



SNTET
Seminar Nasional Teknik Elektro dan Informatika

PROCEEDING SEMINAR NASIONAL TEKNIK ELEKTRO DAN INFORMATIKA (SNTET 2021)

**"MENJAWAB TANTANGAN INOVASI DAN
TEKNOLOGI 5G PADA MASA PANDEMI COVID-19"**



**POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG
MAKASSAR, 21 SEPTEMBER 2021**



Jurusan Teknik Elektro
Politeknik Negeri Ujung Pandang



BUANA
PRIMA
RAYA



TAMARA
OVERSEAS
CORPORATION

ISBN: 978-623-91293-3-0
Publikasi Jurusan Teknik Elektro

PROCEEDING SEMINAR NASIONAL TEKNIK ELEKTRO DAN INFORMATIKA (SNTEI) 2021

Makassar, 21 September 2021

**Tema:
Menjawab Tantangan Inovasi dan Tegnologi 5G
pada Masa Pandemi Covid-19**

Bidang Ilmu:

Teknik Elektronika, Kontrol dan Informatika

Teknik Informasi dan Komunikasi

Teknik Komputer dan Jaringan

Teknik Multimedia dan Jaringan

Teknik Telekomunikasi

Teknik Kelistrikan

**Penerbit:
Jurusan Teknik Elektro
Politeknik Negeri Ujung Pandang
Jl.Perintis Kemerdekaan KM 10 Makassar
2021**

PROCEEDING SEMINAR NASIONAL TEKNIK ELEKTRO DAN INFORMATIKA (SNTEI) 2021

Tema: Menjawab Tantangan Inovasi dan Tegnologi 5G pada Masa Pandemi Covid-19

ISBN :

Tim Reviewer:

- Dr. Ir. Satriani Said Akhmad, M.T. (Koordinator)
- Dr. Ir. Hafsah Nirwana, M.T.
- Dr. Eng. Sarwo Pranoto, S.T., M.Eng.
- Ahmad Rizal Sultan, S.T., M.T., Ph.D.
- Irfan Syamsuddin, S.T., M.Com.ISM., Ph.D.
- Dharma Aryani, S.T., M.T., Ph.D.
- Marwan, S.T., M.Eng.Sc., Ph.D.
- Sirmayanti, S.T., M.Eng.St., Ph.D.
- Iin Karmila Yusri, S.ST., M.Eng.Sc., Ph.D.
- Dr. Ir. Zahir Zainuddin, M.Sc.

Tim Editor:

- Meylanie Olivya (Koordinator)
- Wisna Saputri
- Sarma Thaha
- Arni Litha
- Sahbuddin Abdul Kadir

Desain Sampul dan Tata Letak:

- Alvian Bastian

Penerbit:

Jurusan Teknik Elektro – Politeknik Negeri Ujung Pandang

Redaksi:

Jalan Perintis Kemerdekaan Km. 10 Tamalanrea, Makassar 90245

Tlp. 0411-585368

E-mail: teknik-elektro@poliupg.ac.id

Cetakan pertama, 2021

Reproduksi atau penerjemahan sebagian atau keseluruhan dari makalah-makalah ini harus seizin dari Panitia SNTEI 2021, Jurusan Teknik Elektro - Politeknik Negeri Ujung Pandang. Segala tindakan/perbuatan tanpa seizin dari pemilik hak cipta adalah suatu pelanggaran hukum. Pengajuan ijin atau informasi lebih lanjut, harus dialamatkan ke Panita SNTEI 2019, Jurusan Teknik Elektro - Polteknik Negeri Ujung Pandang

**SUSUNAN PANITIA
SEMINAR NASIONAL TEKNIK ELEKTRO DAN INFORMATIKA (SNTEI) 2021**

Pelindung	:	Prof. Ir. Muhammad Anshar, M.Si., Ph.D. (Direktur PNUP)
Pengarah	:	Ahmad Zubair Sultan, S.T., M.T., Ph.D. (WD I PNUP) Dr. Sirajuddin Omsa, S.E., M.Ed.Mgmt. (WD II PNUP) HR. Fajar, S.T., M.Eng. (WD III PNUP)
Penanggung Jawab	:	Ahmad Rizal Sultan, S.T., M.T., Ph.D. (Ketua Jurusan Teknik Elektro)
Ketua Pelaksana	:	Mardhiyah Nas, S.T., M.T.
Sekretaris	:	Andarini Asri, S.T., M.T.
Wakil Sekretaris	:	Tantri Indrabulan, S.T., M.T.
Bendahara	:	Mardawia Mabe Parenreng., S.ST., M.T.

Seksi Pendaftaran :

1. M. Nur Yasir Utomo, S.ST., M.Eng. (Koordinator)
2. Nandy Rizaldy Najib, S.T., M.T.
3. Reski Praminasari, S.T., M.T.
4. Musfirah Putri Lukman, S.T., M.T.

Seksi Prosiding :

1. Meylanie Olivya, S.T., M.T. (Koordinator)
2. Wisna Saputri Alfira WS, S.Pd., M.T.
3. Sarma Thaha, S.T., M.T.,
4. Arni Litha, S.T., M.T.
5. Sahbuddin Abdul Kadir, S.T., M.T.

Seksi Komsumsi :

1. Kurniawati Naim, S.T., M.T. (Koordinator)
2. Dr. Khairun Nisa, S.Pd.I., M.Pd.I.
3. Zawiyah Saharuna, S.T., M.T.
4. Hasmiati

Seksi Acara :

1. Alamsyah Achmad, S.Pd., M.T. (Koord.)
2. Naely Muchtar, S.Pd., M.Pd.
3. Sofyan, S.T., M.T.
4. Syahril Syam, S.Kom., M.T
5. Kartika Dewi, S.T., M.T.

Seksi Publikasi dan Dokumentasi :

1. Alvian Bastian, S.ST., M.Sc. (Koordinator)
2. Syahrir, S.T., M.T
3. Muh. Ahyar, S.T., M.T.
4. Bagus Prasetyo, S.Pd., M.T.
5. Nurul Khaerani Hamzidah, S.T., M.T.

Seksi Perlengkapan dan Akomodasi :

1. Usman, S.T., M.T. (Koordinator)
2. Muh. Imran Bachtiar, S.T., M.T.
3. Kazman Riyadi, S.T., M.T.
4. Misra Angraeni, A.Md.
5. Zamrutdin
6. Syafaruddin

Seksi Pembantu Umum :

1. Irmawati, S.T., M.T.
2. Dr. Ir. Hafsah Nirwana, M.T.
3. Ir. Dahlia, M.T.
4. Ruslan L, S.T., M.T.
5. Yuniarti, S.ST., M.T.
6. Fitriaty Pangerang, S.T., M.T.
7. Ahmad Rosyid Idris, S.T., M.T.
8. Eddy Tungadi, S.T., M.T.
9. Asriyadi, S.ST., M.Eng.
10. Ir. Abdullah Bazergan, M.T.
11. Nurdinah

KATA PENGANTAR

Puji syukur dipanjatkan kepada Tuhan YME atas selesainya penyusunan Publikasi Ilmiah atau Proceeding Jurnal Ilmiah. Proceeding ini adalah kumpulan hasil persentasi pada Seminar Teknik Elektro dan Informatika (SNTEI) 2021 yang diselenggarakan pada hari Selasa tanggal 21 September 2021 di Kampus 2 Politeknik Negeri Ujung Pandang, Maros, Sulawesi Selatan oleh Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Ujung Pandang (PNUP).

Dampak pandemi virus corona membuat semua orang kembali ke norma global selama beberapa bulan terakhir. Ditambah dengan teknologi yang muncul, ketidakpastian politik dan ekonomi, COVID-19 akan mengubah seluruh sistem ekonomi dan teknologi. Selain itu, pendidikan sedang mengalami pergeseran besar dalam dunia maya yang semakin digital dan saling terhubung. Ketahanan dan konektivitas akan menjadi semboyan baru karena dunia institusi dan industri berusaha menyesuaikan diri dengan masa depan yang tidak dapat diprediksi ini.

Indonesia sendiri menyadari bahwa upaya penerapan jaringan 5G akan menuntut belanja modal yang besar khususnya untuk penyediaan small-cell densification 5G serta ekosistem digital yang canggih. Oleh karena itu, Menteri Kominfo menyatakan ibu kota negara baru Indonesia ini akan menjadi kota kandidat terbaik dan potensial untuk menerapkan 5G pertama di Indonesia. Selain Ibu Kota baru/Ibu Kota Negara (IKN), eilayah lain yang akan secara terbatas diterapkan sinyal 5G yaitu enam ibu kota provinsi di Pulau Jawa, lima destinasi wisata superprioritas dan satu industri manufaktur. Sehingga, jumlah yang terbatas itu sebanyak 13 wilayah dengan target rampung pada 2024 mendatang. Kemajuan teknologi telekomunikasi menuntut adanya transformasi, tidak terkecuali dalam bidang pendidikan.

Kami selaku penyelenggara SNTEI tahun 2021 menyampaikan terima kasih kami kepada seluruh pihak yang telah memberikan dukungan untuk terselenggaranya kegiatan ini dan para peserta yang turut hadir pada kegiatan ini. Penghargaan kami yang setinggi tingginya kepada para akademisi dan mahasiswa dari beberapa institusi Pendidikan yang berkenan mendaftarkan makalah. Ungkapan syukur dan terima kasih juga kami haturkan kepada seluruh panitia SNTEI 2021 serta tim reviewer yang telah bekerja dengan kesungguhan hati dan semangat demi suksesnya kegiatan ini. Semoga rangkaian kegiatan SNTEI 2021 memberikan banyak manfaat dan pengetahuan untuk seluruh peserta dan masyarakat.

Makassar, September 2021

Wassalam,

Panitia Pelaksana

DAFTAR ISI

Halaman Judul		i
Susunan Panitia		iii
Kata Pengantar		iv
Daftar Isi		v
1. SNTEI2021_TIL01	Analisis Pengujian Pemutus Tenaga (PMT) Bay Punagaya Dalam Pemeliharaan Dua Tahunan di Gardu Induk Tallasa Andi Muhammad Fikri, Hatma Rudito, Usman	1
2. SNTEI2021_TIL02	Analisis Pengaruh Ketidakseimbangan Beban Trafo Distribusi 20 Kv Terhadap Rugi-Rugi Daya dan Efisiensi pada Penyulang Hertasning Baru PT PLN (Persero) ULP Panakukkang Makassar Zulkhulaifah, Bakhtiar, Hatma Rudito	6
3. SNTEI2021_TIL03	Analisis Potensi Ampas Tebu Sebagai Pembangkit Listrik Biomassa Di Pabrik Gula Takalar Braymand Beril Leko, Nirwan A. Noor, Usman	12
4. SNTEI2021_TIL04	Analisis Pengaruh Rekonfigurasi Jaringan terhadap Keandalan Sistem Distribusi 20 KV PT. PLN (Persero) Unit Satriani Said Akhmad, Bakhtiar, Nirmayani	17
5. SNTEI2021_TIL05	Analisis Pengaruh Ketidakseimbangan Beban Terhadap Rugi-Rugi Daya Dan Arus Netral Di Baloiya Kepulauan Selayar Serta Dampaknya Terhadap Pelanggan Distribusi Ahmad Rifky Muflizar, Hatma Rudito, Ahmad Rosyid Idris	24
6. SNTEI2021_TIL06	Analisis Perbaikan Faktor Daya Pada PT. Sari Usaha Mandiri Satriani Said Akhmad, Muhammad Zulfikar Budi, Ahmad Rizal Sultan	29
7. SNTEI2021_TIL07	Perancangan Modul Praktikum Catu Daya Dan Tegangan Menengah Pada Bengkel Tegangan Menengah Jurusan Teknik Elektro PNUP Merdin Kasim, Sofyan, Usman	35
8. SNTEI2021_TIL08	Pengujian Tahanan Isolasi pada Pemutus Tenaga (PMT) 20 kV Di Gardu Induk Tello 150 kV Satriani Said Akhmad, Adelina Sukriyanti Jamin	40
9. SNTEI2021_TIL09	Proteksi Transmisi 150 kV Maros – Sungguminasa Menggunakan Metode Pentanahan Langsung (Direct Grounding) Arfan Jaya, Ahmad Rizal Sultan, Agus Salim	44
10. SNTEI2021_TIL10	Analisis Koordinasi Recloser Dan Fco (Fuse Cut Out) Pada Feeder Express Mangkutana Out Kalaena PT. PLN (Persero) ULP Tomoni Nurfadilla Arif, Aksan, Hamdani	51

11.	SNTEI2021_TIL11	Analisis Kebutuhan Daya Listrik Pada Kapal Curah KM TL XVIII Dalam Rangka Efisiensi Energi Rizka Ananda Marwan, Aksan, Nirwan A. Noor	57
12.	SNTEI2021_TIL12	Analisis Efisiensi Generator Pada Unit 1 Pembangkit Listrik Tenaga Uap 2x25 MW PT. Rekind Daya Mamuju Fitri Wildani, Syarifuddin, Sarma Thaha	63
13.	SNTEI2021_TIL13	Analisis Uji Kapasitas Baterai Pada Gardu Induk 150 KV Di Bantaeng New Ra'uf S, Hamdani, Aksan	68
14.	SNTEI2021_TIL14	Analisis Fuse Cut Out Sebagai Proteksi Penyulang Tondon pada Jaringan Distribusi di PT. PLN (Persero) ULP Rantepao Evan Januar Paembonan, Ahmad Rizal Sultan, Sofyan	74
15.	SNTEI2021_TIL15	Analisis Penyebaran Harmonisa Pada Sistem Distribusi Radial Kota Bandar Lampung Menggunakan Metode Forward Backward Sweep dan Harmonic Load Flow Muhira Dzar Faraby, Muhammad Daffa Cahyono Putra, Ontoseno Penangsang, Rony Seto Wibowo, Dimas Fajar Uman Putra, Mukhlisin, Andi Fitriati	80
16.	SNTEI2021_TIL16	Audit Energi Dan Analisis Peluang Penghematan Konsumsi Energi Listrik Pada Gedung Balai Teknik Kesehatan Lingkungan Dan Pengendalian Penyakit Kelas I Makassar Aditya Narayana Amurwa Bumi, Hamma, Tadjuddin	86
17.	SNTEI2021_TIL17	Analisis Rugi-Rugi Daya Akibat Kerusakan Jointing Melalui Hotspot Thermovision pada PT. PLN (Persero) Unit Layanan Pelanggan Rantepao Anisah Tsalis Mustari, Sarwo Pranoto, Tajuddin	93
18.	SNTEI2021_TIL18	Analisis Pengaruh Pemasangan Sistem On Load Shedding (OLS) Pada Sisi Sekunder Transformator Tenaga I di Gardu Induk Mandai 70 kV Rizki Tia Shoffi, Tadjuddin, Kurniawati Naim	98
19.	SNTEI2021_TIL19	Analisis Pengaruh Pemasangan Counterpoise pada Tower Transmisi Saluran Udara Tegangan Tinggi 70 kV Line Mandai-Pangkep Ahmad Rosyid Idris, Usman, Wanda Suyono	104
20.	SNTEI2021_TIL20	Analisis Penambahan Kapasitor Shunt Untuk Memperbaiki Faktor Daya Pada Sisi Jaringan Tegangan Rendah Di PT. Semen Tonasa Unit V Mega, Purwito, Ruslan L	110
21.	SNTEI2021_TIL21	Analisis Koordinasi dan Setting Rele Arus Lebih pada Motor Induksi 6,3 KV di PLTU Mamuju A. M. Nur Ramadan, Satriani Said Akhmad, Alimin Laundung	116
22.	SNTEI2021_TIL22	Analisis Rugi-Rugi Daya Akibat Ketidakseimbangan Beban pada Jaringan Distribusi Sekunder di PT. PLN (Persero) ULP Watang Sawitto Irawati Bursa, Ruslan L, Nirwan A. Noor	122

23.	SNTEI2021_TIL23	Analisis Drop Tegangan Pada Jaringan Tegangan Rendah PT. PLN (Persero) Unit Layanan Pelanggan (ULP) Panakkukang Nurainun Septiani, Sarma Thaha, Naely Muchtar	129
24.	SNTEI2021_TIL24	Perencanaan Gardu Distribusi PT. Maccon Indonesia Nur Ilmi Hamma	136
25.	SNTEI2021_TIL25	Analisis Audit Energi Listrik pada PT PLN (Persero) Unit Layanan PLTA Bilibili Kab. Gowa Darul Falah	142
26.	SNTEI2021_TIL26	Analisis Pengoperasian Governor Sebagai Pengatur Kestabilan Frekuensi Pada PLTU Mamuju 2 x 25 MW Nur Azizah Karim, Purwito, Hamdani	147
27.	SNTEI2021_TIL27	Rancang Bangun Modul Pembangkit Listrik Tenaga Bayu Alfian Hidayat Rachman, Aksan, Ashar AR	152
28.	SNTEI2021_TIL28	Analisis Gangguan Gardu Distribusi Di PT PLN (Persero) ULP Watang Sawitto Dian Fath Ashari, Ruslan L, Alimin	158
29.	SNTEI2021_TIL29	Evaluasi Kinerja Setting Proteksi Over Current Relay dan Ground Fault Relay Jaringan Distrbusi 20 kV pada Gardu Induk Pankkukang Mustari Rauf	162
30.	SNTEI2021_TIL30	Anasis Susut Energi (Losses) Jaringan Tegangan Menengah (20KV) Di Bandar Udara Internasional Sultan Hasanuddin Makassar Tri Wahyudi Listin, Sarma Thaha, Kurniawati Naim	168
31.	SNTEI2021_TIL31	Analisis Pengaruh Harmonisa Terhadap Rugi – Rugi Daya Pada Transformator Distribusi Ulp Karebosi Dwi Apriliansyah, Purwito, Ahmad Gaffar	178
32.	SNTEI2021_TIL32	Analisis Baterai Dalam Mempertahankan Keandalan Pembangkit Listrik Tenaga Uap Punagaya 2X100 MW Abimanyu	185
33.	SNTEI2021_TIK01	SIPEDAS (Sistem Penyiraman Cerdas menggunakan Selang dengan Pengontrol Waktu pada Tanaman Bawang Merah) Kisma, Arni Septiani, Zulfiandari, Wa Ode Zalmawati, Dahlia Nur	192
34.	SNTEI2021_TIK02	Rancang Bangun Management Service Platform (MENTOR) sebagai Pendukung Ekosistem IoT Muhammad Baso Adrian Ibrahim, Kasim, Eddy Tungadi	197
35.	SNTEI2021_TIK03	Analisis Jarak Jangkauan Jaringan Fiber To The Home (FTTH) dengan Teknologi Gigabit Passive Optical Network (GPON) Berdasarkan Link Power Budget Nurwahidah Jamal, Maria Ulfah, Andi Sri Irtawaty	203

36. SNTEI2021_TIK04	Implementasi Augmented Reality Sebagai Media Pembelajaran untuk Pengenalan Komponen Total Station Adelya Putri Restika, Hafsa Nirwana, Asriyadi	208
37. SNTEI2021_TIK05	Teknologi Open Source Untuk Lomba Keamanan Jaringan Berbasis CTF Sultan Baharuddin Ulil Amrie, Eddy Tungadi, Irfan Syamsuddin	215
38. SNTEI2021_TIK06	Alat Peraga Pendidikan bagi Anak Usia Dini Menggunakan Radio Frequency Identification (RFID) Abdullah Bazergan, Rizal A. Duyo, Atriyani, Novita	219
39. SNTEI2021_TIK07	Sistem Monitoring Dan Controlling Lampu Lalu Lintas Berbasis Wireless Sensor Network Menggunakan Lora Gabril Hozanna, Dahlia Nur, Kasim	223
40. SNTEI2021_TIK08	Aplikasi Pembelajaran Sejarah Berbasis Seamless Learning A.M. Yusril Ika Ramadhan, Dahlia Nur, Eddy Tungadi	229
41. SNTEI2021_TIK09	Sistem Rencana Kerja Tahunan Politeknik Negeri Ujung Pandang Fibriani, Iin Karmila Yusri, Rini Nur	235
42. SNTEI2021_TIK10	Tani Emergency Assistant (TEMAN) Untuk Petani Padi Nurul Arina, Muhammad Rafli Salam, Ainun Trisnaningrun, Muh. Alief Hanafie, Maemunah, Eddy Tungadi	241
43. SNTEI2021_IOT01	Rancang Bangun Alat Penetas Telur Otomatis Berbasis Iot Farah Ardhia Maharani, Fia Magfirah, Hafsa Nirwana, Farchia Ulfiah	245
44. SNTEI2021_IOT02	Rancang Bangun Sistem Kontrol Suhu dan Kelembaban Sarang Burung Walet Berbasis Internet Of Things Poppy Tri Ningsih, Tadjuddin, Andi Wawan Indrawan	251
45. SNTEI2021_IOT03	Rancang Bangun Pendeteksi Keberadaan Sepeda Motor Berbasis Bluetooth Muh. Alwi Nur, Natalia Milenia Baussa, Hafsa Nirwana, Farchia Ulfiah	258
46. SNTEI2021_IOT04	Rancang Bangun Sistem Keamanan Rumah Berbasis Internet of Things Aulia Ramadhani	262
47. SNTEI2021_IOT05	Rancang Bangun Sistem Notifikasi Kebakaran Menggunakan Aplikasi Telegram Kartika Dewi, Mohammad Adnan, Farhan Zulfauzi, Nur Fachirah	267
48. SNTEI2021_IOT06	Rancang Bangun Prototype Smart Parking Berbasis Internet of Things (Iot) Arni Litha, Sahbuddin Abdul Kadir, Divya Andini A.M, Wikhe Apriani Paulus	271
49. SNTEI2021_IOT07	Rancang Bangun Monitoring Pengunjung Mall dengan Standar Covid-19 Berbasis Arduino Novianty Palinggi, Nik Abdul Aziz M., Daniel Kambuno, Nur Aminah	276

50.	SNTEI2021_IOT08	Rancang Bangun Sistem Penghemat Air pada Rumah Kost berbasis Internet of Things (IoT) Christian Lumembang, Dr. Khairun Nisa, Muhammad Fauzan Nur, Risqal Maftuchah	281
51.	SNTEI2021_IOT09	Rancang Bangun Electronic Load Control Generator Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro Berbasis Mikrokontroler dan IoT Muh. Arga Basri, Sofyan, Kurniawati Naim	288
52.	SNTEI2021_IOT10	Rancang Bangun Sistem Akuisisi Data Solar Power Meter Berbasis Internet of Things (IoT) Umar Muhammad, Syahrul Mustafa, Sofyan	294
53.	SNTEI2021_IOT11	Kacamata Cerdas untuk Melihat Hasil Pengukuran Tegangan Berbasis Mikrokontroler Sahbuddin Abdul Kadir, Yuniarti, Astriana, Itzmi Azizah Hasim	300
54.	SNTEI2021_IOT12	Rancang Bangun Kontrol Kwh Meter Satu Phasa Berbasis Internet Of Things A.Inayah Padlia Mustamin, Thalib Bini, Tadjuddin	305
55.	SNTEI2021_TEK01	Implementasi Kontrol PID untuk Analisis Pengaturan Kecepatan Motor DC Menggunakan STM32 Ari Murtono, Fitri, Leonardo Kamajaya, Muhammad Shulton Al amin	310
56.	SNTEI2021_TEK02	Penalaan Parameter PID dengan Metode Ziegler-Nichols untuk Optimasi Kontrol Kecepatan Motor pada Alat Spin Coater Nasrul Hamid, Ahyar Mansur	315
57.	SNTEI2021_TEK03	Implementasi Sistem Pembasmi Hama Pada Budi Daya Bawang Merah Berbasis Mikrokontroler Yuniarti, Mardiyah Nas, Egy Diasafitri Muhtl, Rahma Hamsi	320
58.	SNTEI2021_TEK04	Sistem Pencacah Adaptif dengan Pintu Otomatis Berbasis Mikrokontroler Christian Natanael T, Junita Pata'dungan S, Hafsa Nirwana, Nuraeni Umar	323
59.	SNTEI2021_TEK05	Rancang Bangun Robot Pengangkut Barang Untuk Monitoring Stok Gudang Berbasis Arduino A. Nur Intang, Andhini Dwi Saputri, Dharma Aryani, Khairun Nisa	326

Analisis Perbaikan Faktor Daya Pada PT. Sari Usaha Mandiri

Satriani Said Akhmad¹, Muhammad Zulfikar Budi², Ahmad Rizal Sultan³

^{1,2,3} Teknik Elektro, Politeknik Negeri Ujung Pandang

¹satrianisaid85@gmail.com

²fikar29499@gmail.com

³rizal.sultan@poliupg.ac.id

Abstrak

Energi listrik setiap tahunnya mengalami peningkatan kebutuhan yang sangat signifikan dan menuntut penyedia tegangan listrik untuk memberikan suplai tenaga listrik yang cukup berkualitas. Peningkatan kebutuhan energi juga diikuti dengan permintaan daya reaktif akibat beban yang bersifat induktif juga meningkat. PT. Sari Usaha Mandiri merupakan salah satu pengguna beban induktif yang cukup besar, karena banyak menggunakan motor listrik atau beban yang bersifat induktif. Dalam penulisan ini, penulis mencoba menguraikan secara ringkas pemanfaatan Kapasitor Bank yang digunakan di PT. Sari Usaha Mandiri. Dari data dan hasil penelitian yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan bahwa pada bulan November 2020, besar nilai kompensasi daya reaktif adalah sebesar 329,63 kVAR yang mana merupakan selisih antara nilai daya reaktif sebelum perbaikan sebesar 749,75 kVAR dan nilai daya reaktif setelah perbaikan sebesar 420,12 kVAR sehingga besar daya kapasitor yang terpasang sebesar 375 kVAR dengan jumlah step 8 dan daya kapasitansi 7300 μ F.

Kata Kunci: Faktor Daya, Daya Reaktif, Kapasitor Bank

I. PENDAHULUAN

Energi listrik setiap tahunnya mengalami peningkatan kebutuhan yang sangat signifikan dan menuntut penyedia tegangan listrik untuk memberikan suplai tenaga listrik yang cukup berkualitas. Peningkatan kebutuhan energi juga diikuti dengan permintaan daya reaktif akibat beban yang bersifat induktif juga meningkat. Turunnya nilai faktor daya ($\cos \phi$) yang berdampak kepada tingginya nilai kVAR pada sistem kelistrikan PT. Sari Usaha Mandiri sering kali tidak dapat dihindari karena penggunaan beban induktif yang cukup besar. Untuk mengatasi hal ini maka perlu dilakukan perbaikan faktor daya dengan cara menggeser sudut fasa atau yang lebih dikenal dengan istilah kompensator daya reaktif yang hilang.

Salah satu cara dalam mengatasi faktor daya yang rendah adalah dengan menyediakan beban yang bersifat kapasitif, atau dengan melakukan pemasangan kapasitor. Kapasitor akan menghasilkan daya reaktif yang diperlukan oleh beban induktif. Sehingga akan mengurangi segala rugi-rugi daya listrik yang terjadi. Biasanya pemasangan kapasitor ini dikenal dengan istilah kompensasi reaktif. Semakin besar daya reaktif beban maka kebutuhan kompensasi reaktif juga meningkat agar faktor daya tetap baik. Faktor daya yang tinggi bertujuan agar motor induksi beroperasi lebih efisien serta menjaga agar biaya lebih rendah untuk seluruh sistem.

Tujuan dari penulisan ini adalah menentukan besar kompensasi daya reaktif yang diperlukan

untuk memperbaiki faktor daya pada PT. Sari Usaha Mandiri dan menghitung besar pemasangan kapasitor bank untuk mencapai nilai perbaikan faktor daya.

II. KAJIAN LITERATUR

A. Motor Induksi

Motor induksi merupakan motor listrik arus bolak balik (AC) yang paling luas digunakan. Penamaannya berasal dari kenyataan bahwa motor ini bekerja berdasarkan induksi medan magnet stator ke statornya, dimana arus rotor motor ini bukan diperoleh dari sumber tertentu, tetapi merupakan arus yang terinduksi sebagai akibat adanya perbedaan relatif antara putaran rotor dengan medan putar (*rotating magnetic field*) yang dihasilkan oleh arus stator.

B. Daya

Daya merupakan jumlah energi listrik tiap satuan waktu. Daya listrik dibagi menjadi tiga, yaitu daya aktif, daya reaktif dan daya semu. Berikut adalah penjelasan dari ketiga daya tersebut.

1. Daya Aktif

Daya aktif adalah daya yang sebenarnya digunakan oleh konsumen. Daya aktif memiliki satuan Watt. Berikut adalah persamaan yang digunakan untuk mendapatkan besar daya aktif (Sumber: Von Meier Alexander, 2006):

a. Daya Aktif 1 Phasa

$$P = V \cdot I \cdot \cos \phi \quad (1)$$

b. Daya Aktif 3 Phasa

$$P = \sqrt{3} \cdot V_{ll} \cdot I \cdot \cos \phi \quad (2)$$

2. Daya Reaktif

Daya reaktif merupakan daya yang digunakan untuk menghasilkan medan magnet. Daya reaktif diberi simbol Q, sedangkan satuan daya reaktif adalah VAR (*Volt Ampere Reactive*). Berikut adalah persamaan yang digunakan untuk mendapatkan daya reaktif (Sumber: Von Meier Alexander, 2006):

a. Daya Reaktif 1 Phasa

$$Q = V_{ln} \cdot I \cdot \sin \varphi \quad (3)$$

b. Daya Reaktif 3 Phasa

$$Q = \sqrt{3} \cdot V_{ll} \cdot I \cdot \sin \varphi \quad (4)$$

3. Daya Semu

Daya semu merupakan daya yang dibangkitkan oleh generator pada sistem pembangkit listrik. Daya semu diberi simbol S dan memiliki satuan VA (*Volt Ampere*). Daya semu terdiri dari daya aktif dan daya reaktif. Berikut adalah persamaan yang digunakan untuk mendapatkan daya semu (Sumber: Von Meier Alexander, 2006):

a. Daya Semu 1 Phasa

$$S = V \cdot I \quad (5)$$

b. Daya Semu 3 Phasa

$$S = \sqrt{3} \cdot V_{ll} \cdot I \quad (6)$$

Keterangan :

P : Daya Aktif (W)

Q : Daya Reaktif (VAR)

S : Daya Semu (VA)

V_{ln} : Tegangan *line to neutral* (V)

V_{ll} : Tegangan *line to line* (V)

I : Arus (A)

φ : Sudut Fasa

C. Faktor Daya

Faktor daya merupakan cosinus dari beda sudut fasa antara arus dan tegangan. Faktor daya disimbolkan dengan $\cos \varphi$ dan mempunyai rentang nilai antara 0 sampai 1. Semakin mendekati 1 maka nilai faktor daya akan semakin baik. Untuk mencari nilai faktor daya dapat dilakukan dengan membagi daya aktif (P) dengan daya semu (S). Faktor daya dibagi menjadi dua yaitu faktor daya tertinggal (*lagging*) dan faktor daya mendahului (*leading*). Berikut adalah penjelasan mengenai kedua faktor daya tersebut.

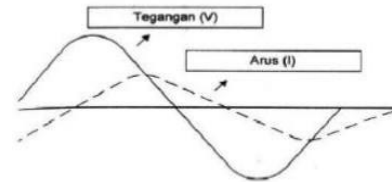
1. Faktor Daya Tertinggal (*Lagging*)

Faktor daya *lagging* menunjukkan kondisi disaat beban bersifat induktif dan memerlukan daya reaktif dari jaringan. Nilai $\cos \varphi$ pada kondisi *lagging* akan bernilai positif. Kemudian pada gelombang sinus, arus (i) akan tertinggal dengan tegangan (v) atau tegangan (v) akan mendahului arus (i) dengan sudut φ . Gambar 1 adalah gelombang sinus pada faktor daya *lagging*.

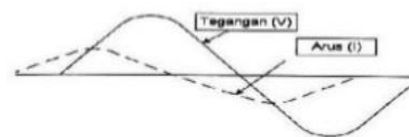
2. Faktor Daya Mendahului (*Leading*)

Faktor daya *leading* menunjukkan kondisi disaat beban bersifat kapasitif dan memberikan daya reaktif ke jaringan. Nilai $\cos \varphi$ pada kondisi

leading akan bernilai negatif. Kemudian pada gelombang sinus, Arus (I) akan mendahului tegangan (V) atau tegangan (V) akan tertinggal terhadap arus (I) sebesar sudut φ . Gambar 2 adalah gambar gelombang sinus pada faktor daya *leading*.



Gambar 1. Faktor Daya *Lagging*



Gambar 2. Faktor Daya *Leading*

3. Perbaikan Faktor Daya

Perbaikan faktor daya umumnya adalah penambahan komponen kapasitor sebagai pembangkit daya reaktif yang memungkinkan untuk mensuplai kebutuhan kVAR pada beban-beban induktif. Untuk merencanakan suatu sistem dalam memperbaiki faktor daya, dapat dipergunakan suatu konsep yaitu kompensator ideal, dimana sistem ini dapat dihubungkan pada titik penyambungan secara paralel dengan beban dan memenuhi tiga fungsi utama, yaitu memperbaiki faktor daya mendekati nilai 1 (*unity power factor*), mengurangi atau mengeliminasi regulasi tegangan dan menyeimbangkan arus beban dan tegangan fasa. Untuk memenuhi kebutuhan daya reaktif yang efektif dan efisien, maka perlu dilakukan pemilihan sumber daya reaktif untuk perbaikan faktor daya (Stevenson, 1993).

Untuk meningkatkan harga $\cos \varphi_2$ mendekati harga ideal yaitu 1 (*unity power factor*). Dalam hal ini, dengan melihat karakteristik beban yang fluktuatif maka target perbaikan faktor daya adalah dari $\cos \varphi_1$ menjadi $\cos \varphi_2$. Sehingga kebutuhan daya reaktifnya akan berubah. Untuk menghitung besar nilai kompensasi daya reaktif dan kapasitansi nilai kapasitor bank, dirumuskan pada persamaan berikut (Sumber : Pabla, 1991):

$$Q_b = P \tan \varphi_1 \quad (7)$$

$$Q_t = P \tan \varphi_2 \quad (8)$$

Sehingga :

$$Q_c = Q_b - Q_t \quad (9)$$

$$C = \frac{Q_c}{2\pi f V^2} \quad (10)$$

Dengan :

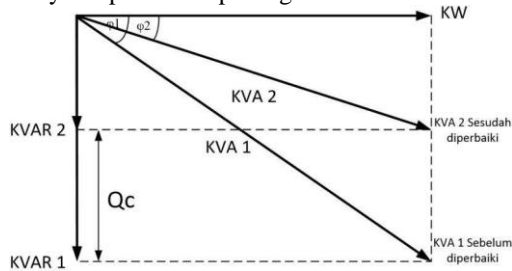
Q_b : Daya reaktif pada kondisi beban puncak (KVAR)

Q_t : Daya reaktif pada kondisi $\cos \varphi = 90$ (KVAR)

Q_c : Daya reaktif yang dikompensasi (kVAR)

C : Kapasitansi Kapasitor (F)

Dengan demikian untuk menaikkan faktor daya dari $\cos \phi_1$ menjadi $\cos \phi_2$ diperlukan kapasitor bank sebesar C (μ F). Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 3. Diagram daya untuk menentukan daya kapasitor

4. Kapasitor Bank

Kapasitor bank adalah rangkaian yang terdiri dari beberapa unit kapasitor. Kapasitas unit kapasitor menyatakan besar daya reaktif nominal yang dihasilkan pada tegangan dan frekuensi nominal, dinyatakan dalam satuan dasar VAR. Praktisnya, unit kapasitor diproduksi dalam kapasitas tertentu dan bersifat diskrit. Gambar Kapasitor bank dapat dilihat pada gambar 4.



Gambar 4. Kapasitor bank

Pemilihan nilai kapasitor bank (*shunt capacitor*) yang efektif digunakan pada suatu jaringan kelistrikan mengacu pada tabel 1.

Tabel 1 Acuan Nilai Penggunaan Kapasitor

Daya Terpasang Kapasitor (kVAR)	Jumlah Step Efektif	Daya/Step (kVAR)	Kode Kapasitor
100	6	10	52419
150	4	25	52419+52421
200	5	25	52420+52421
270	5	30	2 x 52421
300	6	30	3 x 52421
375	8	35	52420+52421
400	8	50	52422
450	9	50	52422
500	10	50	52422
600	10	60	52423
700	8	50	52422
800	9	50	52422
900	8	60	52423
1000	10	100	2 x 52422

Daya Terpasang Kapasitor (kVAR)	Jumlah Step Efektif	Daya/Step (kVAR)	Kode Kapasitor
1100	11	100	3 x 52422
1200	12	100	4 x 52422

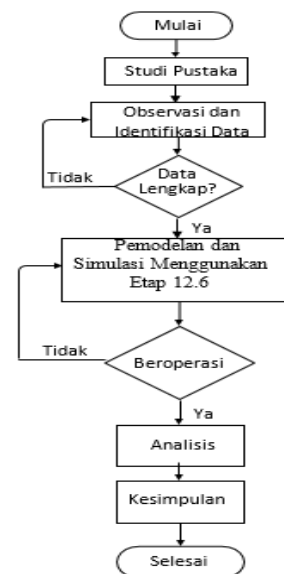
Penentuan nilai kapasitor bank (*shunt capacitor*) yang digunakan mengacu pada nilai kVAR (Q_c) pada sistem yang ingin dipasang. Perlu diperhatikan bahwa dalam menentukan nilai kapasitor bank adalah nilai step efektif dikalikan dengan daya /step yang mana nilai hasilnya harus mendekati (lebih besar sedikit) dari nilai Q_c dari sistem yang ingin dipasang kapasitor bank.

III. METODE PENELITIAN

A. Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian yang dilakukan penulis terkait Analisis Perbaikan Faktor Daya Pada PT. Sari Usaha Mandiri dilaksanakan di PT. PLN (Persero) UP3 Manado selama 3 bulan pada bulan Juni – Agustus 2021. Karena data yang digunakan dalam penelitian adalah data penggunaan listrik selama setahun terakhir, maka data tersebut dapat diperoleh pada PT. PLN (Persero) UP3 Manado.

B. Prosedur Penelitian



Gambar 5. Bagan alir prosedur penelitian

Dalam penelitian ini, peneliti menganalisis perbaikan faktor daya untuk mengurangi penggunaan daya reaktif pada PT. Sari Usaha Mandiri. Pada prosedur penelitian seperti Gambar 5 menjelaskan alur yang akan dilakukan dalam penulisan ini. Diawali dengan studi pustaka, lalu melakukan observasi dan identifikasi data, kemudian mengolah data dan melakukan simulasi menggunakan *software* ETAP. Dari proses pengolahan data dan simulasi didapatkan hasil

dan pembahasan, sehingga dapat ditarik suatu kesimpulan sebagai hasil evaluasi.

C. Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data yang dilakukan pada penelitian ini adalah studi literatur yang berkaitan dengan penulisan jurnal ini, observasi pada PT. PLN (Persero) UP3 Manado, mengumpulkan data yang diperlukan, melakukan wawancara dengan supervisor dan staf.

D. Teknik Analisis Data

Teknik analisis data yang digunakan dalam penelitian ini merujuk pada tujuan penelitian yang telah dirumuskan. Berdasarkan tujuan penelitian, maka analisis data yang digunakan adalah analisis data deskriptif dengan cara menghitung kebutuhan daya reaktif setelah melakukan perbaikan faktor daya (PF= 0,90), menghitung nilai kompensasi daya reaktif hasil pengurangan dari $Q_b - Q_t$, menghitung nilai kapasitansi kapasitor berdasarkan hasil nilai kompensasi daya reaktif, menentukan nilai daya kapasitor yang terpasang berdasarkan standar nilai kapasitor, melakukan simulasi pada kondisi sebelum dan setelah perbaikan faktor daya menggunakan *software* etap, dan Membandingkan hasil simulasi sebelum dan setelah perbaikan pada *software* etap.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Data-Data Pemakaian Listrik

Pemakaian listrik pada PT. Sari Usaha Mandiri selama setahun dari bulan Agustus 2020 sampai bulan Juli 2021 dapat dilihat pada tabel 2. Tabel 2. Data Pemakaian Listrik Di PT. Sari Usaha Mandiri Selama Satu Tahun (Agustus 2020-Juli 2021)

No.	Bulan (2020-2021)	Daya Aktif (P)(kW)		Daya Reaktif (Q _b) (kVAR)	Faktor Daya (Cos φ)
		LWBP	WBP		
1	Juli	522,50	108,67	581,5	0,74
2	Juni	474,58	108,5	523,83	0,74
3	Mei	454,08	100,08	513,33	0,73
4	April	588,92	122,5	637,92	0,74
5	Maret	472,5	100,58	511,08	0,75
6	Februari	432,67	94,17	466,42	0,75
7	Januari	493	96,92	522,33	0,75
8	Desember	510,83	107,92	556,92	0,74
9	November	721,75	153,5	749,75	0,76
10	Oktober	570,33	116,08	608,25	0,75
11	September	524,08	105,75	568,25	0,74
12	Agustus	587,33	122,42	640,33	0,74

Dari data di atas dapat dilihat bahwa nilai cos φ pada PT. Sari Usaha Mandiri kecil, semakin besar kapasitas motor dan semakin kecil nilai PF, maka akan berpengaruh ke semakin besarnya nilai kVAR yang ditimbulkan. Untuk mengurangi

timbulnya nilai kVAR yang besar, maka akan dipasangkan kapasitor bank.

B. Penentuan Kebutuhan Daya Reaktif

Berdasarkan data yang ada diketahui bahwa sistem kelistrikan di PT. Sari Usaha Mandiri mempunyai kapasitas daya terpasang 1.110 kVA dengan nilai faktor daya rata-rata 0,74 dan bekerja dengan beban penuh. Dengan ini, maka dilakukan perbaikan faktor daya (PF) menjadi 0.90 dengan pemasangan kapasitor bank. Perhitungan pada bulan Juli 2021 ;

1. Menghitung besar arus yang mengalir dengan menggunakan persamaan (2.6). Dimana nilai kVA yang telah dihitung disubstitusikan dan $V = 380 V$, maka :

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

$$I = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot 380 V}$$

$$I = \frac{1.110.000 VA}{\sqrt{3} \cdot 380 V}$$

$$I = 1.687,99 A$$

2. Menghitung besar kVAR berdasarkan nilai faktor daya (PF = 0,90) dengan menggunakan persamaan berikut.

$$\varphi_2 = \cos^{-1} 0,90 = 25,842^\circ$$

Sehingga diperoleh :

$$Q_t = P \cdot \tan \varphi_2 = 631,17 \text{ KW} \times \tan 25,842^\circ = 302,96 \text{ KVAR}$$

Dengan menggunakan cara yang sama untuk tiap bulan pada satu tahu terakhir maka diperoleh hasil sebagaimana pada tabel 3.

Tabel 3. Hasil Perbaikan Faktor Daya pada PF=0,90

No.	Bulan (2020-2021)	Daya Aktif (P)(kW)		Daya Reaktif (Q _t) (kVAR)	Faktor Daya (Cos φ)
		LWBP	WBP		
1	Juli	522,50	108,67	302,96	0,90
2	Juni	474,58	108,5	279,88	0,90
3	Mei	454,08	100,08	266	0,90
4	April	588,92	122,5	341,48	0,90
5	Maret	472,5	100,58	275,08	0,90
6	Februari	432,67	94,17	252,88	0,90
7	Januari	493	96,92	283,16	0,90
8	Desember	510,83	107,92	297	0,90
9	November	721,75	153,5	420,12	0,90
10	Oktober	570,33	116,08	329,48	0,90
11	September	524,08	105,75	302,32	0,90
12	Agustus	587,33	122,42	340,68	0,90

3. Perhitungan Kapasitor

Berdasarkan nilai kVAR pada Tabel 2 dan Tabel 3 maka besar kompensasi daya reaktif dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (2.9). Kompensasi daya reaktif pada bulan November 2020 yaitu sebagai berikut. Dimana nilai $Q_b = 749,75 \text{ kVAR}$; dan $Q_t = 420,12 \text{ kVAR}$, sehingga :

$$Q_c = Q_b - Q_t = 749,75 - 420,12 = 329,63 \text{ kVAR}$$

Menghitung nilai kapasitansi kapasitor dilakukan dengan menggunakan persamaan (2.10). Adapun data yang digunakan untuk penjabaran prosesnya yaitu daya reaktif pada bulan November. Dari hasil perhitungan kompensasi daya reaktif pada bulan November sebesar 329,63 kVAR. Parameter yang digunakan dalam perhitungan ini adalah sebagai berikut.

$$Q_c = 329,63 \text{ KVAR} = 329.630 \text{ VAR}$$

$$V = 380 \text{ V}; \quad f = 50 \text{ Hz};$$

$$C = \frac{Q_c}{2\pi \cdot f \cdot V^2} = \frac{329.630}{2\pi \cdot 50 \cdot 380^2} = 0,0073 \text{ F} = 7300 \mu\text{F}$$

Dengan menggunakan cara yang sama untuk setiap bulan, sehingga diperoleh nilai-nilai kompensasi daya reaktif setelah perbaikan (Q_c) pada tabel 4.

Tabel 4. Kompensasi Daya Reaktif Setiap Bulan pada PF=0,90

NO	Bulan (2020- 2021)	Qb (kVAR)	Qt (kVAR)	Qc (kVAR)
1	Juli	581,5	302,96	278,54
2	Juni	523,83	279,88	243,95
3	Mei	513,33	266	247,33
4	April	637,92	341,48	296,44
5	Maret	511,08	275,08	236
6	Februari	466,42	252,88	213,54
7	Januari	522,33	283,16	239,17
8	Desember	556,92	297	259,92
9	November	749,75	420,12	329,63
10	Oktober	608,25	329,48	278,77
11	September	568,25	302,32	265,93
12	Agustus	640,33	340,68	299,65

Berdasarkan hasil perhitungan dan data pada tabel di atas maka dapat ditetapkan besar pemasangan kapasitor dengan mengacu pada standar nilai kapasitor pada tabel 1.

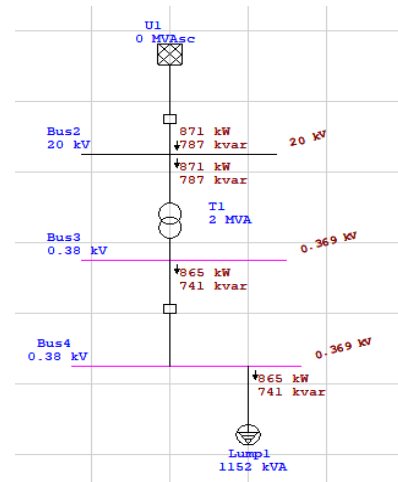
Data yang digunakan adalah data daya reaktif pada bulan November 2020 sebagai nilai kapasitansi terbesar dengan $Q_c = 329,63 \text{ kVAR}$. Maka besar daya kapasitor yang terpasang sebesar 375 kVAR dengan jumlah step 8 dalam pemasangan kapasitor untuk $PF = 0,90$.

C. Simulasi ETAP

1. Simulasi Faktor Daya Sebelum Perbaikan

Selanjutnya dilakukan simulasi pada kondisi sebelum perbaikan faktor daya. Berikut gambar 6 simulasi kondisi sebelum perbaikan faktor daya.

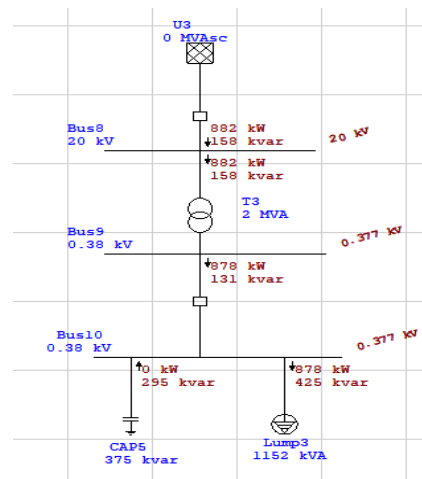
Saat disimulasikan terdapat 2 bus yang berwarna pink yang berarti bus tersebut dalam keadaan tidak normal yaitu mengalami jatuh tegangan. Adapun hasil yang diperoleh dari simulasi untuk kondisi faktor daya sebelum perbaikan adalah nilai daya reaktif sebesar 741 kVAR.



Gambar 6. Hasil simulasi sebelum perbaikan faktor daya

2. Simulasi Faktor Daya Setelah Perbaikan

Simulasi ini dilakukan dengan memasukkan nilai kapasitor berdasarkan hasil dari pemilihan kapasitor dengan pendekatan nilai kompensasi reaktif pada nilai faktor daya ($PF = 0,90$). Berikut hasil simulasi yang diperoleh seperti pada gambar 7.

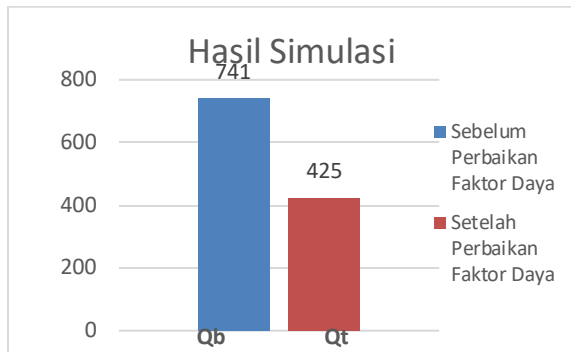


Gambar 7. Hasil simulasi setelah perbaikan faktor daya

Pada simulasi untuk kondisi faktor daya setelah perbaikan, yaitu pada $PF = 0,90$ memberikan perubahan nilai kVAR yang semakin kecil. Serta, terlihat pada gambar 7 pada bus 8 dan bus 10 yang sebelumnya berwarna pink kini berubah warna menjadi hitam. Ini menandakan bahwa bus sudah dalam keadaan normal. Adapun hasil yang diperoleh dari simulasi untuk kondisi faktor daya setelah perbaikan adalah nilai daya reaktif sebesar 425 kVAR.

3. Perbandingan Hasil Simulasi Sebelum dan Setelah Perbaikan Faktor Daya

Berdasarkan dari hasil yang telah diperoleh, maka dapat dilihat gambar 8 grafik perbandingan hasil simulasi sebelum dan setelah perbaikan faktor daya sebagai berikut.



Gambar 8. Perbandingan daya reaktif sebelum dan setelah perbaikan faktor daya

Berdasarkan gambar grafik di atas, dapat dilihat bahwa nilai daya reaktif sebelum melakukan perbaikan faktor daya nilai daya reaktifnya sebesar 741 kVAR. Sedangkan, nilai daya reaktif setelah melakukan perbaikan faktor daya nilai daya reaktifnya sebesar 425 kVAR. Sehingga dari hasil simulasi di atas diketahui bahwa nilai daya reaktif setelah melakukan perbaikan faktor daya lebih rendah dibandingkan dengan sebelum melakukan perbaikan faktor daya. Hal ini mempengaruhi total penggunaan daya pada PT. Sari Usaha Mandiri sehingga mengurangi biaya penggunaan listrik pada perusahaan tersebut.

V. KESIMPULAN

- 1) Berdasarkan Perhitungan besar kompensasi daya reaktif (Q_c) diperoleh dari selisih daya reaktif sebelum perbaikan faktor daya (Q_b) dengan daya reaktif setelah perbaikan (Q_t). Pada bulan November 2020, besar nilai Q_c adalah 329,63 kVAR yang mana merupakan selisih antara nilai Q_b sebesar 749,75 kVAR dan nilai Q_t sebesar 420,12 kVAR.
- 2) Besar kapasitor yang digunakan pada kompensasi daya reaktif berdasarkan nilai standar kapasitor yang ada di pasaran yaitu sebesar 1000 μ F. Semakin besar nilai kompensasi daya reaktif yang ditimbulkan maka nilai kapasitor yang dibutuhkan dalam perbaikan faktor daya akan semakin besar. Pada bulan November dimana nilai kompensasi daya reaktifnya sebesar 329,63 kVAR sehingga besar kapasitor yang sebaiknya dipasang adalah sebesar 7300 μ F.

REFERENSI

- [1] A.S. Pabla, 1994. "Sistem Distribusi Daya Listrik", (Online), (<http://library.um.ac.id/free-contents/index.php/buku/detail/sistem-distribusi-daya-listrik-a-s-pabla-alih-bahasa-abdul-hadi-1762.html>), diakses 27 Agustus 2020.
- [2] Ir. H. Mohammad Amir., M.Eng, Aji Muharam Somantri. 2017. *Analisis Perbaikan Faktor Daya Untuk Memenuhi Penambahan Beban 300 kVA Tanpa Penambahan Daya PLN*. Konsentrasi Teknik Tenaga Listrik, Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknologi Industri – Institut Sains & Teknologi Nasional Jl. Moch Kahfi II, Srengseng Sawah, Jagakarsa, Jakarta Selatan. Selatan.
- [3] Joseph. A. *Rangkaian Listrik 1*, Edisi ke Dua, Erlangga, Jakarta 1995.
- [4] Lukman Budi, 2010. "Perbaikan Faktor Daya Menggunakan Kapasitor Bank Pada Peralatan Rumah Tangga", Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Yogyakarta.
- [5] Mega. 2020. *Analisis Perbaikan Faktor Daya Pada Motor Induksi 3 Fasa di PT. Semen Tonasa Unit 5*, Makassar : Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Ujung Pandang..
- [6] Muh. Nur. 2009. *Evaluasi Perbaikan Faktor Daya Di PT. Sermani Steel*, Makassar : Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Ujung Pandang.
- [7] Stevenson. 1993. *Power system Analysis*, Singapore : McGrawHill Book Company.
- [8] Von Meier Alexander, 2006. *Electric power systems : a conceptual introduction*. Hoboken, N.J. IEEE Press : Wiley-Interscience.