Dampak Pembangunan Express Feeder Jaringan Distribusi 20 KV untuk Mengatasi Drop Tegangan pada Feeder Retak Mudik PT PLN (Persero) ULP Mukomuko

Azzahra Shafitri[1*], Arfita Yuana Dewi[2], Sepannur Bandri[3]
[1,2,3]Jurusan Teknik Eletkro, Institut Teknologi Padang, Jl. Gajah Mada Kandis Nanggalo, Kp. Olo, Nanggalo, Kota Padang, Sumatera Barat 25173
*e-mail: 2023310059.azzahra@itp.ac.id

ABSTRAK
Pemanfaatan energi listrik yang ada harus diimbangi dengan menjaga kualitas dan keandalan energi listrik itu sendiri, salah satunya adalah tegangan yang sampai ke pelanggan tidak mengalami drop tegangan atau tegangan turun di bawah standarisasi dari PLN. Kondisi saat ini yang menjadi kendala dan permasalahan dalam sistem kelistrikan PT PLN (Persero) ULP Mukomuko yaitu drop tegangan atau susut jaringan yang sangat tinggi pada Penyulang Retak Mudik dengan tegangan Ujung sebesar 17,73 kV. Dimana kerugian yang timbul akibat daya yang hilang terlalu besar, untuk itu dilakukan pembangunan Jaringan *Express Feeder* sepanjang 10 KMS demi memperbaiki kualitas tegangan, setelah dihitung nilai drop tegangan pada penyulang Retak Mudik sebelum pembangunan *Express Feeder* sebesar 10,78%. Setelah dilakukan pembangunan *Express Feeder* maka penyulang Retak Mudik mengalami penurunan drop tegangan sebesar 7,36 %. Untuk memperoleh hasil yang maksimal, dilakukan perbandingan hasil perhitungan menggunakan simulasi aplikasi ETAP.

Kata kunci : *Drop Tegangan, ETAP, Express Feeder, Rugi Daya*

ABSTRACT
The utilization of existing electrical energy must be balanced by maintaining the quality and reliability of the electrical energy itself, one of which is the voltage that reaches the customer does not experience a voltage drop or voltage drop below the standardization of PLN. The current condition that is an obstacle and problem in the electricity system of PT PLN (Persero) ULP Mukomuko is a very high voltage drop or network shrinkage on the Retak Mudik Repository with a tip voltage of 17.73 kV. Where the losses incurred due to lost power are too large, for this reason, the construction of the Express Feeder Network along 10 KMS is carried out in order to improve voltage quality, after calculating the voltage drop value on the Retak Mudik reinforcer before the construction of the Express Feeder of 10.78%. After the construction of the Express Feeder, the Retak Mudik reinforcer experienced a voltage drop of 7.36%. To obtain maximum results, a comparison of the calculation results using the ETAP application simulation is carried out.

Keywords **:** *Voltage Drop, ETAP, Express Feeder, Power Loss*

PENDAHULUAN

Sektor ketenagalistrikan telah menjadi salah satu fasilitas atau infrastruktur dasar penting yang dibutuhkan masyarakat di seluruh dunia saat ini(Osahenvemwen and Omorogiuwa, 2015), Perkembangan teknologi untuk menunjang kehidupan dan peningkatan jumlah populasi manusia menyebabkan peningkatan konsumsi energi listrik. Hal ini berdampak pada perubahan sistem jaringan listrik(Penangsang *et al.*, 2023), berdasarkan data statistik PLN Jumlah pelanggan pada akhir tahun 2022 sebesar 85.636.198 pelanggan meningkat 3,75% dari akhir tahun 2021(Statistik, 2022). Upaya yang diperlukan untuk memenuhi pertumbuhan energi listrik tidak hanya memenuhi permintaan daya yang meningkat setiap tahun tetapi juga memperbaiki mutu kualitas dari energi listrik itu sendiri(Handajadi, 2015). Pemanfaatan energi listrik yang ada harus diimbangi dengan menjaga kualitas dan keandalan energi listrik itu sendiri. Dalam sistem tenaga listrik, keandalan diartikan sebagai kemampuan untuk menyediakan pasokan tanpa gangguan listrik ke pelanggan(1 and Uyan, 2016). Suatu sistem tenaga listrik dikatakan memiliki tingkat keandalan yang tinggi apabila sistem tersebut mampu menyediakan pasokan energi listrik yang dibutuhkan oleh konsumen secara kontinyu dan dengan kualitas daya yang baik dari segi regulasi tegangan maupun regulasi frekuensinya(Kasus, Pt and Raya, 2009).

Pada pengoperasian sistem tenaga listrik diperlukan kualitas dan tingkat keandalan yang baik, salah satunya adalah tegangan yang sampai ke pelanggan tidak mengalami drop tegangan atau tegangan turun di bawah standarisasi dari PLN(I Made Agus Mahardiananta, Putu Aries Ridhana Arimbawa and Dewa Ayu Sri Santiari, 2020). Pengaturan tegangan dan turun tegangan menurut SPLN No.72 tahun 1987 yaitu "turun tegangan yang diperbolehkan pada JTM dan JTR adalah 2% dari tegangan kerja untuk sistem spindle /gugus dan 5% dari tegangan kerja yaitu untuk sistem

radial di atas tanah dan sistem simpul tergantung kepadatan beban". Hal ini yang terus diupayakan di PT. PLN (Persero) ULP Mukomuko yang berada di Kabupaten Mukomuko, yang mempunyai tugas pokok untuk menjaga keandalan serta kualitas dari sistem tenaga Listrik di kabupaten mukomuko.

Kondisi saat ini yang menjadi kendala dan permasalahan dalam sistem kelistrikan PLN ULP Mukomuko yaitu drop tegangan atau susut jaringan yang sangat tinggi pada Penyulang Retak Mudik dengan tegangan Ujung sebesar 17,73 kV. Penyulang Retak Mudik merupakan sistem distribusi 20 KV yang di supply dari PLTD IPUH BARU dan menjadi penyulang incoming GH rainbow yang memiliki 3 Outgoing, hal ini yang menyebabkan permasalahan pada penyulang retak mudik yang memiliki beban penyulang 140 Ampere dengan Panjang saluran 160,4 KMS dengan konfigurasi jaringan distribusinya 20 kV tipe radial.

Tindakan yang dapat dilakukan untuk menanggulangi susut distribusi dan drop tegangan pada Penyulang Retak Mudik adalah dengan melakukan Rekonfigurasi jaringan. Rekonfigurasi jaringan merupakan tindakan untuk mengubah struktur jaringan distribusi, bertujuan untuk mengurangi losses, drop tegangan dan menyeimbangkan beban-beban dalam jaringan(Affandy, Arjana and Indra Partha, 2021). Tujuan inti dari konfigurasi ulang jaringan yang optimal dalam sistem distribusi adalah untuk mengurangi rugi-rugi daya pada saluran dan selalu meningkatkan tegangan bus(Akpojedje and Ogujor, 2021). Rekonfigurasi jaringan yang dilakukan pada Penyulang Retak Mudik ini dengan membangun *Express Feeder* ke GH Rainbow yang dinamakan *Express Feeder* Ipuh, Pembangunan *Express Feeder* Ipuh ini dapat memecah beban Penyulang Retak Mudik. Sehingga nanti harapannya susut distribusi dan drop tegangan hasilnya akan lebih baik dari pada sebelumnya.

Dalam rangka mengamati kondisi kelistrikan di PT. PLN (Persero) ULP Mukomuko sebelum dan setelah Pembangunan *Express Feeder*, penulis melakukan simulasi menggunakan program ETAP. Dengan demikian, perbedaan dalam tegangan dan kerugian energi listrik antara sebelum dan setelah Pembangunan *Express Feeder* dapat dievaluasi. Berdasarkan permasalahan diatas, perlu dikaji sebuah solusi untuk memperbaiki permasalahan diatas, untuk itu diangkat Tesis berjudul "Dampak Pembangunan *Express Feeder* Jaringan Distribusi 20 kV untuk mengatasi drop tegangan pada Feeder Retak Mudik PT PLN (Persero) ULP Mukomuko," yang bertujuan untuk meningkatkan kualitas tegangan yang disalurkan dan mengurangi kerugian energi pada Feeder Retak Mudik ULP Mukomuko.

METODE PENELITIAN

Metode penelitian dalam artikel jurnal ini dilakukan melalui beberapa tahap untuk memperoleh data yang akurat dan relevan terhadap permasalahan yang dikaji, yaitu sistem kelistrikan pada penyulang Retak Mudik di PT. PLN (Persero) ULP Mukomuko.

Pertama, dilakukan peninjauan lokasi untuk memahami kondisi aktual dari sistem kelistrikan di daerah penelitian. Peninjauan ini bertujuan untuk memastikan bahwa data yang akan digunakan dalam penelitian sesuai dengan kondisi lapangan, termasuk aspek-aspek penting seperti kondisi penyulang, trafo, dan beban listrik. Metode interview juga digunakan sebagai bagian dari proses pengumpulan data. Penulis melakukan wawancara dengan Team Leader Teknik di ULP Mukomuko untuk mendapatkan informasi mendalam terkait konfigurasi penyulang Perkins. Informasi ini sangat penting untuk memahami bagaimana sistem bekerja dan tantangan teknis yang mungkin dihadapi di lapangan.

Selanjutnya, studi pustaka dilakukan untuk mendukung penelitian ini dengan landasan teori yang kuat. Penulis mengumpulkan sumber-sumber dari buku, jurnal, dan literatur lainnya yang berkaitan dengan masalah kelistrikan, konfigurasi penyulang, dan manajemen beban listrik. Dengan metode ini, penulis dapat memastikan bahwa analisis yang dilakukan memiliki dasar teoritis yang kuat. Dalam simulasi menggunakan perangkat lunak ETAP 19.0.1, data-data yang digunakan harus mencerminkan kondisi sebenarnya di lapangan. Beberapa aspek penting yang diperhatikan meliputi panjang dan ukuran penampang kabel, serta beban listrik pada tiap section atau trafo, yang diperoleh dari pengukuran saat beban puncak. Hal ini memastikan bahwa hasil simulasi sesuai dengan kondisi operasional aktual. Diagram alir penelitian kemudian digunakan untuk menggambarkan alur proses penelitian ini, mulai dari pengumpulan data hingga analisis menggunakan simulasi.

Untuk memperdalam pemahaman tentang teknik simulasi kelistrikan, Anda bisa membaca literatur terkait penggunaan ETAP dalam sistem distribusi tenaga listrik serta buku-buku referensi yang membahas konfigurasi penyulang dalam sistem kelistrikan industri. Jurnal-jurnal tentang optimasi sistem kelistrikan dan manajemen beban listrik juga akan sangat bermanfaat sebagai bacaan tambahan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sistem Kelistrikan PT.PLN (Persero) ULP Mukomuko

Sistem kelistrikan PT.PLN (Persero) ULP Mukomuko mendapatkan supply utama dari Gardu Induk Mukomuko dan sebagian daerah masih di supply dari 2 PLTD yaitu PLTD Ipuh Baru dan PLTD Kota Bani. PLTD Ipuh Baru

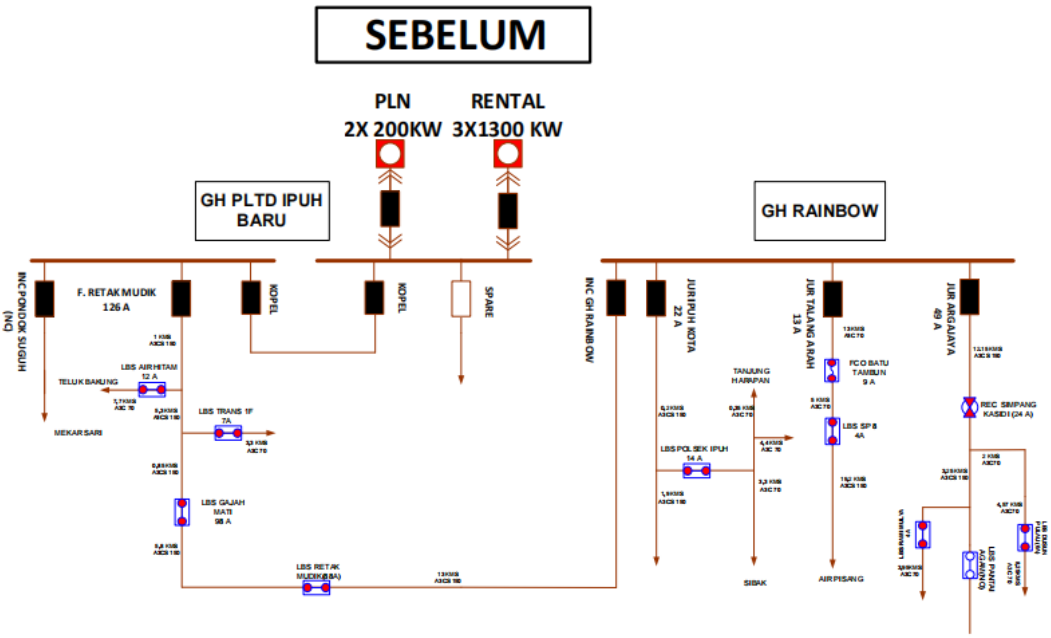
memiliki 2 outgoing yaitu penyulang retak mudik dan penyulang exspress ipuh (incoming GH Rainbow). PLTD Ipuh baru mensupply 5 kecamatan yang ada dimukomuko, diantaranya kecamatan pondok suguh,kecamatan Sungai rumbai, kecamatan ipuh,kecamatan malin deman dan kecamatan air rami.

Tabel 1. Supply Energi pada ULP Mukomuko

NO	SUMBER	PENYULANG	
1	GI MUKOMUKO	CATERPILLAR	KOTA RSUD LUBUK PINANG AIR DIKIT
		PERKINS WARTSILA	
		YANMAR	PONDOK SUGUH BANTAL
		RETAK MUDIK	
2	PLTD IPUH BARU	EXPRESS IPUH	KOTA IPUH TALANG ARAH ARGAJAYA
3	PLTD KOTA BANI	KOTA BANI AIR MURING KARYA BAKTI	

Perubahan pola operasi pada jaringan

Rekonfigurasi jaringan yang dilakukan pada Penyulang Retak Mudik ini dengan membangun *Express Feeder* ke GH Rainbow yang dinamakan *Express Feeder* Ipuh, Pembangunan *Express Feeder* Ipuh ini dapat memecah beban Penyulang Retak Mudik. bentuk single line diagram penyulang retak mudik sebelum dilakukan Pembangunan express feeder dapat dilihat pada gambar 1 berikut:



Gambar 1. SLD Penyulang Retak Mudik sebelum pembangunan *Express Feeder*

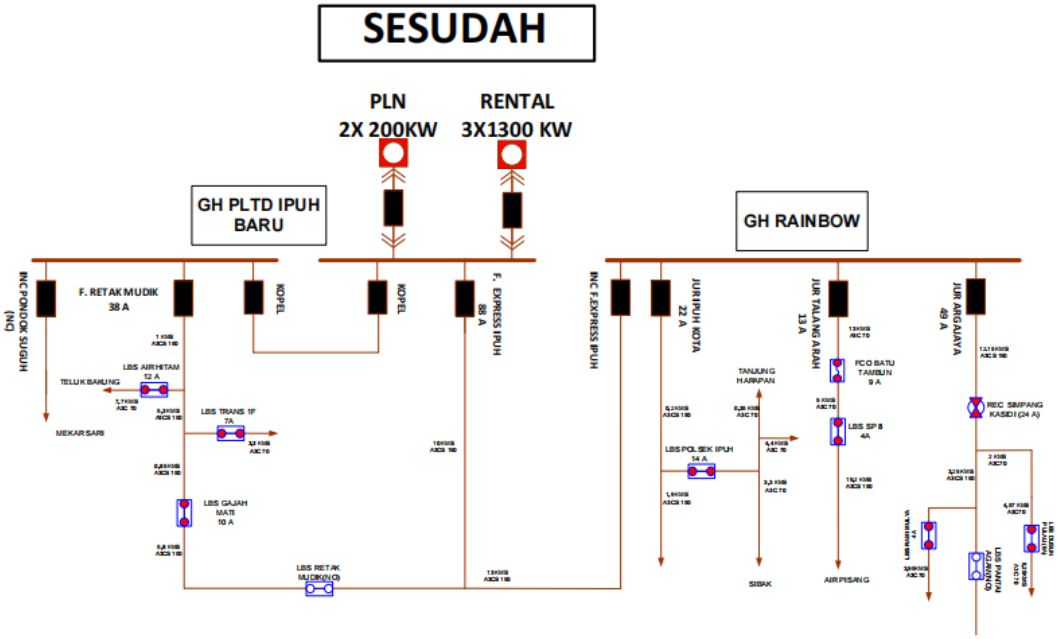
Pada gambar 1 dapat penulis simpulkan bahwa penyulang retak mudik pada Zona 1 adalah penyulang yang memiliki 33 trafo distribusi yang tegangan ujungnya ada di BUS GH Rainbow yang memiliki 3 outgoing dengan total 85 trafo ditribusi pada 3 outgoing tersebut.

Beban kelistrikan selalu berubah-rubah sesuai dengan kebutuhan konsumen, oleh karena itu PT. PLN (persero) melakukan suatu pengukuran beban secara berkala pada penyulang Retak Mudik guna untuk menghindari overload sistem karena panjang jaringan di penyulang Retak Mudik bisa dikatakan terlalu panjang yaitu 157,69 KMS.

Tabel 2 Data Penyulang Retak Mudik sebelum pembangunan Express Feeder

No	SUMBER	PENYULANG	PANJANG JAR (KMS)	ZONA BEBAN	PANJANG	JAR	BEBAN (A)

				TOTAL (A)	(KMS)	
1	PLTD				11,09	22
2	IPUH	RETAK MUDIK	157,69	126	49,99	13
3	BARU				50,89	49



Gambar 2 SLD Penyulang Retak Mudik setelah pembangunan Express Feeder

Penyulang *Express* Ipuh merupakan hasil rekonfigurasi dari penyulang Retak Mudik. Tujuan utama dari pembangunan *Express* Feeder Ipuh adalah pemecahan beban penyulang Retak Mudik yang terlalu besar guna untuk meningkatkan kehandalan sistem pola operasi dan meningkatkan kualitas tegangan pada GH Rainbow.

Analisa Perhitungan

Perhitungan *drop* tegangan dan rugi-rugi daya dengan metode manual membutuhkan data Penyulang Retak Mudik. Adapun data yang dibutuhkan adalah spesifikasi trafo distribusi, data beban pada masing- masing transformator, jenis penghantar dan luas penampang yang digunakan serta jarak antar gardu. Dengan adanya pelengkap data tersebut maka perhitungan dapat dilakukan. Hasil yang sudah dihitung dengan metode manual akan dibandingkan dengan metode simulasi ETAP. Perhitungan Nilai Impedansi Perhitungan nilai impedansi pada penghantar diperlukan untuk menghitung drop tegangan. Pada penyulang Retak Mudik menggunakan penghantar dengan luas penampang 70 mm² dan luas penampang 150 mm² dengan Cos∅ adalah 0,85. Maka resistansi dan induktansi dapat dilihat pada tabel 4.3 sebagai berikut :

Tabel 3 Nilai Induktansi dan Resistansi

PENGHANTAR	Z (Impedansi)	
	R (Ohm/Km)	XL (Ohm/Km)
A3C 35 mm^2	0,9217	0,3790
A3C 70 mm^2	0,4608	0,3572
A3C 150 mm^2	0,2162	0,3305
A3C 240 mm^2	0,1344	0,3158

Perhitungan nilai impedansi menggunakan rumus sebagai berikut :

$Z = R + jX$

$Z = \sqrt{R^2 + X^2}$

Sehingga nilai impedansi untuk kawat AAAC 70 mm² adalah :

$Z = \sqrt{R^2 + X^2}$

$Z = \sqrt{(0{,}4608)^2 + (0{,}3572)^2}$

$Z = 0{,}583\ \Omega$

Sedangkan nilai impedansi untuk kawat AAAC 150 mm² adalah :

$Z = \sqrt{R^2 + X^2}$

$Z = \sqrt{(0{,}2162)^2 + (0{,}3305)^2}$

$Z = 0{,}394\ \Omega$

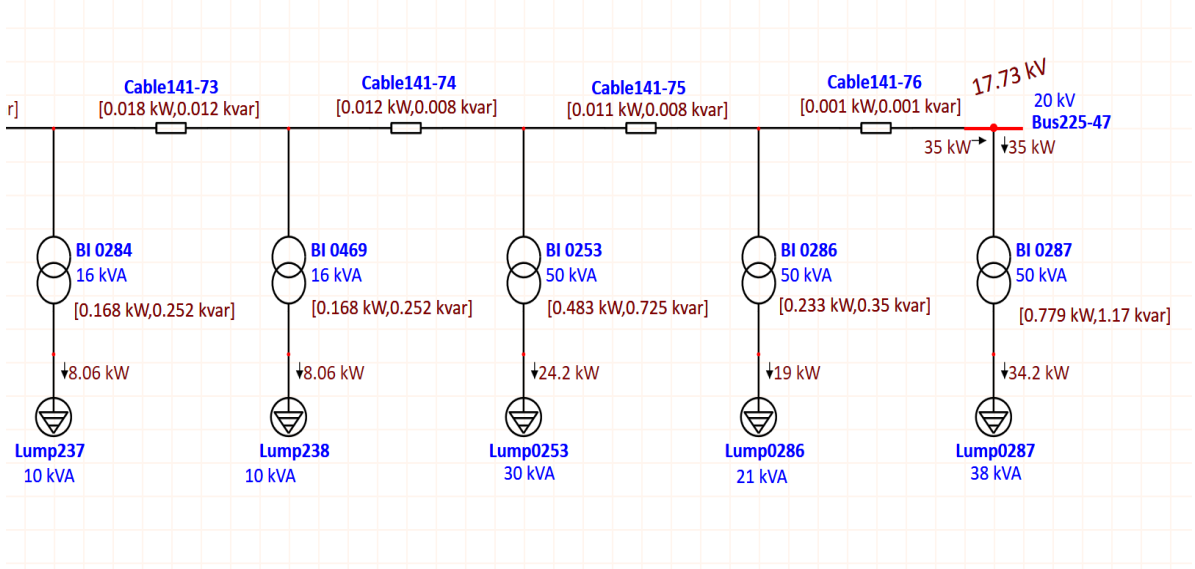
Hasil perhitungan rugi daya dan drop tegangan dapat disimpulkan pada tabel 4.

Tabel 4 Hasil Perhitungan Rumus Lossis dan Drop Tegangan Penyulang Retak Mudik sebelum Pembangunan Express Feeder

Penyulang	Arus (A)		Panjang Kawat (Kms)		Rugi Daya Total (kW)	ΔVd Total (kV)	%ΔV Total (%)
	Mainline	Percabangan	Mainline ($150 Mm^2$)	Percabangan ($70\ Mm^2$)			
Retak Mudik	46,73	68,02	64,56	92,71	76,146	2,157	10,78

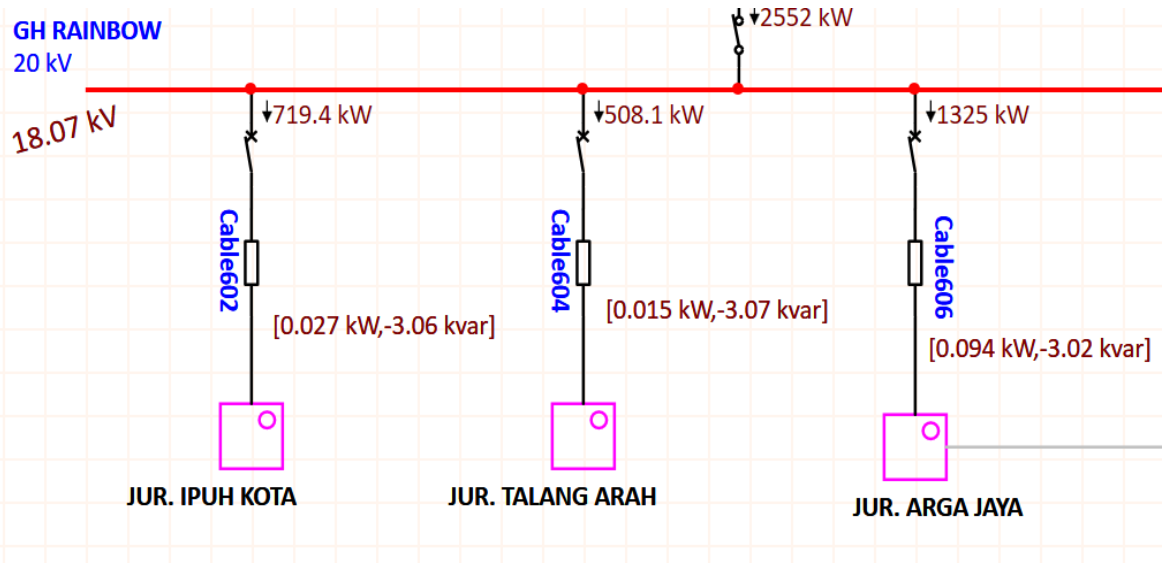
Secara garis besar dapat dilihat dari hasil tabel perhitungan bahwasannya drop tegangan pada penyulang Retak Mudik cukup besar yaitu 2,157 kV dengan tegangan ujung sebesar 17,843 kV dengan tegangan sumber dari PLTD 20 kV dikarenakan panjang penghantar sebanding dengan bebannya.

Untuk menentukan besarnya drop tegangan menggunakan ETAP 19.0.1 pada penyulang Retak Mudik dengan cara melihat nilai selisih antara tegangan kirim PLTD IPUH dengan tegangan terima pada ujung jaringan.



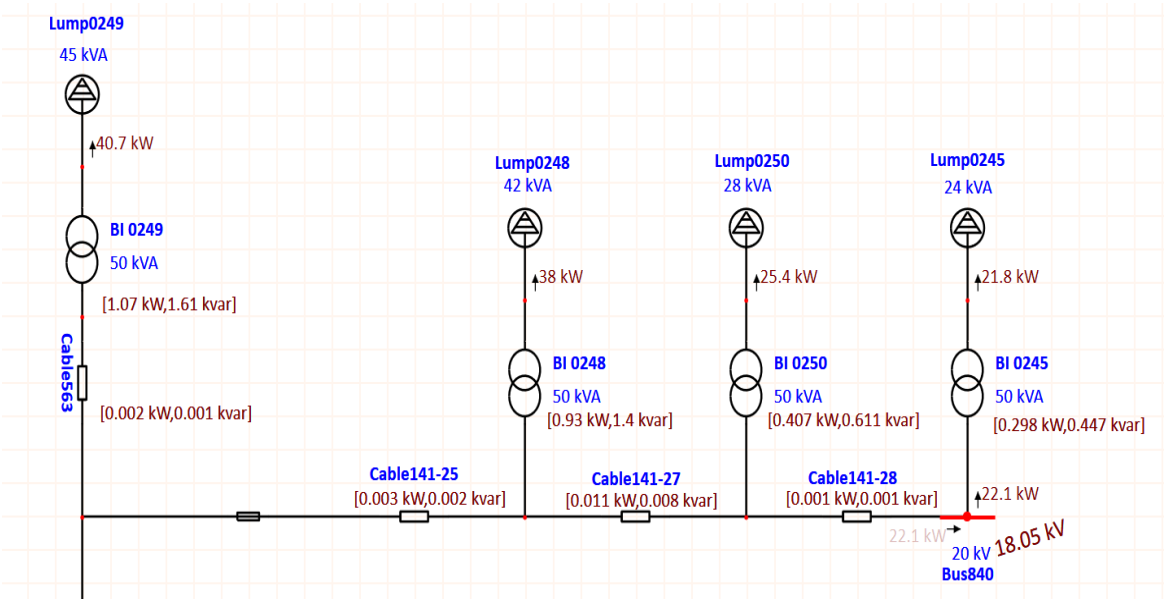
Gambar 3 Hasil ETAP 19.0.1 Ujung jaringan sebelum pembangunan Express Feeder

Pada Penyulang Retak Mudik, *Zona* satu meliputi *Feeder* Retak Mudik sampai GH Rainbow. Pada penyulang yang disuplai oleh PLTD IPUH dari *Feeder* Retak Mudik hingga ke GH Rainbow total trafo distribusi yang terpasang sebanyak 33 trafo dengan total beban sebesar 36A dan panjang jaringan 45,72 Kms. Untuk nilai tegangan pada BUS GH Rainbow 18,07 KV.



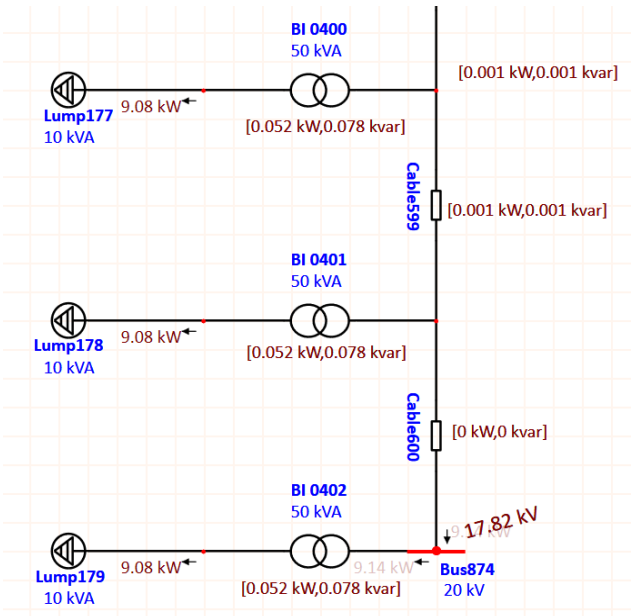
Gambar 4 Simulasi ETAP pada Zona Satu Penyulang Retak Mudik

Pada Jurusan Ipuh Kota, Zona Dua berawal dari outgoing GH Rainbow hingga ke Bus 840 dengan total trafo distribusi yang terpasang 16 trafo dengan total beban sebesar 20,87 A dan panjang jaringan 11,09 Kms, nilai tegangan ujung *Zona* Dua 18,05 KV yang terdapat pada BI 0245.



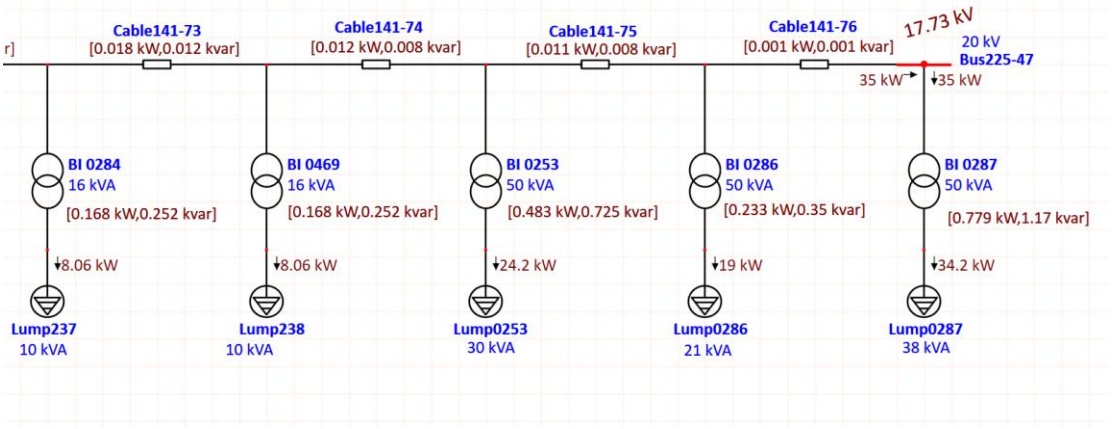
Gambar 5 Simulasi ETAP pada Zona Dua Jurusan Ipuh Kota

Pada Jurusan Talang Arah, Zona Tiga berawal dari outgoing GH Rainbow hingga ke Bus 874 dengan total trafo distribusi yang terpasang 26 trafo dengan total beban sebesar 14,73 A dan panjang jaringan 49,99 Kms, nilai tegangan ujung *Zona* Tiga 17.82 KV yang terdapat pada BI 0402.



Gambar 6 Simulasi ETAP pada Zona Tiga Jurusan Talang Arah

Pada Jurusan Talang Arah, Zona Empat berawal dari outgoing GH Rainbow hingga ke Bus 225-47 dengan total trafo distribusi yang terpasang 43 trafo dengan total beban sebesar 43,15 A dan panjang jaringan 50,89 Kms, nilai tegangan ujung *Zona* Empat 17.73 KV yang terdapat pada BI 0287.



Gambar 7 Simulasi ETAP pada Zona Empat Jurusan Arga Jaya

Tabel 5 Perbandingan tegangan ujung penyulang Retak Mudik sebelum Pembangunan Express Feeder berdasarkan perhitungan rumus dan percobaan ETAP

PENYULANG	TEGANGAN UJUNG (kV) PERHITUNGAN	ETAP
RETAK MUDIK	17,843	17,73

Pada tabel hasil dari perbandingan perhitungan rumus dan simulasi ETAP diatas menunjukan selisih nilai tegangan ujung hanya 0,63 % atau 114 volt.

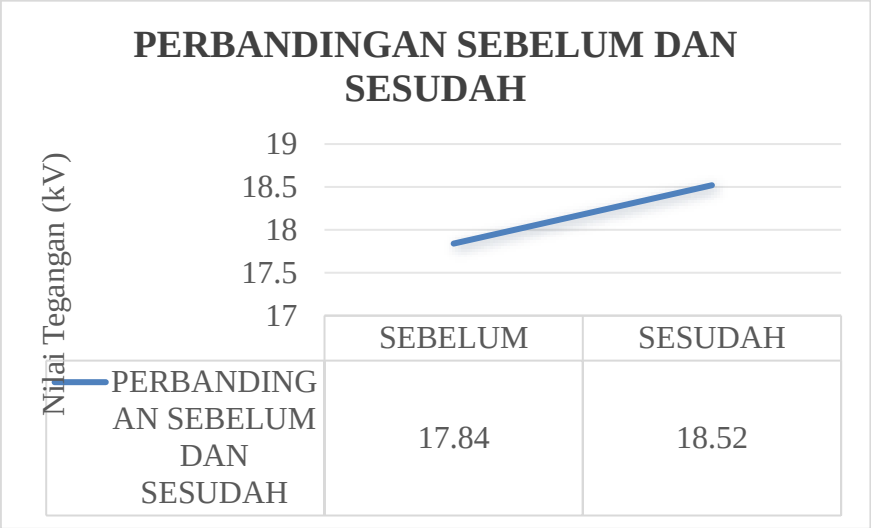
Analisa Rugi Daya dan Losses setelah Pembangunan Express Feeder

Tabel 6 Hasil Perhitungan Rumus Lossis dan Drop Tegangan Penyulang Retak Mudik Sesudah Pembangunan Express Feeder

Penyulang	Arus (A)		Panjang Kawat (Kms)		Rugi Daya Total (kW)	ΔVd Total (kV)	%ΔV Total (%)
	Mainline	Percabangan	Mainline ($150 Mm^2$)	Percabangan ($70\ Mm^2$)			
Retak Mudik	32,81	46,02	64,26	70,71	52,129	1,473	32,81

Tabel 7 Perbandingan Nilai Tegangan Ujung Sebelum dan Sesudah Pembangunan Express Feeder Cara Perhitungan Rumus

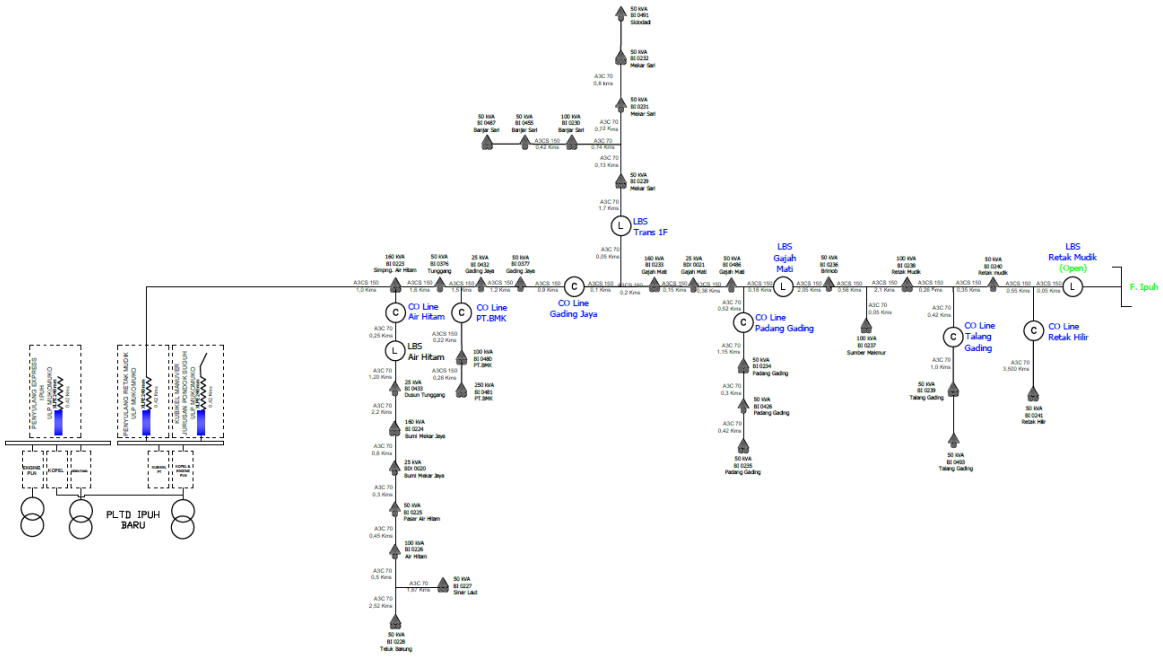
TEG. UJUNG SEBELUM (kV)	TEG. UJUNG SESUDAH (kV)
17,844 kV	18,527 kV



Gambar 8 Grafik Perbandingan Perhitungan

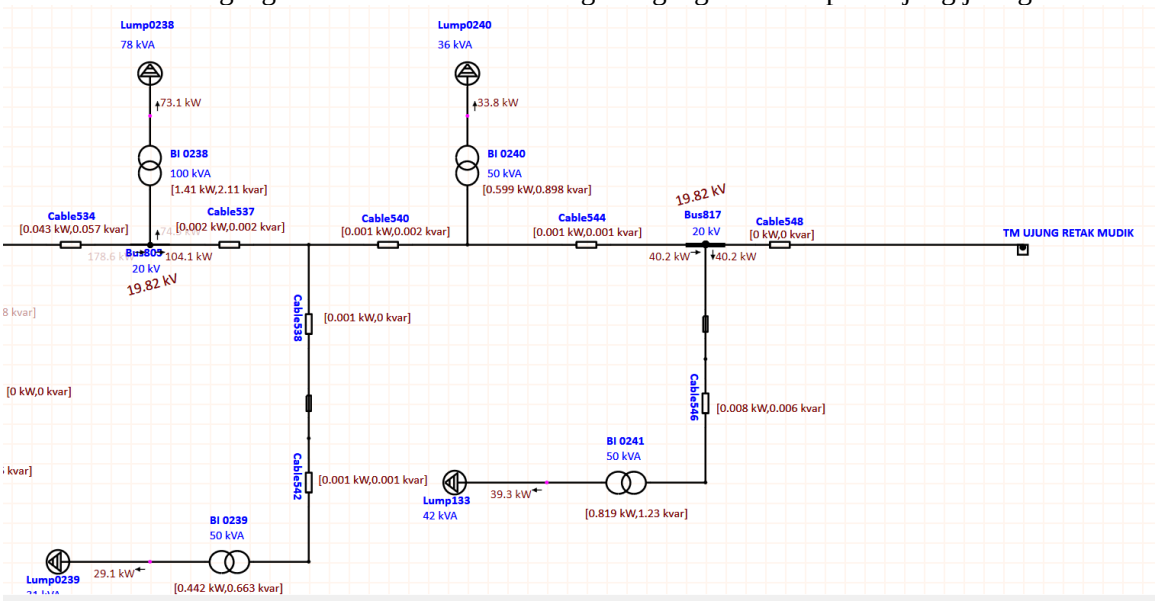
Dalam hasil tabel sesuai dengan perhitungan rumus antara sebelum dan sesudah rekonfigurasi jaringan dapat kita lihat perbedaan yang signifikan dalam meminimalisir rugi-rugi daya pada aliran listrik.

Analisa Rugi-Rugi Daya dan Drop Tegangan Penyulang Retak Mudik setelah Pembangunan Express Feeder Simulasi ETAP 19.0.1



Gambar 9 Penyulang Retak Mudik setelah pembangunan Penyulang Express ipuh

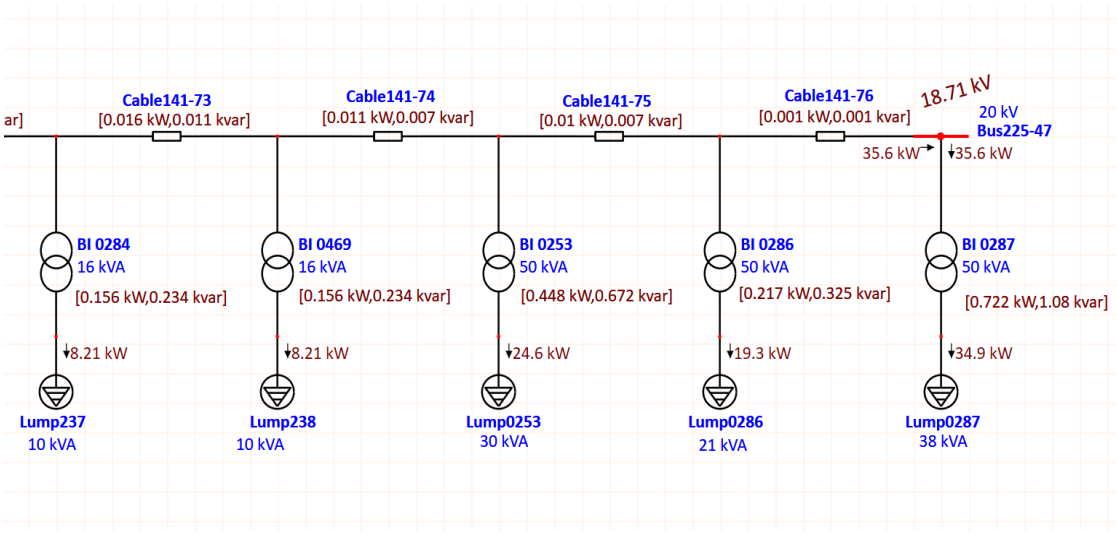
Untuk menentukan besarnya drop tegangan menggunakan ETAP 19.0.1 pada penyulang Retak Mudik dengan cara melihat nilai selisih antara tegangan kirim PLTD IPUH dengan tegangan terima pada ujung jaringan.



Gambar 10 Hasil ETAP 19.0.1 Ujung jaringan penyulang retak mudik setelah pembangunan Express Feeder

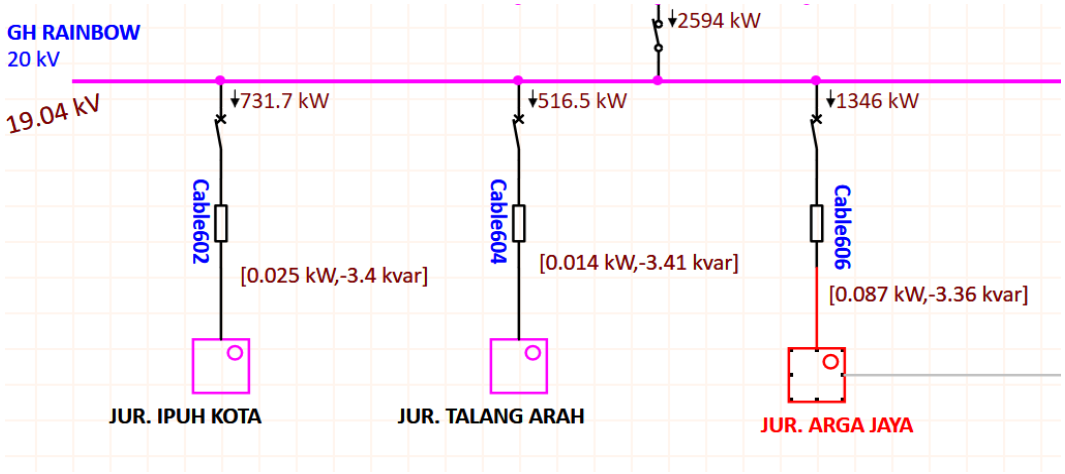
Analisa Rugi-Rugi Daya dan Drop Tegangan Penyulang Express Ipuh setelah Simulasi ETAP 19.0.1

Untuk menentukan besarnya drop tegangan menggunakan ETAP 19.0.1 pada penyulang Retak Mudik dengan cara melihat nilai selisih antara tegangan kirim PLTD IPUH dengan tegangan terima pada ujung jaringan.



Gambar 11 Hasil ETAP 19.0.1 Ujung jaringan setelah pembangunan Express Feeder

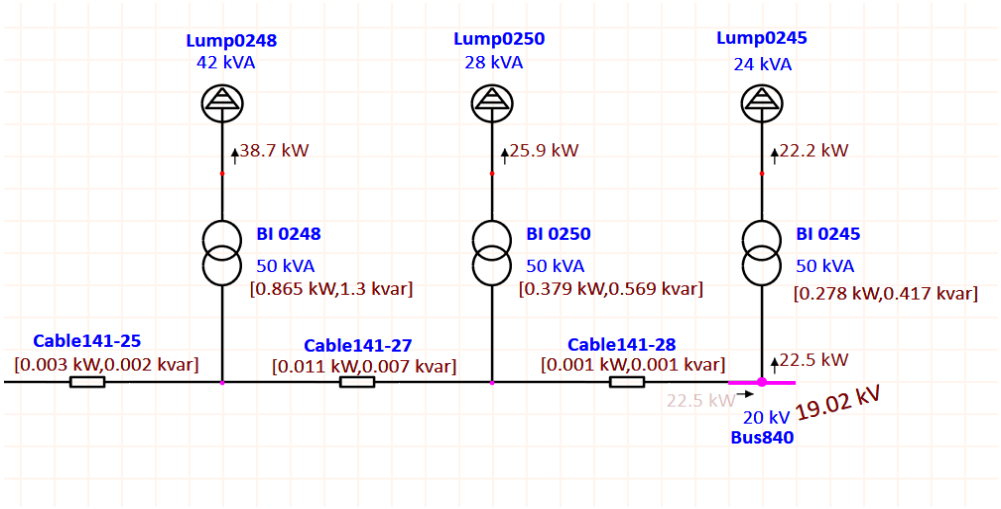
Pada Penyulang express ipuh , *Zona* satu meliputi *Feeder* express ipuh sampai BUS GH Rainbow.



Gambar 12 Simulasi ETAP pada Zona Satu Penyulang Express ipuh

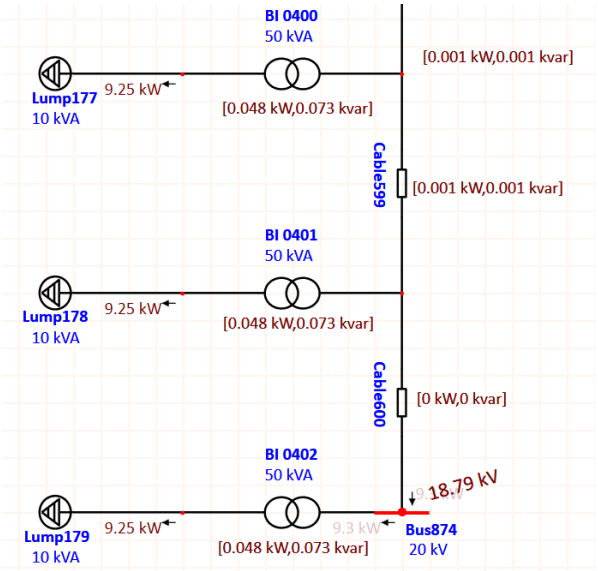
Pada gambar 12 dapat dilihat bahwa hasil simulasi etap untuk tegangan di BUS GH Rainbow bernilai 19,04 kV.

Pada Jurusan Ipuh Kota, Zona Dua berawal dari outgoing GH Rainbow hingga ke Bus 840 dengan total trafo distribusi yang terpasang 16 trafo dengan total beban sebesar 20,87 A dan panjang jaringan 11,09 Kms, nilai tegangan ujung *Zona* Dua19,02 KV yang terdapat pada BI 0245.



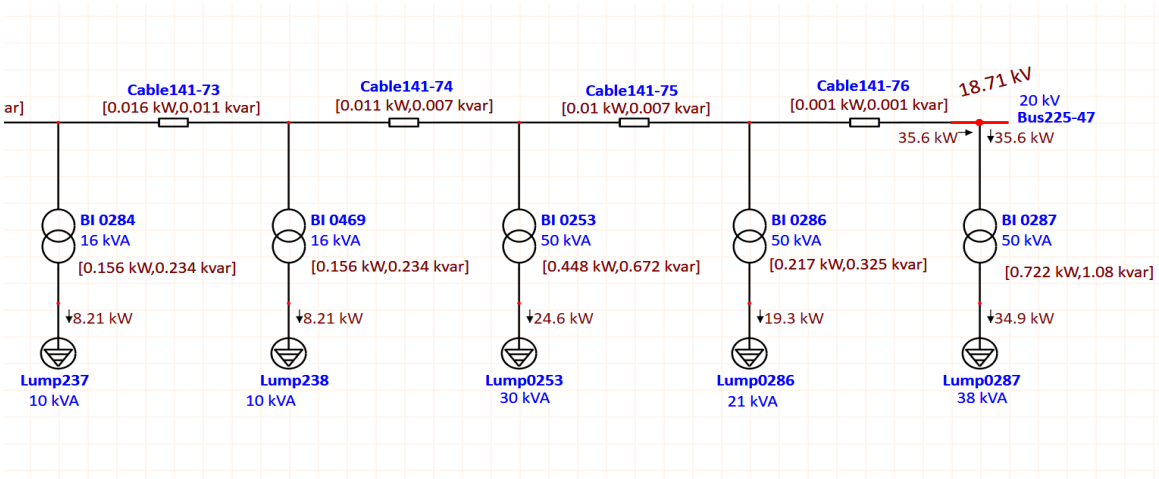
Gambar 13 Simulasi ETAP pada Zona Dua Jurusan Ipuh Kota

Pada Jurusan Talang Arah, Zona Tiga berawal dari outgoing GH Rainbow hingga ke Bus 874 dengan total trafo distribusi yang terpasang 26 trafo dengan total beban sebesar 14,73 A dan panjang jaringan 49,99 Kms, nilai tegangan ujung *Zona* Tiga 18,79 KV yang terdapat pada BI 0402.



Gambar 14 Simulasi ETAP pada Zona Tiga Jurusan Talang Arah

Pada Jurusan Talang Arah, Zona Empat berawal dari outgoing GH Rainbow hingga ke Bus 225-47 dengan total trafo distribusi yang terpasang 43 trafo dengan total beban sebesar 43,15 A dan panjang jaringan 50,89 Kms, nilai tegangan ujung *Zona* Empat 18,71 KV yang terdapat pada BI 0287.



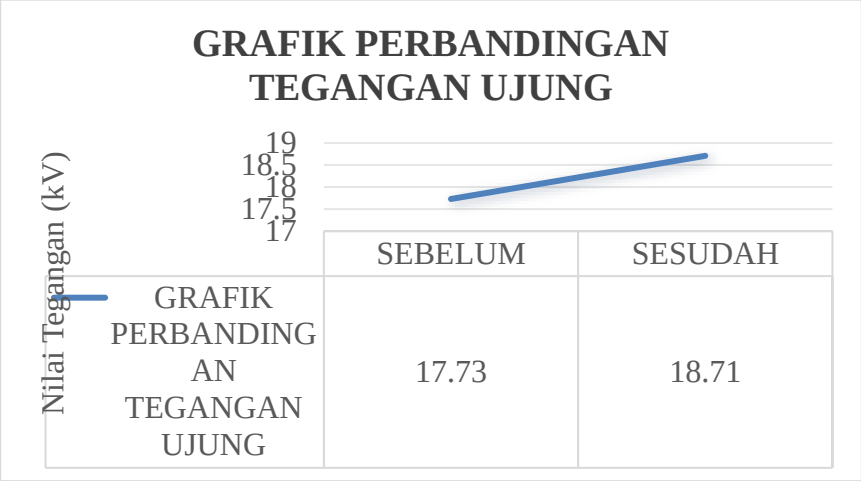
Gambar 15 Simulasi ETAP pada Zona Empat Jurusan Arga Jaya

Tabel 8 Hasil tegangan ujung penyulang Express Feeder Ipuh berdasarkan percobaan ETAP 19.0.1

TEGANGAN SUMBER (kV)	TEGANGAN UJUNG (kV)
20 kV	18,710 kV

Tabel 9 Perbandingan nilai tegangan ujung sebelum dan sesudah pembangunan Express Feeder berdasarkan percobaan ETAP 19.0.1

TEG. UJUNG SEBELUM (kV)	TEG. UJUNG SESUDAH (kV)
17,730 kV	18,710 kV



Gambar 16 Grafik Perbandingan nilai tegangan ujung sebelum dan sesudah pembangunan Express Feeder dengan ETAP

Hasil perbandingan nilai tegangan ujung antara sebelum dan sesudah dilakukan rekonfigurasi menurut ETAP 19.0.1 Dimana nilai tegangan ujung mengalami perubahan yang awalnya 17,73 kV pada saat sesudah menjadi 18,71kV.

Tabel 10 Perbandingan nilai tegangan ujung sebelum dan sesudah sesuai keadaan Real dilapangan.

TEG. UJUNG SEBELUM (kV)	TEG. UJUNG SESUDAH (kV)
17,734 kV	19,025 kV

Hasil perbandingan nilai tegangan ujung antara sebelum dan sesudah dilakukan Pembangunan *Express Feeder* menurut keadaan real lapangan. Dimana nilai tegangan ujung mengalami perubahan yang awalnya 17,740 kV pada saat sesudah menjadi 19,025 kV.

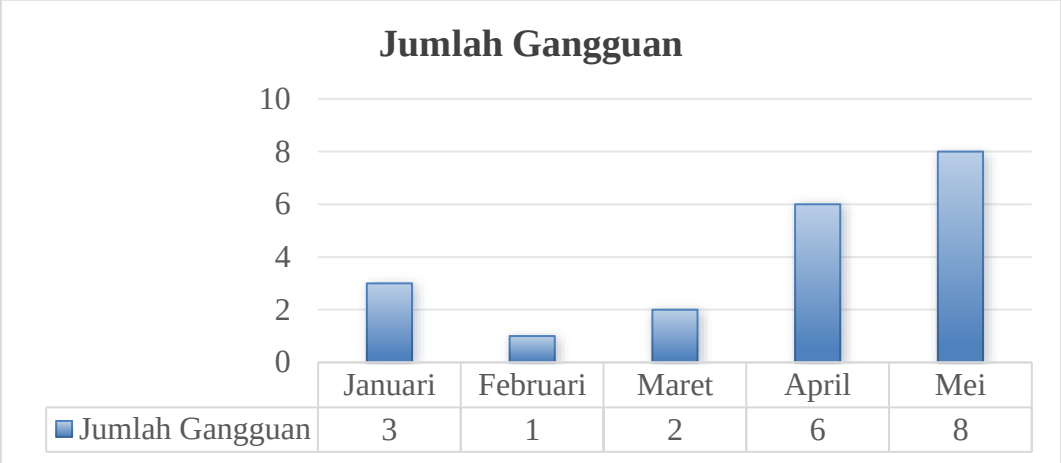
Tabel 11 Perbandingan nilai tegangan ujung dan rugi daya Pembangunan Express Feeder Ipuh sesuai metode ETAP, perhitungan, dan realisasi.

DAMPAK PEMBANGUNAN *Express Feeder*	TEGANGAN			Rugi Daya Total (kW)	%ΔV Total (%)
	PERHITUNGAN (kV)	ETAP (kV)	REAL DILAPANGAN (kV)		
SEBELUM	17,844 kV	17,730 kV	17,734 kV	76,146	10,78
SESUDAH	18,528 kV	18,710 kV	19,025 kV	52,129	7,36

Hasil perbandingan nilai tegangan ujung sebelum dan sesudah pembangunan *Express Feeder* dilakukan menurut tiga metode ini, nilai tegangan ujung jaringan tidak terlalu jauh perbedaan. Dimana sebelum pembangunan *Express Feeder* ini diperoleh nilai perhitungan sebesar 17,84 kV dengan simulasi ETAP sebesar 17,73 kV dan realita lapangan sebesar 17,73 kV. Sedangkan sesudah pembangunan *Express Feeder* diperoleh nilai perhitungan sebesar 18,52 kV dengan simulasi ETAP sebesar 18,71 kV dan realita lapangan sebesar 19,025 kV. Untuk nilai rugi daya sebelum pembangunan *Express Feeder* di angka 76,14 kW dengan persentase 10,78% dan sesudah pembangunan *Express Feeder* turun menjadi 52,12 kW dengan persentase 7,36%.

Analisa ENS sebelum dan sesudah Pembangunan *Express Feeder*

Perbandingan yang dilakukan adalah dengan membandingkan jumlah gangguan penyulang yang terjadi selama 5 bulan terakhir pada penyulang Retak Mudik di ULP Mukomuko sebelum dan sesudah pembangunan *Express Feeder*, dapat dilihat pada Gambar 4.23, sementara detail gangguan penyulang yang terjadi terlihat pada Tabel 4.14.



Gambar 17 Grafik Gangguan Penyulang PLN ULP Mukomuko Tahun 2024

Tabel 12 Daftar Gangguan Penyulang PLN ULP Mukomuko Tahun 2024

Daftar Gangguan Penyulang ULP Mukomuko Tahun 2024				
Tanggal	**Penyulang**	**Jam Padam**	**Jam Nyala**	**Lama Padam (Jam)**
24.01.2023	Retak Mudik	8:54	9:14	0:20:00
27.01.2023	Retak Mudik	12:25	13:30	1:05:00
29.01.2023	Retak Mudik	8:34	9:17	0:43:00
08.02.2023	Retak Mudik	13:39	13:44	0:05:00
23.03.2023	Retak Mudik	8:23	8:25	0:02:00
24.03.2023	Retak Mudik	22:30	23:13	0:43:00
05.04.2023	Retak Mudik	6:46	7:37	0:51:00
09.04.2023	Retak Mudik	20:11	20:26	0:15:00
17.04.2023	Retak Mudik	6:36	6:58	0:22:00
23.04.2023	Retak Mudik	19:33	0:30	4:57:00
24.04.2023	Retak Mudik	18:30	20:36	2:06:00
25.04.2023	Retak Mudik	6:11	7:55	1:44:00
05.05.2023	Retak Mudik	11:47	12:26	0:39:00
06.05.2023	Retak Mudik	7:45	8:20	0:35:00
07.05.2023	Retak Mudik	12:00	13:54	1:54:00
08.05.2023	Retak Mudik	15:32	19:05	3:33:00
09.05.2023	Retak Mudik	6:50	10:15	3:25:00
16.05.2023	Retak Mudik	23:23	23:30	0:07:00
22.05.2023	Retak Mudik	15:21	16:10	0:49:00
24.05.2023	Retak Mudik	6:19	7:13	0:54:00

Dengan tabel diatas dapat dilihat durasi padam tiap gangguan yang terjadi, dengan memperhitungkan total durasi padam per penyulang per bulan maka dapat diketahui nilai indeks Energy Not Saving (ENS) Penyulang Retak Mudik sebelum dan sesudah dilakukannya pembangunan *Express Feeder*.

Saving kWh

Jika diasumsikan pemakaian pada simulasi ETAP ini, pada saat beban full, dalam 24 jam, maka nilai rugi daya dalam 1 hari sebelum pembangunan *Express Feeder* adalah:

Total Rugi Daya Rata-rata (1 Hari) = Total Rugi Daya Rata – Rata Feeder 1 x 24 jam
= 76,146 x 24 jam
= 1.827,50 kWh

Total Rugi Daya Rata-rata (30 Hari) = Total Rugi Daya Rata – Rata Feeder 1 x 30 hari
= 1.827,50 kWh x 30 hari

= 54.825 kWh

Sedangkan nilai rugi daya dalam 1 hari setelah pembangunan *Express Feeder* adalah:

Total Rugi Daya Rata-rata (1 Hari)= Total Rugi Daya Rata – Rata Feeder 1 x 24 jam

= 52,129 x 24 jam

=1.251,09 kWh

Total Rugi Daya Rata-rata (30 Hari) = Total Rugi Daya Rata – Rata Feeder 1 x 30 hari

= 1.251,09 kWh x 30 hari

=37.532,7 kWh

Terdapat penurunan nilai rugi daya, sebelum pembangunan *Express Feeder* nilai rugi daya sebesar 54.825 kWh turun menjadi 37.532,7 kWh, sehingga didapatkan saving kWh sebesar 17.293 kWh dalam waktu 1 bulan.

Konversi nilai susut energi akibat rugi daya dalam bentuk rupiah dalam waktu satu bulan adalah sebagai berikut:

a) Sebelum pembangunan Express Feeeder

Total Rugi Energi Rata-rata x Tarif Dasar Listrik = 54.825 kWh x Rp. 1.444,00

= Rp 79.167.300

b) Setelah pembangunan Express Feeeder

Total Rugi Energi Rata-rata x Tarif Dasar Listrik = 37.532,7 kWh x Rp. 1.444,00

= Rp 54.197.218,8

Jika diasumsikan 30 hari maka total rupiah susut menjadi Rp 54.197.218,8 dari Rp 79.167.300 kondisi sebelum pembangunan *Express Feeder* dalam waktu 1 bulan.

Sehingga didapatkan nilai saving penjualan sebesar:

= Rp 79.167.300 - Rp 54.197.218,8

= Rp 24.970.082 dalam 1 bulan.

Persentase nilai saving kWh setelah dilakukannya pembangunan *Express Feeder* adalah sebagai berikut:

$= \frac{\text{Rp } 54.197.218}{\text{Rp } 79.167.300}$ x 100%

= 68,45%

Jadi, didapatkan nilai saving penjualan setelah dilakukannya pembangunan *Express Feeder* adalah Rp 24.970.082 dalam 1 bulan atau Rp 299.640.984 dalam 1 tahun dengan persentase sebesar 68,45%.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, sebelum pembangunan Express Feeder pada penyulang Retak Mudik, persentase rugi-rugi daya tercatat sebesar 10,78%. Namun, setelah pembangunan Express Feeder, rugi-rugi daya mengalami penurunan menjadi 7,36%. Penurunan ini menunjukkan bahwa rugi-rugi daya pada Feeder Retak Mudik telah sesuai dengan standar yang ditetapkan dalam SPLN 72:1987, menandakan bahwa peningkatan efisiensi daya telah berhasil dicapai melalui pembangunan tersebut. Selain itu, nilai tegangan ujung sebelum pembangunan Express Feeder adalah 17,734 kV, dengan penurunan tegangan sebesar 11,33% dari tegangan nominal. Setelah pembangunan, nilai tegangan ujung meningkat menjadi 19,025 kV, dengan penurunan tegangan hanya sebesar 4,88%. Hasil ini juga telah sesuai dengan ketentuan standar SPLN 72:1987, menunjukkan peningkatan kualitas distribusi tegangan yang lebih stabil dan efisien.

Pembangunan Express Feeder ini juga berkontribusi pada peningkatan kehandalan sistem distribusi listrik pada penyulang Retak Mudik. Hal ini terlihat dari penurunan nilai Energy Not Serve (ENS) sebesar 5.248,34 kWh selama lima bulan (Januari-Mei) 2024. Dengan adanya Express Feeder, pemadaman baik yang terencana maupun tidak terencana pada penyulang Retak Mudik tidak lagi berdampak signifikan terhadap pelanggan di GH Rainbow. Selain itu, terdapat penghematan konsumsi energi sebesar Rp 24.970.082 per bulan, yang jika diakumulasikan dalam satu tahun mencapai Rp 299.640.984, dengan persentase penghematan sebesar 68,45%. Adapun saran untuk penelitian lanjutan adalah agar peneliti lain dapat menggunakan berbagai aplikasi lain dalam menghitung masalah rugi daya dan penurunan tegangan pada jaringan, untuk mendapatkan hasil yang lebih komprehensif dan akurat.

DAFTAR PUSTAKA

1□, U.E. and Uyan, R. (2016) ‘Reliability Analyses of Electrical Distribution System: A Case Study’, *International Refereed Journal of Engineering and Science*, 5(12), pp. 94–102.

Affandy, I., Arjana, I.G.D. and Indra Partha, C.G. (2021) 'Pengaruh Rekonfigurasi Penyulang Terhadap Drop Tegangan Penyulang Penebel dan Penyulang Jatiluwih PT. PLN (Persero) ULP Tabanan', *Jurnal Sosial Teknologi*, 1(7), pp. 724–734. Available at: https://doi.org/10.59188/jurnalsostech.v1i7.137.

Akpojedje, F.O. and Ogujor, E.A. (2021) 'The Sway of Optimal Network Reconfiguration and Contingency Analysis on Electric Power Distribution System', *ABUAD Journal of Engineering Research and Development (AJERD)*, 4(1), pp. 62–73.

Handajadi, W. (2015) 'Managemen energi upaya peningkatan kualitas daya listrik dalam industri rumah tangga', *Yogjakarta*, pp. 18–23.

I Made Agus Mahardiananta, Putu Aries Ridhana Arimbawa and Dewa Ayu Sri Santiari (2020) 'Perhitungan Drop Tegangan Sistem Distribusi Menggunakan Metode Aliran Daya', *Jurnal RESISTOR (Rekayasa Sistem Komputer)*, 3(1), pp. 13–18. Available at: https://doi.org/10.31598/jurnalresistor.v3i1.453.

Kasus, S., Pt, D.I. and Raya, A. (2009) 'No . 32 Vol . 1 Thn . XVI November 2009 ANALISIS KEDIP TEGANGAN (VOLTAGE SAGS) AKIBAT PENGASUTAN MOTOR INDUKSI DENGAN BERBAGAI METODE PENGASUTAN Andi Pawawoi TeknikA ISSN : 0854-8471 TeknikA', 1(32), pp. 49–56.

Osahenvemwen, O.A. and Omorogiuwa, O. (2015) 'Parametric Modeling of Voltage Drop in Power Distribution Networks', *International Journal of Technical Research and Applications*, 3(3), pp. 356–359.

Penangsang, O. *et al.* (2023) 'Determination of location and capacity of distributed generations with reconfiguration in distribution systems for power quality improvement', *International Journal of Electrical and Computer Engineering*, 13(1), pp. 28–38. Available at: https://doi.org/10.11591/ijece.v13i1.pp28-38.

Statistik, P. (2022) 'Statistik pln', *Statistik PLN*, (03001–230526), p. 98.