmission networks,” *Electr. Power Syst. Res.*, vol. 136, pp. 223–231, 2016, doi: 10.1016/j.epsr.2016.02.024.
- [23] IEE Std C37 106-2003, *IEEE guide for abnormal frequency protection for power generating plants*, vol. 2003, no. February. 2004. doi: 10.1109/IEEESTD.2004.94434.
- [24] D. V. Thiel, *Research methods for engineers*, no. July. 2014. doi: 10.1017/CBO9781139542326.