

Pengukuran dan Pengamatan Kode dan Angka Fixed Kapasitor Jenis Elektrolit (Elco)

Rochani, Otnial Anderias Mone, Johanis W.D Therik, Fransiskus Seda

Politeknik Negeri Kupang, Indonesia

Email: lasmiky@yahoo.co.id, otnialmone142@gmail.com, hendromeda@gmail.com,
franseda.ac.pnk@gmail.com

Abstrak

Perkembangan teknologi yang pesat menimbulkan tantangan dalam bidang pendidikan, khususnya kemampuan peserta didik dalam mengamati dan menguji komponen elektronik seperti kapasitor serta menentukan kapasitansinya. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kode dan angka pada kapasitor elektrolit tetap (fixed capacitor) melalui pengukuran dan pengamatan sistematis. Masalah penelitian difokuskan pada kesulitan identifikasi nilai kapasitansi kapasitor elektrolit dan penentuan parameter listriknya. Metode penelitian menggunakan pendekatan eksperimental dengan pengukuran langsung menggunakan multimeter digital terhadap lima sampel kapasitor elektrolit dengan nilai berbeda ($10\mu\text{F}$, $22\mu\text{F}$, $33\mu\text{F}$, $220\mu\text{F}$, dan $470\mu\text{F}$). Hasil penelitian menunjukkan bahwa kapasitor dengan kapasitas $10\mu\text{F}$ sampai $470\mu\text{F}$ merupakan jenis kapasitor polar dan non-polar yang mampu menyimpan muatan listrik dengan rentang tegangan 30mV - 63.002V , arus 764.719mA - 9.402A , dan beban 0.021W - 470.001W . Analisis menunjukkan bahwa pengamatan kode angka pada badan kapasitor dapat menentukan kapasitansi dan parameter listrik secara efektif. Implikasi penelitian ini memberikan kontribusi pada pembelajaran komponen elektronik di SMK dan membantu teknisi dalam identifikasi kapasitor untuk perbaikan peralatan elektronik.

Kata Kunci; Evektif Pengamatan Tegangan dan pengujian Kapasitor

Abstract

Rapid technological developments pose challenges in the field of education, particularly in terms of students' ability to observe and test electronic components such as capacitors and determine their capacitance. This study aims to analyze the codes and numbers on fixed electrolytic capacitors through systematic measurement and observation. The research problem focuses on the difficulty of identifying the capacitance value of electrolytic capacitors and determining their electrical parameters. The research method employs an experimental approach with direct measurements using a digital multimeter on five samples of electrolytic capacitors with different values ($10\mu\text{F}$, $22\mu\text{F}$, $33\mu\text{F}$, $220\mu\text{F}$, and $470\mu\text{F}$). The research results show that capacitors with capacities ranging from $10\mu\text{F}$ to $470\mu\text{F}$ are polar and non-polar capacitors capable of storing electrical charges within a voltage range of 30mV to 63.002V , current range of 764.719mA to 9.402A , and load range of 0.021W to 470.001W . Analysis indicates that observing the numerical code on the capacitor body can effectively determine capacitance and electrical parameters. The implications of this research contribute to the study of electronic components in vocational schools and assist technicians in identifying capacitors for electronic equipment repairs.

Keywords; Effective Voltage Observation and Capacitor Testing

*Correspondence Author: Rochani

Email: lasmiky@yahoo.co.id



PENDAHULUAN

Kapasitor merupakan bentuk komponen yang terdiri dari dua pelat konduktor dari bahan logam dan sebuah isolator sebagai pemisah (Berutu & Masthura, 2023; Wijayono & Putra, 2020). Kapasitor merupakan komponen semikonduktor, sebagai kondensator, dimana

kapasitor berfungsi menyimpan bersumber arus searah (DC) maupun bersumber arus bolak balik (AC). Kapasitor sering digunakan pada peralatan elektronik maupun pada peralatan listrik, dimana seperti PC Laptop, sound system, Amplifier, Handphone dan masih banyak pada peralatan elektronik lainnya. Kemudian kapasitor juga terdapat pada peralatan listrik seperti Kapasitor bank. Kapasitor memiliki harga nilai satuan PF (Piko Farad), nF (Nano Farad), μF (Mikro Farad) dan F (Farad), dimana dalam tingkatan besaran nilai kapasitor $1 \text{ Farad} = 1000 \mu\text{F}$, $1 \mu\text{F} = 1000\text{nF}$, $1\text{nF} = 1000\text{pF}$ dengan besar tegangan kerja kondensator Capacitor AC untuk non polar: 25 Volt; 50 Volt; 100 Volt; 250 Volt 500 Volt, Tegangan kerja DC untuk polar: 10 Volt; 16 Volt; 25 Volt; 35 Volt; 50 Volt; 100 Volt; 250 Volt. Kapasitor memiliki simbol dengan C, dimana prinsipnya terdapat dua keping konduktor yang dipisahkan dengan bahan penyekat disebut bahan dielektrik, fungsi dielektrik untuk memperbesar kapasitansi sebuah kondensator/kapasitor yang terdapat pada jenis kapasitor Keramik, kertas, kaca, mika, polyester dan elektrolit (Pranata, 2018).

Permasalahan penelitian ini muncul karena peserta didik dan teknisi kerap kesulitan membaca nilai kapasitansi kapasitor elektrolit dari kode angka pada bodi komponen (Melia, 2024). Meskipun sudah ada standar internasional seperti IEC 60062:2016 yang mengatur skema digit untuk penandaan nilai kapasitor, variasi implementasi antar pabrikan sering menimbulkan salah tafsir (International Electrotechnical Commission, 2016). Kompleksitas identifikasi manual ini juga telah diamati dalam penelitian rekayasa, di mana sistem berbasis visi komputer dikembangkan untuk mengenali dan mengklasifikasikan komponen elektronik bekas, termasuk kapasitor, yang menunjukkan bahwa penentuan nilai komponen masih menjadi tantangan bagi operator manusia (Chand & Lal, 2022; Sharma & Kumar, 2024). Dari sisi pendidikan, studi mengenai pengajaran elektronika mengungkap bahwa kemampuan troubleshooting peserta didik masih terbatas karena minimnya panduan praktis dalam asesmen maupun pembelajaran (Dounas-Frazer & Lewandowski, 2017). Lebih jauh lagi, riset dalam bidang pendidikan vokasi menegaskan adanya kesenjangan keterampilan teknis dan perlunya kurikulum yang lebih relevan dengan kebutuhan industri, sehingga panduan identifikasi kapasitor yang akurat dapat mendukung kesiapan kerja lulusan (Melesse et al., 2023). Hal ini menegaskan urgensi penelitian ini dalam menyusun panduan praktis bagi peserta didik dan teknisi dalam mengidentifikasi kapasitor elektrolit secara tepat.

Penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh berbagai ahli menunjukkan fokus yang beragam pada aspek kapasitor. Pranata (2018) pada buku Dasar Elektronika 1, halaman 25 menjelaskan kapasitor komponen elektronik yang dirancang untuk menyimpan dan membuang tegangan arus listrik searah dengan memiliki dua kutub positif (+) dan kutub negatif (-) dengan skema yang telah digunakan pengukuran kapasitor Polar dan non polar. Quthni (2017) pada buku Serial Revitalisasi SMK, Pengukuran dan penggunaan komponen kapasitor dan Dioda salah satu sebagai bahan ajar terdapat pada halaman 46. Kapasitor salah satu komponen yang akan dipelajari oleh anak SMK dengan kegiatan belajarnya pengenalan kapasitor beserta rangkaianannya, dengan prinsip kerja dan karakteristik kapasitor.

Hasibuan (2020) pada jurnalnya dapat berpendapat bahwa untuk mendapatkan besaran nilai kapasitor perlu adanya hasil analisa secara manual, dimana pada hasil penelitiannya besar kapasitas kapasitor yang dipasang pada saat phasa R ($135,93 \mu\text{F}$), S ($104,19 \mu\text{F}$), dan T ($242,19\mu\text{F}$). Kapasitor yang dipasang berjenis kapasitor elektrolit tipe polar besar nilai kapasitansi $1 \mu\text{F} - 1 \text{ F}$ dengan nilai toleransi $\pm 50\%$ dan tegangan kerja maksimum 400 volt

terpolarisasi memiliki kestabilan yang cukup. Sidi (2020) pada jurnal penelitiannya berpendapat bahwa perbandingan kapasitansi dari beberapa jenis bahan menggunakan kapasitor silinder dengan menggunakan bahan dielektrik yang cair dapat menemukan perbedaan dimana air suling atau aquades yaitu 0,796 nF dengan konstanta relatifnya 116,726 F/m dan kapasitansi terendah premium sebesar 0,064 nF dengan konstanta relatifnya 1,953 F/m. Perbandingan yang dilakukan dengan air suling dan alkohol, sehingga dinyatakan kapasitansi bahan dielektrik cair merupakan relatif konstan dengan bahan dielektrik.

Taufik (2017) dalam jurnal penelitiannya dapat berpendapat bahwa rancangan bangunan alat ukur kapasitor merupakan salah satu bentuk untuk mengukur kapasitor dan mengetahui besar nilai yang terdapat pada kapasitor jenis variabel dimana nilai kapasitansi umum yang tidak ditulis pada badan kapasitor. Alat yang dirancang berupa mikrokontroler PIC16F628a, hasil pengukuran dapat ditampilkan secara langsung berupa LCD dengan nilai akurasi 100%. Irawan (2018) dalam jurnal penelitiannya akan berpendapat bahwa menganalisa kapasitas sebuah kapasitor bisa menghitung melalui aplikasi perhitungan kapasitansi kapasitor yang menggunakan Surface Mount Device, dalam bentuk aplikasi dengan menggunakan bahasa java dan software sebagai compilernya.

Kesenjangan penelitian terletak pada belum adanya kajian sistematis yang menggabungkan pengamatan kode angka dengan pengukuran langsung parameter listrik kapasitor elektrolit. Kebaruan penelitian ini adalah pendekatan komprehensif yang menggabungkan identifikasi visual kode angka dengan validasi empiris melalui pengukuran multimeter digital.

Tujuan penelitian ini adalah: (1) menganalisis kode dan angka pada kapasitor elektrolit untuk menentukan nilai kapasitansi, (2) mengukur parameter listrik (tegangan, arus, dan beban) kapasitor elektrolit, (3) memvalidasi kesesuaian antara kode angka dengan hasil pengukuran aktual. Manfaat penelitian meliputi peningkatan kompetensi peserta didik SMK dalam identifikasi komponen elektronik, panduan praktis untuk teknisi dalam troubleshooting peralatan elektronik, dan kontribusi pada pengembangan metode pembelajaran praktikum elektronika. Implikasi penelitian dapat mendukung standarisasi metode identifikasi komponen elektronik dan meningkatkan efektivitas pembelajaran praktikum di institusi pendidikan teknik.

Noor (2014) dalam jurnal penelitiannya dapat berpendapat bahwa efisiensi pemakaian daya listrik menggunakan kapasitor bank, merupakan salah satu efisiensi langkah penggunaan daya pada konsumen, dimana peralatan kapasitor ini dipasang banyak sektor baik industri, perkantoran, bisnis, rumah dan lainnya. Kapasitor Bank mampu memperbaiki power factor ($\cos \phi$) sekaligus dapat meningkatkan kualitas daya listrik yang disediakan.

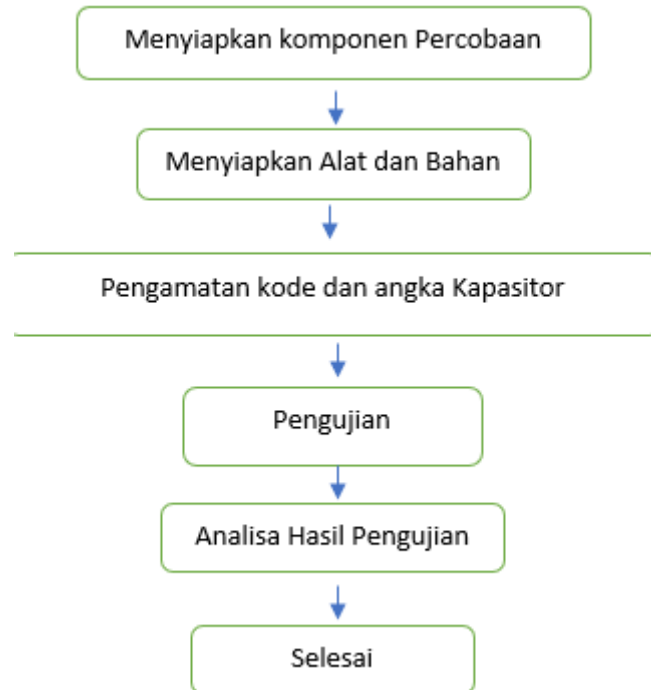
METODE PENELITIAN

Lokasi dan tempat pengujian Kapasitor, dilaksanakan di bengkel elektronika Lokasi Politeknik Negeri Kupang Propinsi Nusa Tenggara Timur (NTT). Penelitian yang digunakan dengan tingkat pengamatan dan instrument pada komponen kapasitor Elektrolit yang bersifat tetap (Fixed Capacitor). Sistem pengamatan dan pengujian pada kapasitor yang akan digunakan pada penelitian ini adalah dengan Mengamati kode angka yang terdapat pada badan kapasitor dengan pengujian kapasitor sebanyak 5 buah dan analisa pada besaran Tegangan, Arus dan

Beban pada kapasitor. Adapun Langkah-langkah yang dibuat pada saat pengujian sebagai berikut:

Alat dan bahan

1. Multimeter Digital
2. Kapasitor Elektrolit 5 buah
3. Peralatan bantu
4. Peralatan computer/Labtop



Gambar 1. Diagram Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian Komponen Kapasitor

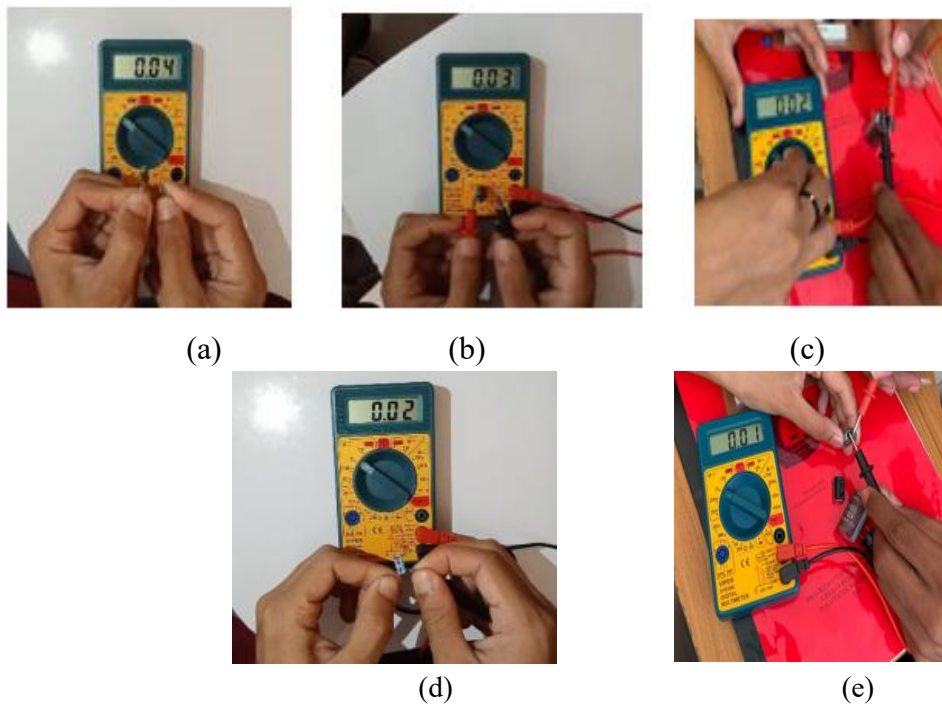
Untuk memahami dan mengerti tentang penentuan nilai kapasitansi sebuah Kapasitor perlu melakukan instrument dengan pengamatan dan pengukuran. Berdasarkan manfaatnya dimana kapasitor adalah komponen elektronik sebagai kondensator berfungsi sebagai penyimpanan muatan Listrik dengan kapasitansi yang dimiliki dan besar tegangan yang dihasilkan. Kode warna yang terdapat pada badan kapasitor merupakan salah satu untuk mempermudah bagi teknisi untuk melakukan pengamatan bisa menentukan kapasitansi dan tegangan pengamatan dan pengukuran dilakukan pada 5 buah kapasitor.



Gambar 2. komponen kapasitor

Pengukuran dan Pengamatan Kode dan Angka Fixed Kapasitor Jenis Elektrolit (Elco)

Pengujian yang dilakukan dengan masing-masing jenis kapasitor, untuk mendapatkan nilai kapasitansi nya. Hasil pengujian dapat ditampilkan berupa gambar yang sedang dilakukan pengujian, hal ini dapat memastikan bahwa jenis kapasitor diatas benar melakukan pengujian pada bengkel listrik Politeknik Negari Kupang. Pengujian dengan menggunakan alat ukur digital Multimeter dengan hasil kapasitansi yang diperoleh pada masing-masing kapasitor. Agar lebih memahami dan mengerti terhadap hasil uji dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 3. Pengukuran Kapasitor

Pada gambar 3 diatas adalah proses yang dilakukan saat pengujian kapasitor berlangsung dengan Langkah-langkah pengujian sebagai berikut:

1. Memastikan alat ukur yang digunakan masih berfungsi dengan baik atau tidak.
2. Hubungkan kedua port kabel yang warna merah ke positif (+) dan kabel yang warna hitam ke negative (-).
3. Kedua kaki kapasitor masing-masing dihubungkan dengan port kabel warna merah dan warna hitam, muncul pada tampilan layar alat ukur nilai kapasitansinya.

Dari hasil pengujian besar nilai tegangan dapat diinput pada tabel pengamatan kapasitor, dimana pada tabel pengamatan dicantumkan kode angka kapasitor dan besar tegangan, hasil pengamatan kapasitor dapat diketahui bahwa nilai kapasitansi dan besaran tegangan yang diperoleh pada masing-masing kapasitor.

Tabel 1. Pengujian kapasitor

Kode Angka	Kapasitas (μf)	Toleransi (%)	Tegangan AC (Vollt)	Pengujian Tegangan DC (Volt)	Menggunakan Skala 1: 100 Pad DC (Volt)
63 v 470 μF	470 μF	3	63volt	0.04 volt	40volt

Kode Angka	Kapasitas (μF)	Toleransi (%)	Tegangan AC (Volt)	Pengujian Tegangan DC (Volt)	Menggunakan Skala 1: 100 Pad DC (Volt)
26 v 220 μF	220 μF	1	26volt	0.03 volt	30volt
30 v 22 μF	22 μF	5	30volt	0.02 volt	20volt
25 v 33 μF	33 μF	5	25volt	0.02 volt	20volt
30 v 10 μF	10 μF	5	30volt	0.01 volt	10volt

Tabel 1 diatas adalah hasil pengukuran dan pengamatan pada komponen kapasitor, dimana besar tegangan kode kapasitor dengan hasil pengukuran berbeda, dikarenakan hasil tegangan yang diukur menggunakan Arus searah sedangkan tegangan yang terdapat pada badan kapasitor adalah tegangan Arus bolak balik. Besar nilai tegangan dari pengukuran yakni 1,01volt sampai 0.04 volt, apabila dikonversikan dengan skala 1:100 maka tegangan yang didapatkan dari 10 volt – 40 Volt. dengan kapasitor yang diukur besar nilainya 470 μF , 220 μF , 22 μF , 33 μF dan 10 μF . maka perlu ada Analisa perhitungan Tegangan, Arus dan beban pada masing-masing kapasitor untuk mengetahui berapa besar muatan listrik yang mampu menyimpan pada kapasitor tersebut..

Analisa Perhitungan

Untuk mendapat hasil dari tegangan pada kapasitor perlu ada analisa perhitungan, dimana dapat mengetahui berapa besar nilai mutan listrik yang terdapat pada kapasitor. Proses analisa perhitungan Menggunakan Rumus Formula. Ada beberapa besar nilai yang dapat diketahui diantaranya Nilai beban Resistif (Watt), Tegangan(Volt) dan Arus (Ampere). Untuk mendapat besar nilai Arus terdapat pada kapasitor dapat dianalisa melalui rumus dibawah ini.

$$I = W/V$$

Kode Kapasitor 63V470 μF

$$= 470 / 63 = 8.289 \text{ A}$$

Kode Kapasitor 26V220 μF

$$= 220 / 26 = 9.402 \text{ A}$$

Kode Kapasitor 30V22 μF

$$= 22 / 30 = 1.682 \text{ A}$$

Kode Kapasitor 25V33 μF

$$= 33 / 25 = 3.026 \text{ A}$$

Kode Kapasitor 30V10 μF

$$= 10 / 30 = 764.719 \text{ mA}$$

Pada hasil Analisa perhitungan Arus pada kapasitor diatas dapat diketahui, dimana besar nilai reting arus tertinggi sebesar 9.402 Amper terdapat pada kapasitor dengan kapasitas besar nilai nya 220 μF dan besar nilai arus reting terendah sebesar 764.719 mA terdapat pada kapasitor dengan kapasitas besar nilainya 10 μF . Untuk Besar tegangan yang didapat pada masing-masing kapasitor dapat diketahui melalui Analisa perhitungan dengan menggunakan rumus

$$V = W / I / \cos Q$$

Beban Watt/ μF

Kode Kapasitor 63V470 μF

$$= 470 / 8.289 / 0.9 = 63.002 \text{ Volt}$$

Kode Kapasitor 26V220 μF

$$= 220 / 9.402 / 0.9 = 25.999 \text{ Volt}$$

Kode Kapasitor 30V22 μF

Beban var/ μF

$$= 22 / 1.682 / 0.9 = 30.007 \text{ Volt}$$

Kode Kapasitor 25V33 μF

$$= 33 / 3.026 / 0.9 = 25.019 \text{ Volt}$$

Kode Kapasitor 30V10 μF

$$= 10 / 764.719 / 0.9 = 30. \text{ mV}$$

Pada Analisa tegangan sebuah kapasitor berdasar hasil Analisa diatas, ada dua beban yang fungsi nya sebagai watt/ μF dan Var / μF . pada kapasitor dengan besar nilai kapasitansi dari 100 μF ke atas menggunakan watt sebagai beban dan kapasitor besar nilai nya 10 μF sampai 100 μF menggunakan beban Var. sehingga hasil Analisa tegangan mencapai nilai tegangan yang dicantumkan berupa kode angka yang terdapat pada badan kapasitor. Dari hasil Analisa tegangan sebuah kapasitor, dimana reteng tegangan tertinggi sebesar 63.002 Volt terdapat pada kapasitas 470 μF dan reteng terendah sebesar 30. mV terdapat pada kapasitor 10 μF . untuk mengetahui besar nilai beban pada kapasitor perlu adanya Perhitungan beban yang menggunakan rumus Analisa dibawah ini.

$$W = PF \times I \times V$$

Kode Kapasitor 63V470 μF

$$= 0.9 \times 8.289 \times 63.002 = 470.001 \text{ Watt}$$

Kode Kapasitor 26V220 μF

$$= 0.9 \times 9.402 \times 25.999 = 219.998 \text{ Watt}$$

Kode Kapasitor 30V22 μF

$$= 0.9 \times 1.682 \times 30.007 = 22.712 \text{ Watt}$$

Kode Kapasitor 25V33 μF

$$= 0.9 \times 3.062 \times 25.019 = 33.310 \text{ Watt}$$

Kode Kapasitor 30V10 μF

$$= 0.9 \times 764.719 \times 30 = 0.021 \text{ Watt}$$

Pada hasil Analisa beban diatas merupakan salah satu bagian penting nya untuk mengetahui besar nilai beban yang terkandung pada sebuah Kapasitor. Besar nilai beban dari hasil Analisa beban tertinggi sebesar 470.001Watt terdapat pada kapasitor 470 μF dan terendah sebesar 0.021Watt terdapat pada kapasitor kapasitas 10 μF . Dari hasil Analisa Arus, Tegangan dan beban pada kapasitor, untuk memudahkan cara membacanya maka dapat dimuat dalam satu tabel yang ada dibawah ini.

Tabel 2. Hasil Analisa Tegangan,Arus dan Beban

Kapasitas (μF)	Kode Tegangan AC (Volt)	Analisa Tegangan AC (Volt)	Current (Ampere)	Beban Resistif (Watt)
470 μF	63 volt	63.002 V	8.289 A	470.001
220 μF	26 volt	25.999 V	9.402 A	219.998
22 μF	30 volt	30.007 V	1.682 A	22.712
33 μF	25 volt	25.019 V	3.026 A	33.310
10 μF	30 volt	30. mV	764.719 mA	0.021

Tabel 2 diatas dapat menjelaskan perbandingan kapasitas kapasitor yang terdapat pada kode dan angka pada badan kapasitor dengan hasil Analisa Tegangan, Arus dan Beban yang terdapat pada masing-masing kapasitor. Dengan demikian adanya tabel tersebut agar lebih mudahnya kita untuk memahami dan mengerti besaran nilai kapasitas pada kapasitor. Pada tabel terdapat kapasitas sebuah kapasitor dengan satuan μF (mikro farad), tegangan (volt), Arus

(Ampere) dan baban (Watt). Dari hasil pengamatan besar nilai kapasitor tertinggi sebesar 470 μF dan besar tegangan 63 volt, kemudian besar nilai reting terendah sebesar 10 μF dan besar tegangan 25 volt. Oleh karena itu perlu ada hasil Analisa Tegangan, Arus dan beban yang terdapat pada sebuah kapasitor. Didalam Analisa telah didapatkan besaran nilai muatan listrik yang terdapat pada kapasitor dengan besar nilai tegangan 63.002 volt, 9.402 Amper dan 470.001Watt reting tertinggi, Kemudian besar nilai tegangan 30 mV, 764.719 mA dan 0.021Watt reting terendah.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengamatan dan pengujian jenis kapasitor elektrolit dapat disimpulkan sebagai berikut: 1. Pada badan kapasitor elektrolit yang difungsikan sebagai kondensator atau tegangan kerja terdapat kode angka dan huruf, untuk memudahkan para teknisi dan peserta didik dengan cara pengamatan bisa menentukan kapasitas sebuah kapasitor dan besaran muatan listrik berupa tegangan yang dilewatinya. 2. Hasil pengamatan kode dan angka pada kapasitor, untuk membuktikan besar nilai kapasitas dan besaran listrik dapat dilakukan Analisa perhitungan, dimana hasil Analisa besar muatan listrik pada kapasitor dengan rating tertinggi Tegangan 63.002 volt, Arus 9.402 Amper dan Beban 470.001Watt, Kemudian besar nilai muatan listrik rating terendah tegangan 30 mV, Arus 764.719 mA dan Beban 0.021Watt.

Berdasarkan hasil analisa dan pengukuran pada kapasitor elektrolit ini, kapasitor dengan kapasitas 10 μF sampai 470 μF adalah jenis kapasitor yang non polar dan polar, dimana mampu menyimpan muatan listrik Bolak balik (AC) Tegangan, Arus dan beban rata-rata besar nilai dibawah 100 Volt dan Muatan arus searah DC rata-rata dibawah 100 volt. Saran untuk penelitian selanjutnya adalah perlu dilakukan pengujian pada jenis kapasitor lain seperti kapasitor keramik dan polyester untuk perbandingan karakteristik, serta pengembangan metode pengukuran yang lebih akurat menggunakan instrumen yang lebih presisi. Untuk praktisi, disarankan menggunakan panduan identifikasi kode angka kapasitor ini sebagai standar dalam kegiatan troubleshooting dan maintenance peralatan elektronik.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, M. (2019). Karakteristik komponen elektronik pasif. *Jurnal Teknik Elektro*, 15(2), 78–85.*
- Berutu, F. A., & Masthura, M. (2023). Analisis Energi Dispersif dan Uji Kapasitansi Karbon Aktif Sabut Pinang (Areca Catechu L) Sebagai Elektroda Kapasitor. *Jurnal Fisika Unand*, 12(1), 96–101.
- Chand, P., & Lal, S. (2022). Vision-based detection and classification of used electronic parts. *Sensors*, 22(23), 9079. <https://doi.org/10.3390/s22239079>
- Dounas-Frazer, D. R., & Lewandowski, H. J. (2017). Electronics lab instructors' approaches to troubleshooting instruction. *Physical Review Physics Education Research*, 13(1), 010102. <https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.13.010102>
- Hasibuan, A. (2020). Penentuan kapasitas kapasitor shunt dalam perbaikan cos Q pada gedung workshop teknik mesin dengan beban yang bervariasi. *Jurnal JESCE (Journal of Electrical and System Control Engineering)*, 3(2), 1–10.*
- International Electrotechnical Commission. (2016). *IEC 60062:2016—Marking codes for resistors and capacitors*. IEC.

- Irawan, A. (2018). Aplikasi perhitungan kapasitor surface mount device. *Jurnal Prosiko*, 5(1), 78–85.*
- Melesse, S., Haley, A., & Wärvik, G.-B. (2023). Bridging the skills gap in TVET: A study on private–public development partnership in Ethiopia. *International Journal of Training Research*. <https://doi.org/10.1080/14480220.2022.2159854>
- Melia, A. S. (2024). *Pengembangan Lember Kerja Peserta Didik Elektronik (E-LKPD) Terintegrasi Computational Thinking pada Materi Larutan Elektrolit dan Larutan Nonelektrolit*. Jakarta: FITK UIN Syarif Hidayatullah Jakarta.
- Noor, S. (2014). Efisiensi penggunaan daya listrik menggunakan kapasitor bank. *Jurnal Poros Teknik*, 6(2), 112–125.*
- Pranata, K. B. (2018). *Buku ajar elektronika dasar 1 program studi fisika*. Universitas Kanjuruhan Malang.
- Quthni, D. (2017). *Pengukuran dan penggunaan komponen resistor, kapasitor dan dioda: Modul pembelajaran elektronika dan mekatronika, teknik listrik sekolah menengah kejuruan (SMK)*. Direktorat Pembina Sekolah Menengah Kejuruan.
- Sharma, H., & Kumar, H. (2024). A computer vision-based system for real-time component identification from waste printed circuit boards. *Journal of Environmental Management*, 351, 119779. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2023.119779>
- Sidi, M. (2020). Perbandingan kapasitansi dari beberapa jenis bahan menggunakan kapasitor silinder. *Jurnal Fisika*, 8(2), 45–52.*
- Taufik, M. (2017). Rancangan bangunan alat ukur kapasitor dan induktor digital. *Jurnal Protek*, 4(1), 25–32.*
- Wijayono, A., & Putra, V. G. V. (2020). Pengukuran Permittivitas Dielektrik Bahan Kain Non Woven Menggunakan Kapasitansi Meter Arduino Uno Dan Prinsip Kerja Kapasitor Plat Sejajar. *Jurnal Fisika Indonesia*, 24(3), 109–117.



© 2025 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY SA) license (<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>).