

## Superkapasitor Dari Limbah Kulit Buah Lontar Dan Kulit Buah Jengkol

Tri Surawan \*) dan Yudi Kurniawan

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Jayabaya, Jakarta

\*) Corresponding author: tri.surawan@gmail.com

### Abstract

*Supercapacitors can be used as electrical energy storage devices. Several activated carbon-based materials can be used as supercapacitor electrodes because they have high electrical conductivity and specific surface area. Several biomass materials can be used as the base material for activated carbon for electrodes for supercapacitors. This study aims to determine how big the capacitance of the supercapacitor with electrodes made from waste material of lontar fruit peel and jengkol fruit skin. The manufacture of activated charcoal begins with drying the sample in the sun to dry, then heated with a heating furnace at a temperature of 700°C for 1 hour until it becomes charcoal, cooled, and pounded until smooth, then soaked in 1M KOH solution for 24 hours, filtered, taken The charcoal is then burned in a furnace at 1200°C for 5 minutes and cooled. Charcoal that already has conductivity means it has become activated charcoal. Activated charcoal powder was washed with 1 M HCl solution and deionized water until it reached pH 7, then dried at 60°C overnight. This activated charcoal can be used as a supercapacitor electrode. In this study succeeded in making a supercapacitor made from palm kernel waste which has a capacitance of 20.02 Farad with a voltage of 4.20 Volts and a jengkol skin material which has a capacitance of 18.98 Farad with a voltage of 3.66 Volt.*

### Abstrak

Superkapasitor dapat digunakan sebagai perangkat penyimpanan energi listrik. Beberapa bahan berbasis karbon aktif dapat digunakan sebagai elektroda superkapasitor karena memiliki konduktivitas listrik dan luas permukaan spesifik yang tinggi. Beberapa bahan biomasa dapat digunakan sebagai bahan dasar karbon aktif untuk elektroda untuk superkapasitor. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui seberapa besar kapasitansi superkapasitor dengan elektroda yang dibuat dari bahan limbah kulit buah lontar dan kulit buah jengkol. Pembuatan arang aktif diawali dengan penjemuran sampel di bawah sinar matahari hingga kering, kemudian dipanaskan dengan tungku pemanas pada suhu 700°C selama 1 jam hingga menjadi arang, dinginkan, dan ditumbuk sampai halus, kemudian direndam pada larutan KOH 1M selama 24 jam, disaring diambil arangnya, kemudian dibakar pada tungku bersuhu 1200°C selama 5 menit dan didinginkan. Arang yang sudah memiliki konduktivitas berarti sudah menjadi arang aktif. Serbuk arang aktif dicuci dengan larutan HCl 1 M dan air deionisasi sampai mencapai pH 7, kemudian dikeringkan pada suhu 60°C selama semalam. Arang aktif ini dapat digunakan sebagai elektroda superkapasitor. Pada penelitian ini berhasil membuat superkapasitor berbahan limbah kulit buah lontar yang memiliki kapasitansi sebesar 20,02 Farad dengan tegangan 4,20 Volt dan bahan kulit buah jengkol yang memiliki kapasitansi sebesar 18,98 Farad dengan tegangan 3,66 Volt.

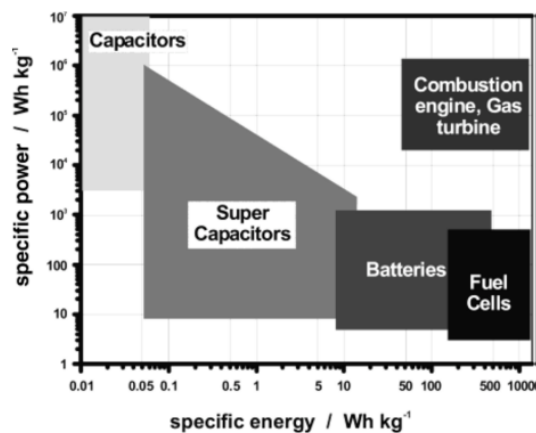
**Kata kunci:** *activated charcoal, capacitance, jengkol rind, palm fruit skin, supercapacitor*

## PENDAHULUAN

Perekonomian modern perlu didukung ketersediaan sumber energi yang handal. Sumber energi konvensional seperti bahan bakar fosil (batu bara, gas, dan minyak) semakin menipis dengan cepat, disertai dengan perusakan ekosistem dan habitat, punahnya satwa liar, dan pencemaran lingkungan [1]. Sehingga hal ini mendorong para peneliti dan industri untuk mengadopsi teknologi energi yang berkelanjutan dan terbarukan. Selama beberapa dekade terakhir, telah terjadi peningkatan dramatis dalam penelitian tentang sumber energi terbarukan seperti energi matahari, energi panas bumi, energi angin, biofuel, dan lain-lain. Sedangkan perangkat penyimpanan energi elektrokimia seperti superkapasitor, baterai isi ulang, dan lain-lain juga meningkatkan penelitian yang signifikan [2,3].

Sejumlah besar literatur telah diterbitkan tentang penggunaan superkapasitor sebagai perangkat penyimpanan yang layak untuk energi terbarukan. Sejak superkapasitor pertama kali diujicobakan pada tahun 1951 oleh para insinyur di General Electric, mereka telah menemukan aplikasi komersial dalam perangkat elektronik portabel, transportasi dan industri aerospace [4,5]. Berbagai komponen superkapasitor seperti anoda, katoda, pemisah, pengikat, dan elektrolit menjadi fokus penelitian mendalam yang mengarah pada peningkatan kinerja dan pengurangan biaya manufaktur [6].

Teknologi penyimpanan dan pengiriman energi seperti superkapasitor dapat menyimpan dan mengirimkan energi pada laju yang sangat cepat, menyalurkan arus listrik tinggi dalam durasi yang singkat. Grafik Ragone [7] menunjukkan perbandingan antara berbagai perangkat penyimpanan energi dalam hal kepadatan daya dan energi seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Grafik Ragone yang menunjukkan perbandingan antara berbagai perangkat penyimpanan energi.

Dalam hal mekanisme penyimpanan muatan, superkapasitor memiliki siklus hidup yang sangat lama. Dilaporkan memiliki siklus hidup lebih dari 500.000 [8,9], yang jauh lebih tinggi daripada teknologi penyimpanan lainnya. Superkapasitor ini menyimpan muatan elektrostatis yang dapat dibalik pada permukaan elektroda, sedangkan teknologi lain seperti baterai harus melalui reaksi kimia.

Selama dekade terakhir, para peneliti telah menunjukkan peningkatan minat dalam penggunaan bahan karbon berpori sebagai elektroda pada superkapasitor berkapasitas tinggi [9]. Beberapa bahan berbasis karbon telah diteliti untuk digunakan sebagai elektroda dalam superkapasitor karena memiliki konduktivitas listrik dan luas permukaan spesifik yang tinggi.

Bahan berbasis karbon yang paling banyak diteliti secara luas antara lain karbon aktif [10,11], karbon aerogel [12,13], graphene [14,15], tabung nano karbon [16], serat nano karbon [17], dan karbon berukuran nano [18]. Bahan-bahan ini populer karena kemudahan aksesibilitas, kemampuan proses, non-toksitas, stabilitas kimiawi tinggi, dan kisaran suhu yang luas. Karbon aktif telah mendapat perhatian yang cukup besar karena porositas dan luas permukaannya yang tinggi [19].

Dalam beberapa tahun terakhir, ada peningkatan minat dalam produksi karbon aktif dari limbah hayati untuk pembangunan berkelanjutan [20-22]. Beberapa sumber limbah hayati seperti hewan, mineral, tumbuhan, sayuran, dan lain-lain telah dilaporkan dalam literatur sebagai bahan dasar produksi karbon aktif untuk aplikasi sebagai bahan elektroda untuk sistem energi elektrokimia [23-25]. Beberapa jenis elektroda telah dicoba dan sistem yang paling umum saat ini dibangun di atas kapasitor elektrokimia lapis ganda atau yang disebut superkapasitor yang berbasis karbon, memiliki elektrolit organik, dan mudah dibuat [26,27].

Pengembangan bahan elektroda superkapasitor alternatif dari limbah biomasa memiliki dua tujuan utama: (1) Memanfaatkan buangan limbah biomasa menjadi produk yang berguna, dan (2) memberikan argumen ekonomis untuk substansialitas teknologi superkapasitor.

Pada penelitian ini, akan dibuat superkapasitor dengan elektroda berbahan limbah kulit buah lontar dan kulit buah jengkol. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui seberapa besar kapasitansi superkapasitor yang dibuat dari bahan limbah kulit buah lontar dan kulit buah jengkol.

## **METODE PENELITIAN**

### **Waktu dan Tempat Penelitian**

Penelitian ini dilakukan pada bulan September sampai dengan bulan Desember 2019 di Laboratorium Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pancasila.

### **Bahan dan Alat**

Tang pemegang krusibel, tang penjepit, multimeter, krusible, tungku pemanas, corong, bubuk KOH, tungku induksi, power supply, kulit buah lontar, kulit buah jengkol, cobek.

### **Pembuatan arang aktif berbahan limbah kulit buah lontar dan kulit buah jengkol.**

Sampel limbah kulit buah lontar dan kulit buah jengkol dijemur di bawah sinar matahari hingga kering, kemudian dimasukkan ke dalam tungku pemanas pada suhu 700°C selama 1 jam hingga menjadi arang. Arang dikeluarkan dari tungku kemudian didiamkan hingga mencapai suhu ruang. Arang dari limbah kulit buah lontar dan kulit buah jengkol ini ditumbuk dengan mortar penumbuk sampai menjadi sangat halus. Kemudian disiapkan larutan 1 M KOH pada 2 wadah plastik dan serbuk arang dimasukkan ke masing-masing wadah tersebut sampai semua arang terendam sempurna dan di kocok. Diamkan selama 24 jam agar larutan KOH meresap pada arang. Setelah 24 jam direndam dalam larutan KOH, disaring dengan kain rapat dan diambil arangnya, kemudian dibakar pada tungku bersuhu 1200°C selama 5 menit dan didinginkan kemudian diukur apakah hasil pembakaran sudah memiliki konduktivitas atau belum. Jika belum, diulangi pembakaran lagi sampai memiliki konduktivitas tertentu. Arang yang sudah memiliki konduktivitas berarti sudah menjadi arang aktif. Pengukuran konduktivitas dilakukan dengan peralatan multimeter. Serbuk arang aktif ditumbuk kembali dengan mortar penumbuk, dicuci dengan larutan HCl 1 M dan air deionisasi sampai mencapai pH 7. Arang aktif ini dikeringkan pada suhu 60°C selama semalam.

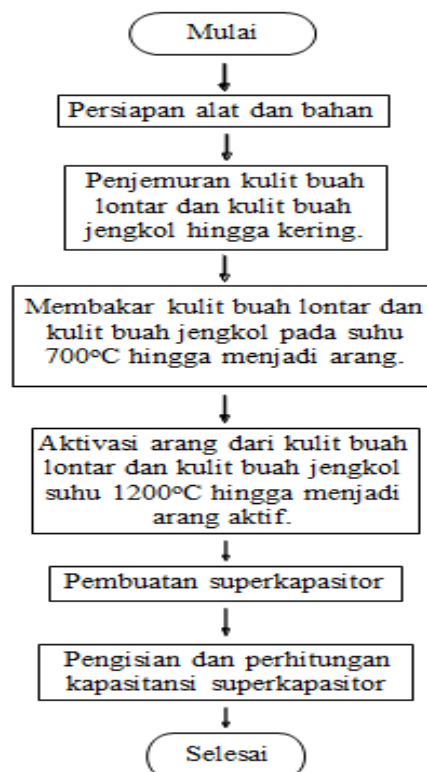
### Pembuatan superkapasitor.

Material yang digunakan sebagai kolektor superkapasitor adalah tembaga dan aluminium dengan ukuran panjang 150 mm dan lebar 60 mm. Serbuk arang aktif 150 g dicampur dengan KOH 3M 50 g dan perekat lem rubber cement 30 g, kemudian diaduk sampai merata sehingga berwujud pasta. Permukaan sebelah kolektor tembaga dan aluminium masing-masing diolesi arang aktif yang berwujud pasta tersebut, kemudian kedua permukaan kolektor yang sudah dilapisi arang aktif, dibatasi kertas HVS, dan ditempelkan satu sama lain. Ditekan sedikit supaya menempel dengan sempurna. Maka, superkapasitor sudah siap diisi energi listrik.

### Proses pengisian dan perhitungan kapasitansi superkapasitor.

Proses pengisian superkapasitor dilakukan dengan menghubungkan kedua kolektor dengan sumber tegangan (power supply) agar superkapasitor terisi energi listrik. Sumber tegangan diatur dari power supply pada tegangan 15 volt dan arus tetap  $I = 0,01$  Ampere dan tegangan pada superkapasitor diukur dengan voltmeter yang meningkat mengikuti proses pengisian. Hasil pengukuran voltmeter dicatat setiap 1 menit. Apabila tegangan pada superkapasitor sudah tidak meningkat lagi, berarti superkapasitor sudah terisi penuh. Pada pengukuran superkapasitor ini diberikan arus listrik yang kecil, karena superkapasitor buatan hanya mampu menahan arus listrik dengan nilai yang kecil.

### Diagram Alir Penelitian

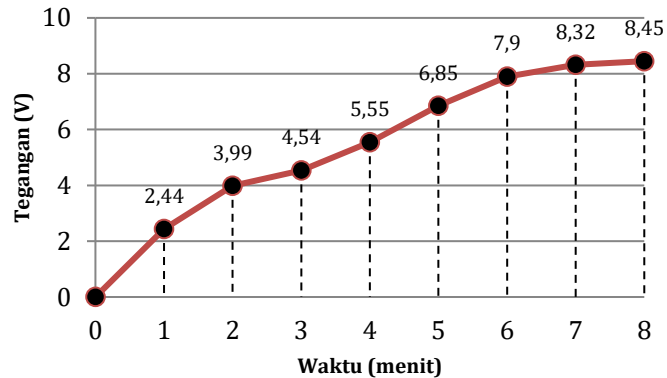


Gambar 2. Diagram alir proses pembuatan superkapasitor

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Hasil Perhitungan Kapasitansi Superkapasitor dengan elektroda berbahan limbah kulit buah lontar.

Pada pengukuran superkapasitor dari limbah kulit buah lontar ini digunakan arus listrik sebesar 0,01 ampere dan tegangan sebesar 15 volt. Pengukuran pengisian superkapasitor dari kosong sampai penuh menghasilkan data seperti pada Gambar 3.

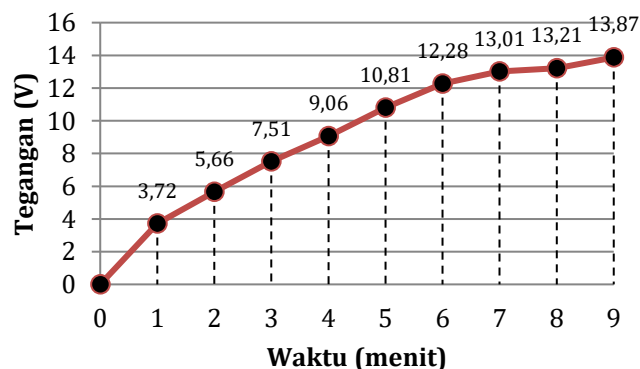


Gambar 3. Grafik pengisian superkapasitor dari limbah kulit buah lontar.

Dari data-data pengukuran di atas diperoleh tegangan akhir sebesar 8,45 volt selama waktu 8 menit. Berdasarkan perhitungan, superkapasitor tersebut memiliki kapasitas sebesar 20,02 Farad dengan tegangan 4,2 Volt. Sehingga energi yang dapat disimpan pada superkapasitor tersebut sebesar  $4,90 \times 10^{-5}$  Wh.

### Hasil Perhitungan Kapasitansi Superkapasitor dengan elektroda berbahan limbah kulit buah jengkol.

Pada pengukuran superkapasitor dari limbah kulit buah jengkol ini digunakan arus listrik sebesar 0,01 ampere dan tegangan sebesar 15 volt. Pengukuran pengisian superkapasitor dari kosong sampai penuh menghasilkan data seperti pada Gambar 4.



Gambar 4. Grafik pengisian superkapasitor dari limbah kulit buah jengkol.

Dari data-data pengukuran di atas diperoleh tegangan akhir sebesar 13,87 Volt selama waktu 9 menit. Berdasarkan perhitungan, superkapasitor tersebut memiliki kapasitas sebesar 18,98 Farad dengan tegangan 3,66 Volt. Sehingga energi yang dapat disimpan pada superkapasitor tersebut sebesar  $3,53 \times 10^{-5}$  Wh.

Salah satu faktor yang mempengaruhi tingkat keefektifan superkapasitor adalah penggunaan bahan elektroda. Karbon aktif adalah salah satu jenis bahan yang secara luas telah digunakan sebagai bahan elektroda untuk superkapasitor karena memiliki luas permukaan spesifik yang tinggi, ketahanan kimia, konduktivitas listrik yang baik dan harga yang terjangkau. Selama proses perendaman arang bio-massa dengan bobot KOH yang kecil, sebagian besar KOH meresap ke bagian dalam arang. Oleh karena itu, pada saat aktivasi pori yang terbentuk pada permukaan arang relatif kecil. Perendaman arang bio-massa dengan bobot KOH yang lebih besar menyebabkan sebagian KOH melapisi permukaan arang dan pada bagian dalam arang terisi penuh KOH. Hal ini menyebabkan pori yang terbentuk pada permukaan maupun bagian dalam arang meningkat.

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian pembuatan superkapasitor dari bahan limbah kulit buah lontar dan kulit buah jengkol yang sudah diolah menjadi karbon aktif, disimpulkan bahwa superkapasitor berbahan limbah kulit buah lontar memiliki kapasitansi sebesar 20,02 Farad dengan tegangan 4,20 Volt dan dari bahan kulit buah jengkol memiliki kapasitansi sebesar 18,98 Farad dengan tegangan 3,66 Volt. Pada pengukuran superkapasitor ini diberikan arus listrik yang kecil, karena superkapasitor buatan hanya mampu menahan arus listrik dengan nilai yang kecil, sedangkan superkapasitor yang ada di pasaran mampu menahan arus listrik yang tinggi hingga 1 Ampere. Proses pengisian superkapasitor tidak membutuhkan waktu yang lama, bahkan tidak memerlukan hitungan jam untuk mengisi superkapasitor agar sampai ke tegangan maksimalnya.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Gonenc, H.; Scholtens, B. Environmental and Financial Performance of Fossil Fuel Firms: A Closer Inspection of their Interaction. *Ecol. Econ.* 132, 307–328. 2017.
- [2] Karl, T.R.; Trenberth, K.E. Modern Global Climate Change. *Science* 302, 1719–1723. 2003.
- [3] Azcarate, C.; Mallor, F.; Mateo, P. Tactical and operational management of wind energy systems with storage using a probabilistic forecast of the energy resource. *Renew. Energy* 102, 445–456. 2017.
- [4] Holze, R. F. Béguin, E. Fr flackowiak (eds): Supercapacitors—Materials, Systems, and Applications. *J. Solid State Electrochem.* 19, 1253. 2015.
- [5] Kötz, R.; Carlen, M. Principles and applications of electrochemical capacitors. *Electrochim. Acta* 45, 2483–2498. 2000.
- [6] Zhang, Q.; Uchaker, E.; Candelaria, S.L.; Cao, G. Nanomaterials for energy conversion and storage. *Chem. Soc. Rev.* 42, 3127–3171. 2013.
- [7] Lee, S.C.; Jung, W.Y. Analogical Understanding of the Ragone plot and a New Categorization of Energy Devices. *Energy Procedia* 88, 526–530. 2016.
- [8] Wang, T.; Chen, H.C.; Yu, F.; Zhao, X.S.; Wang, H. Boosting the cycling stability of transition metal compounds-based supercapacitors. *Energy Storage Mater.* 16, 545–573. 2019.
- [9] Miller, E.E.; Hua, Y.; Tezel, F.H. Materials for energy storage: Review of electrode materials and methods of increasing capacitance for supercapacitors. *J. Energy Storage* 20, 30–40. 2018.
- [10] Laine, J.; Yunes, S. Effect of the preparation method on the pore size distribution of activated carbon from coconut shell. *Carbon N. Y.* 30, 601–604. 1992.



- [11] Daud, W.M.A.W.; Ali, W.S.W. Comparison on pore development of activated carbon produced from palm shell and coconut shell. *Bioresour. Technol.* 93, 63–69. [PubMed] 2004.
- [12] Fang, B.; Binder, L. Enhanced surface hydrophobisation for improved performance of carbon aerogel electrochemical capacitor. *Electrochim. Acta* 52, 6916–6921. 2007.
- [13] Du, J.; Liu, L.; Yu, Y.; Zhang, L.; Zhang, Y.; Chen, A. Synthesis of nitrogen doped graphene aerogels using solid supported strategy for supercapacitor. *Mater. Chem. Phys.* 223, 145–151. 2019,
- [14] Zhang, G.; Song, Y.; Zhang, H.; Xu, J.; Duan, H.; Liu, J. Radially Aligned Porous Carbon Nanotube Arrays on Carbon Fibers: A Hierarchical 3D Carbon Nanostructure for High-Performance Capacitive Energy Storage. *Adv. Funct. Mater.* 2016, 26, 3012–3020.
- [15] Ke, Q.; Wang, J. Graphene-based materials for supercapacitor electrodes—A review. *J. Mater.* 2, 37–54. 2016.
- [16] Lu, W. Carbon Nanotube Supercapacitors. In *Carbon Nanotubes*; Marulanda, J.M., Ed.; IntechOpen: Rijeka, Croatia, Chapter 29. 2010.
- [17] Tran, C.; Kalra, V. Fabrication of porous carbon nanofibers with adjustable pore sizes as electrodes for supercapacitors. *J. Power Sources* 235, 289–296. 2013.
- [18] Eikerling, M.; Kornyshev, A.A.; Lust, E. Optimized Structure of Nanoporous Carbon-Based Double-Layer Capacitors. *J. Electrochem. Soc.* 152, E24–E33. 2005.
- [19] Chen, L.-F.; Lu, Y.; Yu, L.; Lou, X.W. Designed formation of hollow particle-based nitrogen-doped carbon nanofibers for high-performance supercapacitors. *Energy Environ. Sci.* 10, 1777–1783. 2017,.
- [20] Tavasoli, A.; Aslan, M.; Salimi, M.; Balou, S.; Pirbazari, S.M.; Hashemi, H.; Kohansal, K. Influence of the blend nickel/porous hydrothermal carbon and cattle manure hydrochar catalyst on the hydrothermal gasification of cattle manure for H<sub>2</sub> production. *Energy Convers. Manag.* 173, 15–28. 2018.
- [21] Zhang, Y.; Song, X.; Xu, Y.; Shen, H.; Kong, X.; Xu, H. Utilization of wheat bran for producing activated carbon with high specific surface area via NaOH activation using industrial furnace. *J. Clean. Prod.* 210, 366–375. 2019.
- [22] Guardia, L.; Suárez, L.; Querejeta, N.; Pevida, C.; Centeno, T.A. Winery wastes as precursors of sustainable porous carbons for environmental applications. *J. Clean. Prod.* 193, 614–624. 2018.
- [23] Sathyamoorthi, S.; Phattharasupakun, N.; Sawangphruk, M. Environmentally benign non-fluoro deep eutectic solvent and free-standing rice husk-derived bio-carbon based high-temperature supercapacitors. *Electrochim. Acta* 286, 148–157. 2018.
- [24] Parveen, N.; Al-Jaafari, A.I.; Han, J.I. Robust cyclic stability and high-rate asymmetric supercapacitor based on orange peel-derived nitrogen-doped porous carbon and intercrossed interlinked urchin-like NiCo<sub>2</sub>O<sub>4</sub>@3DNF framework. *Electrochim. Acta* 293, 84–96. 2019.
- [25] Kesavan, T.; Partheeban, T.; Vivekanantha, M.; Kundu, M.; Maduraiveeran, G.; Sasidharan, M. Hierarchical nanoporous activated carbon as potential electrode materials for high performance electrochemical supercapacitor. *Microporous Mesoporous Mater.* 274, 236–244. 2019.
- [26] T. Surawan and P. S. Priambodo, Supercapacitor Based On Active Carbon Electrode, in 6th International Conference on Quality in Research (QIR): International Symposium on Electrical and Computer Engineering, 2019.
- [27] T. Surawan; N. Kurniawati, Superkapasitor Dari Karbon Aktif Limbah Daun Teh Sebagai Bahan Elektroda, *Jurnal Teknologi*, Vol 8, No 1, 2020.