

**Analisis Penyebab Kerusakan Kapasitor Daya di Mayasari Plaza
Tasikmalaya**

TUGAS AKHIR

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana
Teknik

Oleh :
Nama : Hans Samuel
NPM :167002005



**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SILIWANGI
TASIKMALAYA
JUNI, 2023**

**Analisis Penyebab Kerusakan Kapasitor Daya di Mayasari Plaza
Tasikmalaya**

TUGAS AKHIR

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana
Teknik

Oleh :
Nama : Hans Samuel
NPM :167002005



**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SILIWANGI
TASIKMALAYA
JUNI, 2023**

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Yang bertandatangan di bawah ini:

Nama : Hans Samuel
NPM : 167002005
Fakultas : Teknik
Jurusan : Teknik Elektro

Bersama ini saya menyatakan dengan sebenar-benarnya, bahwa laporan skripsi ini merupakan hasil karya saya sendiri dan saya pribadi bertanggung jawab secara penuh terhadap hasil karya ini.

Tasikmalaya, 10 Juni 2023
Yang menyatakan,



Hans Samuel

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :

Nama : Hans Samuel

NIM : 167002005

Program Studi : Teknik Elektro

Judul Skripsi : Analisis Penyebab Kerusakan Kapasitor Daya di Mayasari Plaza
Tasikmalaya

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Siliwangi.

DEWAN PENGUJI

Pembimbing I : Prof. Dr. Eng. Ir. Aripin, IPU., ASEAN.Eng.

Pembimbing II : Dr. Ir. Sutisna, M.T

Penguji I : Ir. Firmansyah M.S.N., S.T., M.Kom., IPM.,
ASEAN.Eng.

Penguji II : Dr. Ir. Asep Andang, S.T., M.T., IPU.,
ASEAN.Eng

Ditetapkan di : Tasikmalaya

Tanggal : 28 Juli 2023

Mengetahui,



Prof. Dr. Eng. Ir. Aripin, IPU.,
ASEAN.Eng.
NIP. 196708161996001001

Ketua Program Studi
Teknik Elektro

Ir. Firmansyah M.S.N., S.T., M.Kom.,
IPM., ASEAN.Eng.
NIP. 198312052021211001

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur saya panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat dan rahmat-Nya, penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Penulisan skripsi ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik Jurusan Teknik Elektro pada Fakultas Teknik Universitas Siliwangi. Tidak lupa saya ucapkan terima kasih kepada pihak-pihak yang atas kontribusi secara langsung maupun tidak langsung membantu kelancaran skripsi ini, diantaranya kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Eng. Ir. Aripin, IPU selaku Pembimbing I sekaligus dekan yang telah memberikan bimbingan, motivasi, dan arahan kepada penulis dalam penyusunan skripsi ini.
2. Bapak Ir. Sutisna, S.T M.T selaku pembimbing II yang telah memberikan bimbingan, motivasi, dan arahan kepada penulis dalam penyusunan skripsi ini.
3. Seluruh Dosen Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Siliwangi yang telah memberikan ilmu yang sangat bermanfaat bagi penulis.
4. Seluruh staff Fakultas Teknik Universitas Siliwangi.
5. Seluruh rekan-rekan Himpunan Mahasiswa Elektro Universitas Siliwangi yang telah membantu banyak dalam perjalanan penulis sampai terselesaikannya segala hal dalam meraih gelar Sarjana Teknik terkhusus angkatan 2016.
6. Bapak Nono selaku pembimbing lapangan penulis saat penelitian.
7. Semua pihak yang telah membantu dan yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

Penyusun menyadari bahwa dalam penyusunan laporan tugas akhir masih jauh dari kata sempurna dan tentu masih terdapat kekurangan di dalam laporannya, maka penyusun mengharapkan kritikan dan saran yang bersifat membangun dan memotivasi bagi semua pihak.

Akhir kata, semoga Tuhan Yang Maha Esa berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu penulis. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi pengembangan ilmu dan teknologi.

Tasikmalaya, 10 Juni 2023

Hans Samuel

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN MENYERAHKAN HAK MILIK ATAS TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademik Universitas Siliwangi, yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Hans Samuel
NIM : 167002005
Jurusan : Teknik Elektro
Fakultas : Teknik

demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Siliwangi Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul :

Analisis Penyebab Kerusakan Kapasitor Daya di Mayasari Plaza Tasikmalaya

beserta produk yang ada (jika Hasil TA berupa Produk/*propotype*). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Siliwangi berhak menyimpan, mengalihmedia/mengformatkan, mengembangkan, mengubah, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Tasikmalaya

Pada tanggal : 10 Juni 2023

Yang menyatakan,

The image shows an official red stamp of Universitas Siliwangi. The stamp includes the university's name in Indonesian, a logo, and the text 'METRAI TEMPEL' with a unique code 'FEAMX447006073'. A handwritten signature in black ink is written over the stamp.

Hans Samuel

ABSTRAK

Nama : Hans Samuel
Program Studi : Teknik Elektro
Judul : Analisis Penyebab Kerusakan Kapasitor Daya di Mayasari Plaza Tasikmalaya

Penelitian ini berjudul analisis penyebab kerusakan kapasitor daya di Mayasari Plaza. Tujuan penelitian adalah untuk mengetahui penyebab kerusakan kapasitor daya di Mayasari Plaza yang belum diketahui penyebabnya dan menentukan langkah untuk mengatasinya. Kapasitor yang digunakan adalah kapasitor daya merk Zenex seri ZVAR yang berdaya 25 kVAR dan 50 kVAR. Kapasitor daya ini mengikuti standar IEC 60831. Kapasitor daya ini mampu bekerja hingga suhu 55 derajat celcius dan mampu menerima tegangan antar fasa sebesar 415V dan arus per fasa sebesar 37,4A untuk ukuran 25kVAR dan 73,8A untuk ukuran 50kVAR. Kapasitor diuji menggunakan Thermal Camera (Bosch GTC 400 C Professional), LCR Meter (Sanwa LCR700) dan Power Harmonic Analyzer (Prova 6830A). Thermal Camera dapat mengukur suhu kerja kapasitor daya. LCR Meter dapat mengukur besar nilai kapasitansi kapasitor daya. Power Harmonic Analyzer dapat mengukur arus, tegangan dan harmonisa yang masuk ke dalam kapasitor daya. Kapasitor daya diukur menggunakan ketiga alat ini ketika bekerja. Nilai yang didapatkan nantinya akan dibandingkan dengan rating kapasitor dan standar IEC 60831. Hasil pengukuran suhu menunjukkan ada suhu kapasitor yang mencapai 69,9 celcius. Suhu ini tidak memenuhi standar IEC yaitu lebih dari 55 derajat celcius. Hasil pengukuran besar nilai kapasitansi kapasitor daya menunjukkan, dari 14 kapasitor ada, ada 2 kapasitor yang sudah tidak berfungsi sama sekali dan 12 kapasitor sisanya tidak ada yang memenuhi standar IEC 60831 yaitu kurang dari 95% kapasitansi nominal. Hasil pengukuran tegangan menunjukkan nilai 397,3V. Nilai ini masih sesuai standar IEC 60831 yaitu 415V. Hasil pengukuran arus menunjukkan nilai arus yang berbeda beda tiap kapasitor namun masih sesuai standar IEC 60831 yaitu di bawah 37,4A untuk kapasitor 25kVAR dan 73,8A untuk kapasitor 50kVAR. Hasil pengukuran harmonisa tegangan sebesar 2,2%, 2,5%, dan 2,2% untuk fasa R,S, dan T berturut-turut. Nilai ini masih sesuai standar IEC 60831 yaitu di bawah 5%. Hasil pengukuran harmonisa arus mencapai 20%. Nilai ini melewati sesuai spesifikasi kapasitor yaitu maksimum 10%.

Kata kunci: Kapasitor, Kapasitor Bank, kualitas daya, harmonisa

ABSTRACT

Name : Hans Samuel
Study Program : Electrical Engineering
Title : Analysis of the Causes of Power Capacitor Damage at Mayasari Plaza, Tasikmalaya

This research analyzes the causes of power capacitor damage at Mayasari Plaza. The research aims to identify the causes of power capacitor damage at Mayasari Plaza that are currently unknown and determine steps to overcome them. The capacitors used are Zenex brand power capacitors, ZVAR series, with capacities of 25 kVAR and 50 kVAR. These power capacitors comply with IEC 60831 standards, can operate at temperatures up to 55 degrees Celsius, and can withstand phase-to-phase voltage of 415V and phase current of 37.4A for the 25 kVAR size and 73.8A for the 50 kVAR size. The capacitors are tested using a Thermal Camera (Bosch GTC 400 C Professional), LCR Meter (Sanwa LCR700), and Power Harmonic Analyzer (Prova 6830A). The Thermal Camera measures the operating temperature of the power capacitors, the LCR Meter measures the capacitance value, and the Power Harmonic Analyzer measures the current, voltage, and harmonics entering the power capacitors. The capacitors are measured using these three tools while operating. The obtained values will be compared with the capacitor rating and IEC 60831 standards. The temperature measurement results show that there is a capacitor temperature reaching 69.9 degrees Celsius, which does not comply with the IEC standard of more than 55 degrees Celsius. The capacitance value measurement results show that out of 14 capacitors, 2 capacitors are not functioning at all, and the remaining 12 capacitors do not meet the IEC 60831 standard, i.e., less than 95% of nominal capacitance. The voltage measurement results show a value of 397.3V, which is still in accordance with the IEC 60831 standard of 415V. The current measurement results show varying current values for each capacitor but still comply with the IEC 60831 standard, i.e., below 37.4A for 25 kVAR capacitors and 73.8A for 50 kVAR capacitors. The voltage harmonic measurement results are 2.2%, 2.5%, and 2.2% for phases R, S, and T, respectively, which are still in accordance with the IEC 60831 standard of below 5%. The current harmonic measurement results reach 20%, which is above capacitor specification standard, i.e., a maximum of 10%.

Key words: capacitor, capacitor bank, power quality, harmonics

DAFTAR ISI

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN MENYERAHKAN HAK MILIK ATAS TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS.....	vi
ABSTRAK	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xii
BAB I PENDAHULUAN	I-1
1.1. Latar Belakang	I-1
1.2. Perumusan Masalah	I-3
1.3. Tujuan Penelitian	I-3
1.4. Batasan Masalah	I-3
1.5. Manfaat Penelitian	I-3
1.6. Sistematika Penelitian.....	I-4
BAB II LANDASAN TEORI	II-1
2.1. Kapasitor	II-1
2.2. Daya, Segitiga Daya dan Faktor Daya.....	II-9
2.3. Perbaikan Faktor Daya.....	II-10
2.4. <i>Self-healing</i> Metallized Capacitor	II-14
2.5. Beban Linear dan Non-Linear	II-19
2.6. Regulasi dan Standarisasi.....	II-25
2.7. Analisis Kegagalan	II-28
2.8. Kegagalan Kapasitor Daya.....	II-30
2.9. Perbandingan dengan Penelitian Lain.....	II-33
BAB III METODE PENELITIAN	III-1
3.1. Pendahuluan	III-1
3.2. Desain Penelitian	III-1
3.3. Objek Penelitian	III-2
3.4. Pengumpulan Data.....	III-3
3.5. Metode Analisis Data.....	III-14
3.6. Alat yang Digunakan	III-14
3.7. Matriks Kerja Penelitian	III-17
3.8. Asumsi dan Keterbatasan.....	III-18
BAB IV PEMBAHASAN	IV-1
4.1. Gambaran Umum	IV-1
4.2. Sistem Kelistrikan.....	IV-2

4.3. Deskripsi Permasalahan	IV-4
4.4. Pengumpulan Data Historis.....	IV-6
4.5. Spesifikasi Kapasitor	IV-13
4.6. Pengamatan Eskternal.....	IV-17
4.7. Pemilihan Sampel Ukur	IV-20
4.8. Pengamatan Kapasitor	IV-22
4.9. Perhitungan Resonansi.....	IV-36
4.10. Analisis Penyebab Kerusakan	IV-37
4.11. Kesimpulan Penyebab Menggunakan Metode 5 <i>Why's</i>	IV-65
BAB V PENUTUP	V-66
5.1. Kesimpulan	V-66
5.2. Saran	V-68
DAFTAR PUSTAKA	xiii
LAMPIRAN	xvii

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Kapasitor	II-1
Gambar 2.2 Diagram Kapasitor.....	II-3
Gambar 2.3 Hubungan Kapasitor Delta dan Star	II-4
Gambar 2.4 Diagram Kapasitor.....	II-6
Gambar 2.5 Diagram Rangkaian Kapasitor	II-6
Gambar 2.6 Rangkaian Ekuivalen Kapasitor Konfigurasi Delta.....	II-7
Gambar 2.7 Segitiga Daya	II-9
Gambar 2.8 Perbaikan Faktor Daya.....	II-11
Gambar 2.9 Pergeseran Fasa	II-12
Gambar 2.10 Kapasitor Bank	II-13
Gambar 2.11 Rangkaian Sistem Kapasitor Bank	II-14
Gambar 2.12 Struktur Dasar MPPC	II-15
Gambar 2.13 Gelombang Harmonisa	II-22
Gambar 3.1 Flowchart Penelitian	III-2
Gambar 3.2 Diagram Sederhana Rangkaian Kapasitor	III-6
Gambar 3.3 <i>Thermal Camera</i>	III-15
Gambar 3.4 LCR Meter	III-16
Gambar 3.5 Power Harmonic Analyzer	III-17
Gambar 4.1 <i>Single Line Diagram</i> Mayasari Plaza	IV-2
Gambar 4.2 Ruangan Panel Mayasari Plaza	IV-4
Gambar 4.3 Kapasitor Rusak.....	IV-5
Gambar 4.4 Grafik Biaya Tagihan Listrik	IV-10
Gambar 4.5 Grafik Total Kerusakan Kapasitor per Tahun	IV-11
Gambar 4.6 Foto Termal Sekring Kapasitor 6	IV-19
Gambar 4.7 Foto Kamera Termal Kapasitor 6	IV-24
Gambar 4.8 Mekanisme PSD	IV-38
Gambar 4.9 Diagram Penyebab Kegagalan pada Kapasitor (Gallay, 2018)....	IV-40
Gambar 4.10 Grafik Deviasi Kapasitansi Kapasitor.....	IV-44
Gambar 4.11 Grafik Suhu Kapasitor 4, 5, dan 6	IV-45
Gambar 4.12 Grafik Kerugian Daya Kapasitor.....	IV-48
Gambar 4.13 Harmonisa Arus yang Masuk ke Kapasitor Bank	IV-63

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Kategori Suhu	II-25
Tabel 2.2 Perbandingan dengan Jurnal Lain	II-33
Tabel 3.1 Matriks Kerja Penelitian	III-18
Tabel 4.1 Kapasitas daya listrik pada PUTR 1	IV-3
Tabel 4.2 Data pembayaran listrik dan kerusakan kapasitor tiap tahun	IV-8
Tabel 4.3 Data Penggantian Kapasitor di PUTR1	IV-11
Tabel 4.4 Data Penggantian Kapasitor yang Tidak Diketahui Lokasinya	IV-12
Tabel 4.5 Spesifikasi Kapasitor	IV-13
Tabel 4.6 Perbandingan Sekring Mayasari Plaza dengan Standar	IV-19
Tabel 4.7 Suhu Kapasitor	IV-23
Tabel 4.8 Data Pengukuran Daya Reaktif	IV-25
Tabel 4.9 Data Pengukuran Kapasitansi	IV-26
Tabel 4.10 Hasil Perhitungan Kapasitansi Tunggal Kapasitor	IV-27
Tabel 4.11 Hasil Perhitungan Deviasi Kapasitansi	IV-28
Tabel 4.12 Data Pengukuran Loss Daya	IV-30
Tabel 4.13 Data Pengukuran Arus	IV-31
Tabel 4.14 Data Pengukuran THDi	IV-34
Tabel 4.15 Data Pengukuran Tegangan	IV-35
Tabel 4.16 Ringkasan Hasil Pengamatan Lapangan	IV-57
Tabel 4.17 Analisis Rute Kegagalan	IV-60