

## Synthesis and Characterization of Activated Carbon from Green Banana Peel

Elene Afrisia Efendi, Faiz Putra Djatmiko, Ely Kurniati<sup>✉</sup>

Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik & Sains, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur, Jl. Raya Rungkut Madya, Gunung Anyar, Surabaya Telp : +62 (031) 870 6369 Surabaya 60294

### Info Artikel

Diterima : 26-06-2024  
Disetujui : 23-09-2024  
Dipublikasikan : 25-11-2024

#### Keywords:

Karbon Aktif  
Kulit Pisang Hijau  
Pirolisis  
Uji BET  
Adsorben

### Abstrak

Karbon aktif merupakan bahan padat yang mempunyai pori serta terkandung 85% - 95% karbon serta 5% - 15% merupakan deposit. Karbon aktif mengalami tahapan kegiatan secara fisik ataupun kimia. Kegiatan dengan fisik yakni berupa arang sedangkan secara kimia yaitu merendam arang memakai bahan kimia. Karbon aktif umumnya digunakan sebagai adsorben. Kulit pisang tersusun atas senyawa berkarbon yaitu lignin, selulosa dan hemiselulosa sebesar 8,90%, 9,90%, 41,38%. Senyawa inilah yang dapat menjadikan kulit pisang hijau dalam pembuatan karbon aktif. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh suhu dan waktu proses pirolisis dari limbah kulit pisang hijau terhadap uji kadar abu, uji kadar air dan uji luas permukaan BET serta mengetahui luas permukaan karbon aktif dari kulit pisang hijau dengan uji BET. Metode penelitian meliputi persiapan bahan baku, proses pirolisis, aktivasi dan uji hasil. Hasil penelitian menunjukkan bahwa waktu dan suhu proses pirolisis memiliki pengaruh yang cukup signifikan terhadap karakteristik dari karbon aktif kulit pisang hijau dari jumlah kadar abu, kadar air, dan luas permukaan analisa BET serta karbon aktif dari kulit pisang hijau dengan hasil terbaik pada suhu 400°C dengan waktu 15 menit diperoleh luas permukaan BET sebesar 313,089 m<sup>2</sup>/gr dan single point surface area sebesar 323,1100 m<sup>2</sup>/gr. Kesimpulannya, hasil terbaik yang diperoleh belum dapat memenuhi baku mutu SNI 06-3730-1995 sehingga belum dapat digunakan sebagai alternatif bahan baku pembuatan karbon aktif.

### Abstract

Activated carbon is a solid material with pores and contains 85% - 95% carbon and 5% - 15% deposits. Activated carbon undergoes activation processes, both physically and chemically. Physical activation involves charcoal formation, while chemical activation involves soaking charcoal in chemical substances. Activated carbon is commonly used as an adsorbent. Banana peel consists of carbon-containing compounds, namely lignin, cellulose, and hemicellulose at 8.90%, 9.90%, and 41.38%, respectively. These compounds enable green banana peel to be used in activated carbon production. The research aims to determine the influence of temperature and pyrolysis time on green banana peel waste regarding ash content, moisture content, and BET surface area analysis, as well as to determine the surface area of activated carbon from green banana peel using BET analysis. The research methods include raw material preparation, pyrolysis process, activation, and result testing. The results indicate that pyrolysis time and temperature significantly affect the characteristics of activated carbon from green banana peel, with the best results obtained at 400°C for 150 minutes, yielding a BET surface area of 313.089 m<sup>2</sup>/g and a single point surface area of 323.1100 m<sup>2</sup>/g. In conclusion, the best results obtained do not yet meet the SNI 06-3730-1995 quality standards, thus cannot be used as an alternative raw material for activated carbon production.

## Pendahuluan

Pulau Madura memiliki sumber daya alam yang sangat melimpah terutama di bidang Pertanian dan Perkebunan. Tanaman Pisang termasuk kedalam komoditas buah unggulan di Pulau Madura. Tanaman pisang merupakan tanaman yang banyak tumbuh di Pulau Madura terutama di daerah Sampang, Madura. Mulai dari buah daun, bonggol hingga kulit pisang. Berdasarkan data dari Badan Pusat Statistik (BPS) tahun 2024, produksi pisang hijau di Kabupaten Sampang, Madura mencapai 368,055 kwintal pada tahun 2021, dan 393,161 kwintal pada tahun 2022. Kulit pisang memiliki berat 47-50% dari total keseluruhan buah pisang, sehingga berat kulit pisangnya saja bisa mencapai 172,985 kwintal pada tahun 2021 dan 196,580 kwintal pada tahun 2022. Buah merupakan hasil utama pisang, yang dapat dimakan langsung (pisang buah) atau dimasak terlebih dahulu sebelum dimakan (pisang olahan). Pisang yang ada memiliki 42 macam yang dibudidayakan masyarakat di wilayah Kabupaten Bangkalan, Sampang, Pamekasan dan Sumenep, jenis pisang hijau merupakan pisang buah. Pisang buah yaitu yang dapat dikonsumsi langsung, sedangkan pisang olahan merupakan produk-produk yang telah diolah dari pisang mentah, seperti sale pisang yang di olah oleh salah satu *home industry* di Kabupaten Pamekasan. *Home industry* sale pisang ini didirikan oleh Anna Yulia yang menggunakan bahan dari pisang hijau. Kulit pisang hijau yang sudah tidak digunakan dapat digunakan kembali menjadi karbon aktif. (Damayanti, 2023)

Kulit pisang hijau dapat dianggap sebagai bahan baku yang tersedia secara lokal di banyak daerah tropis, sehingga dapat mengurangi ketergantungan pada bahan baku impor. Kulit pisang hijau secara alami dapat terurai oleh lingkungan, sehingga dapat dianggap sebagai sumber daya yang ramah lingkungan dibandingkan dengan bahan-bahan lain yang tidak mudah terurai. Kualitas kulit pisang hijau dapat bervariasi tergantung pada jenis pisang, kondisi pertumbuhan, dan metode pengolahan. Variasi dari kulit pisang hijau ini dapat mempengaruhi kualitas karbon aktif yang dihasilkan. Karbon aktif dari kulit pisang hijau dapat bersaing dengan produk yang menggunakan bahan baku lain, seperti batubara aktif atau tempurung kelapa. (Mishra, 2023).

Kulit pisang hijau tersusun atas senyawa berkarbon yaitu lignin, selulosa dan hemiselulosa sebesar 8,90%, 9,90%, 41.38%. Zat ini memiliki kandungan karbon berkisar antara 35% hingga 54%. Bahan kimia khusus ini memiliki kemampuan untuk mengubah kulit pisang hijau menjadi karbon aktif (Mishra, 2023). Sebagai adsorben, karbon aktif biasanya digunakan. Arang aktif mempunyai sifat adsorben karena struktur pori internalnya yang berhubungan dengan luas permukaannya bervariasi antara 300 dan 700 m<sup>2</sup>/gram (Cheremisinoff, 1993). Tergantung pada ukuran, volume, dan luas permukaan pori-porinya, karbon aktif memiliki kemampuan untuk secara selektif menyerap zat kimia dan gas tertentu. Karbon aktif mempunyai daya serap yang sangat besar, 25–100% beratnya dapat terserap.

Penelitian yang dilakukan Masriatini pada tahun 2017 pembuatan karbon aktif dari kulit pisang menggunakan aktivator KOH diperoleh hasil luas permukaan karbon aktif dari hasil analisa berkisar antara 375,04 - 306,34 m<sup>2</sup>/gr dengan variasi waktu aktivasi 0,5-2,5 jam dan luas permukaan 395, 84 m<sup>2</sup>/gr pada waktu aktivasi 1,5 jam. Pada penelitian yang dilakukan oleh Kurniawan tahun 2014 karakterisasi luas permukaan BET karbon aktif dari tempurung kelapa dan tandan kosong kelapa sawit dengan aktivasi asam fosfat (H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>), dari hasil penelitian bahwa luas permukaan karbon aktif yang terbaik adalah pada tempurung kelapa dengan variasi 3 Molar dengan hasil 386,447 m<sup>2</sup>/g. Pada penelitian yang dilakukan Sa'diyah tahun 2021 pemanfaatan serbuk gergaji kayu sebagai karbon aktif melalui proses pirolisis dan aktivasi kimia, menggunakan pirolisis suhu 200°C; 225°C; 250°C; 275°C; 300°C dan diperoleh kualitas karbon aktif yang mendekati syarat mutu karbon aktif SII 0258-88 adalah karbon aktif yang dihasilkan pada pirolisis suhu 275°C.

Keuntungan dari arang aktif kulit pisang hijau adalah bahan ini tersusun terutama dari karbon, mempunyai porositas dan luas permukaan dalam yang tinggi. Kulit pisang hijau diuji menggunakan analisa XRF, dari uji yang pernah dilakukan oleh Susanti, 2022 menghasilkan kandungan K<sub>2</sub>O (96,5%) dan P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (2,4%). Hal ini menunjukkan bahwa komposisi utama kulit pisang hijau adalah kalium dan fosfor. Setelah memperhatikan beberapa hal diatas maka dilakukan penelitian menggunakan kulit pisang hijau untuk mengetahui sintesis dan karakteristik sebagai karbon aktif.

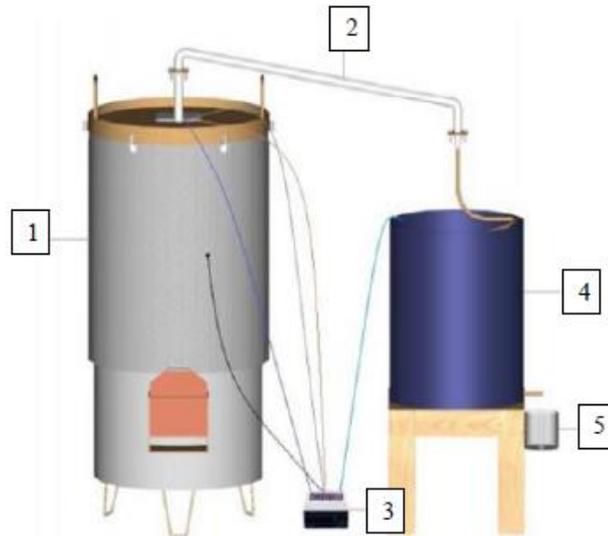
## Metode

### Alat dan Bahan

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Material, Laboratorium Riset dan Graha Riset yang ada di UPN "Veteran" Jawa Timur, dalam rentan waktu 1 Agustus 2023 – 3 Oktober 2023. Laboratorium Material tempat untuk mengayak dan mengaktivasi karbon aktif kulit pisang hijau, Laboratorium Riset tempat untuk mengoven, mendesikator dan menimbang massa karbon aktif kulit pisang hijau, Graha Riset tempat untuk melakukan pembakaran pirolisis. Uji analisa bahan baku yang dilakukan yaitu analisa selulosa, lignin dan hemiselulosa yang dilakukan di Laboratorium Farmasi UNIPA Surabaya. Uji luas permukaan BET dilakukan di Laboratorium Terpadu Univeristas Negeri Malang. Alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain serangkaian alat pirolisis, oven, desikator, neraca massa, gelas ukur, beaker glass, batang

pengaduk, kertas saring, aluminium foil, blender dan pH meter yang digunakan pada proses pirolisis dan aktivasi.

Bahan yang digunakan pada penelitian ini antara lain kulit pisang hijau yang diperoleh dari Sampang, Madura. Aquadest, kertas saring, pH meter dan natrium hidroksida (NaOH) yang didapatkan dari toko Nirwana Abadi UD yang beralamat di Jl. Wonorejo Permai Timur V No. 95, Surabaya.



**Gambar 1.** Rangkaian Alat Pirolisis

Keterangan :

1. Tungku
2. Pipa kondensor
3. Termokopel
4. Wadah air kondensor
5. Wadah asap cair

## Prosedur Penelitian

### Persiapan Bahan Baku

Kulit pisang hijau dipotong kecil-kecil dengan ukuran  $\pm 2$  cm lalu dijemur dengan sinar matahari hingga kering, dan potongan kulit pisang hijau kering telah siap dianalisa lignin, selulosa dan hemiselulosa.

### Proses Pirolisis dan aktivasi

Potongan kulit pisang hijau kering dipirolisis dengan suhu 200°C, 250°C, 300°C, 350°C, 400°C selama 30, 60, 90, 120, 150 (menit) dengan menggunakan alat pirolisis. Hasil pirolisis kulit pisang hijau dihaluskan dengan menggunakan blender, setelah di blender, kulit pisang hijau yang sudah halus diayak dengan ukuran 80 mesh dan 100 mesh. Setelah diayak siapkan serbuk kulit pisang hijau sebanyak 40 gram, lalu campurkan dengan larutan NaOH 0,5 N per 1000 ml dan kemudian rendam selama 1 jam. Setelah itu cuci dengan menggunakan aquadest hingga pH netral. Sampel tersebut kemudian dikeringkan menggunakan oven pada suhu 110°C selama 1,5 jam, sehingga diperoleh sampel karbon aktif kulit pisang hijau teraktivasi NaOH. Kemudian analisa akhir dengan uji kadar air, kadar abu dan luas permukaan dengan alat BET.

## Hasil dan Pembahasan

### Hasil Pembuatan Karbon Aktif

Penelitian ini memiliki tujuan dari pembuatan karbon aktif dari kulit pisang hijau digunakan sebagai adsorben. Pembuatan karbon aktif dari kulit pisang hijau dilakukan dengan menggunakan proses pirolisis. Pirolisis menggunakan pemanas pada tungku tanpa dipengaruhi udara dari luar, hal ini bertujuan untuk memperbesar luas permukaan pori-pori karbon aktif dari kulit pisang hijau. Suhu pirolisis divariasikan dari 200°C-400°C dengan waktu pirolisis bervariasi dari 30-150 menit. Penggunaan variable tersebut disesuaikan dengan bahan baku pembuatan karbon aktif yaitu kulit pisang hijau, karena pada saat dilakukan pra-lab jika digunakan suhu pirolisis 500°C-900°C bahan akan berubah menjadi abu.

Proses pirolisis menghasilkan arang yang permukaannya masih banyak tertutup dengan tar dan volatile yang terperangkap pada pori-porinya sehingga membatasi daya serap dari karbon itu sendiri. Proses aktivasi diperlukan untuk menghilangkan kotoran tersebut dan memperluas permukaan dari karbon yang di aktivasi. Penelitian ini menggunakan NaOH sebagai larutan aktivatornya dengan cara karbon aktif kulit

pisang hijau direndam dilarutan tersebut pada konsentrasi 0,5 N selama 1 jam. Berikut tabel hasil proses pirolisis kulit pisang hijau.

**Tabel 1.** Massa Kulit Pisang Hijau (g) Hasil Pirolisis

Suhu (°C)	Waktu (menit)	Massa Awal (g)	Massa Akhir (g)
200			15,87
250			10,50
300	30	40	9,20
350			9,09
400			8,50
200			13,07
250			12,80
300	60	40	9,50
350			8,75
400			6,70
200			12,30
250			10,14
300	90	40	8,50
350			6,80
400			6,02
200			11,70
250			10,12
300	120	40	9,70
350			8,12
400			5,00
200			10,51
250			9,60
300	150	40	7,45
350			4,70
400			3,70

Berdasarkan data yang diperoleh pada Tabel 1. diketahui bahwa massa black karbon setelah proses pirolisis massa terbesar diperoleh pada suhu 200°C yaitu sebesar 15,87 gram dan massa terendah pada suhu 400°C sebesar 3,7 gram. Proses pirolisis setelah mencapai puncak pemanasan, maka hasil black karbon mulai menurun. Hasil black karbon semakin menurun dikarenakan kulit pisang yang dipanaskan di dalam tabung pirolisis mulai habis dan menjadi arang. Kesimpulan yang dapat ditarik dari data tersebut adalah semakin tinggi suhu pirolisis, maka kandungan air dan zat-zat yang mudah menguap juga akan semakin besar pula sehingga massa sampel setelah proses pirolisis mengalami penurunan (Ekawati, 2023).

### Hasil Analisa Bahan Baku

Bahan baku kulit pisang hijau dilakukan analisis awal berupa metode Chesson. Analisis awal ini dilakukan untuk mengetahui kandungan yang terkandung di dalamnya yaitu, selulosa, hemiselulosa dan lignin. Berikut tabel analisis kandungan kulit pisang hijau.

**Tabel 2.** Hasil Analisa Kandungan Kulit Pisang Hijau

Kandungan yang di Analisa	Kadar (%)	Metode Analisa
Selulosa	25	Chesson
Hemiselulosa	53	Chesson
Lignin	12	Chesson

Sumber : Laboratorium Farmasi Universitas PGRI Adibuana

Hasil analisis kadar kandungan dalam kulit pisang hijau diatas, maka diketahui bahwa dalam 1 gram bahan baku kulit pisang hijau, terdapat 25% kandungan selulosa, 53% kandungan hemiselulosa dan 12% kandungan lignin. Hal ini menunjukkan bahwa kulit pisang hijau dapat digunakan sebagai bahan baku dalam pembuatan karbon aktif.

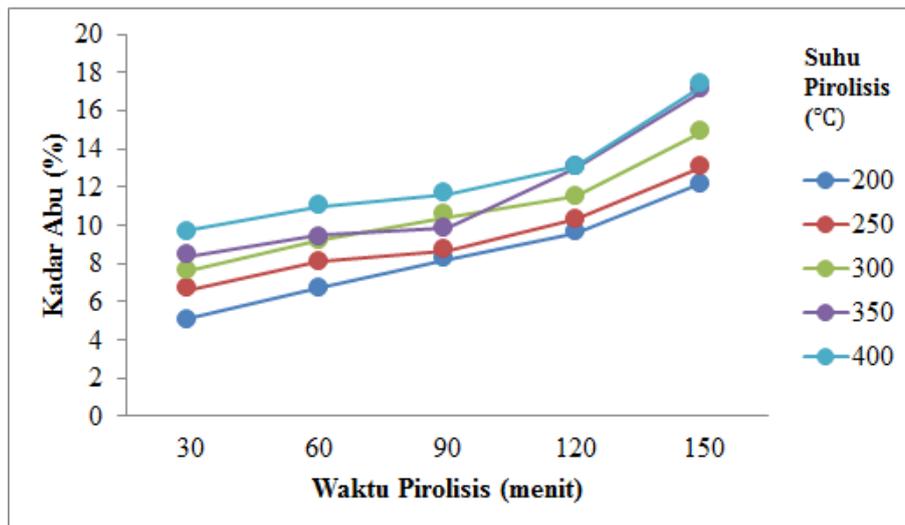
### Kadar Abu

Nilai kadar abu menunjukkan jumlah sisa dari akhir proses pembakaran berupa zat-zat yang tidak hilang selama proses pembakaran. Kadar abu dari masing-masing sampel setelah dilakukan pembakaran kembali dan digunakan perhitungan dapat dilihat hasilnya pada tabel berikut ini :

**Tabel 3.** Pengaruh Suhu dan Waktu Pirolisis Terhadap Kadar Abu

Suhu (°C)	Waktu (menit)	Kadar Abu (%)
200	30	5,14
	60	6,75
	90	8,21
	120	9,57
	150	12,22
250	30	6,60
	60	8,10
	90	8,64
	120	10,30
	150	13,07
300	30	7,67
	60	9,23
	90	10,45
	120	11,56
	150	14,93
350	30	8,42
	60	9,51
	90	9,83
	120	13,00
	150	17,09
400	30	9,73
	60	11,01
	90	11,59
	120	13,12
	150	17,30

**Pengaruh Waktu Pirolisis Terhadap Kadar Abu**

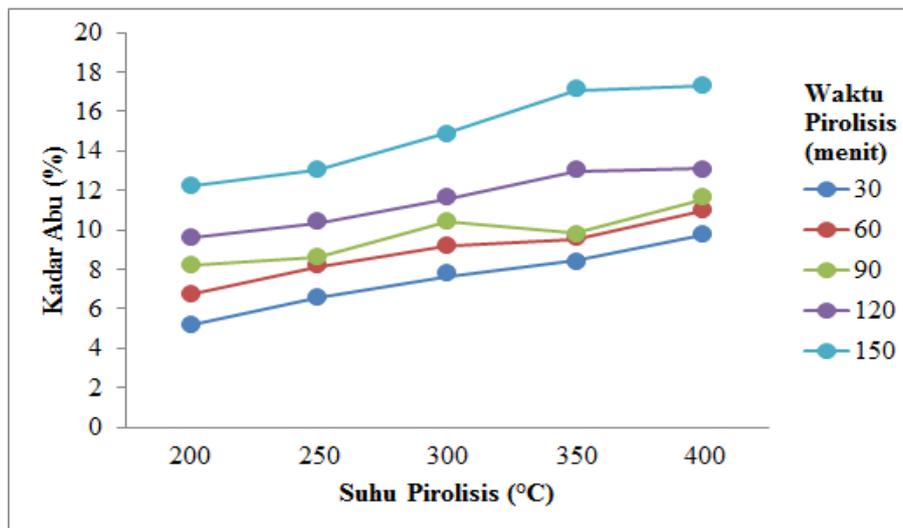


**Gambar 2.** Pengaruh Waktu Pirolisis (menit) Terhadap Nilai Kadar Abu (%)

Berdasarkan Gambar 2 nilai kadar abu pada variable suhu pirolisis 200°C dengan waktu pirolisis 30, 60, 90 dan 120 menit sudah sesuai dengan standar SNI 06-3730-1995, pada variable suhu pirolisis 250°C dengan waktu pirolisis 30, 60 dan 90 menit sudah sesuai dengan standar SNI 06-3730-1995, pada variable suhu pirolisis 300°C dengan waktu pirolisis 30 dan 60 menit sudah sesuai dengan standar SNI 06-3730-1995, pada variable suhu pirolisis 350°C dengan waktu pirolisis 30, 60 dan 90 menit sudah sesuai dengan standar SNI 06-3730-1995, pada variable suhu pirolisis 400°C dengan waktu pirolisis 30 menit sudah sesuai dengan standar SNI 06-3730-1995 karena nilai kadar abu kurang dari 10%. Nilai kadar abu pada variable suhu pirolisis 200°C dengan waktu pirolisis 150 menit belum sesuai dengan standar SNI 06-3730-1995, pada variable suhu pirolisis 250°C dengan waktu pirolisis 120 dan 150 menit belum sesuai dengan standar SNI 06-3730-1995, pada variable suhu pirolisis 300°C dengan waktu pirolisis 90, 120 dan 150 menit belum sesuai dengan standar SNI 06-3730-1995, pada variable suhu pirolisis 350°C dengan waktu pirolisis 120 dan 150 menit belum sesuai dengan standar SNI 06-3730-1995, pada variable suhu pirolisis 400°C dengan waktu pirolisis 60, 90, 120 dan 150 menit belum sesuai dengan standar SNI 06-3730-1995 karena nilai kadar abu lebih dari 10%.

Berdasarkan gambar diatas dapat dijelaskan bahwa kadar abu semakin meningkat seiring bertambahnya waktu selama proses pirolisis berlangsung. Residu mineral yang tersisa setelah pembakaran bahan alami yang merupakan bahan utama karbon aktif, selain senyawa karbon, mencakup berbagai mineral. Meskipun beberapa mineral ini hilang selama proses karbonisasi dan aktivasi, mineral lainnya diperkirakan tetap ada. Hal ini dikenal sebagai kadar abu. di dalam karbon yang telah diaktifkan. Proses oksidasi menjadi penyebab tingginya kadar abu pada karbon aktif. Karena kandungan mineral abu seperti kalsium, kalium, magnesium, dan natrium akan terdispersi dalam jaringan arang aktif, maka besarnya kandungan abu dapat mempengaruhi kapasitas penyerapan karbon aktif dalam gas dan larutan. Pori-pori mungkin tersumbat oleh terlalu banyak abu, yang akan menurunkan luas permukaan karbon aktif. Semakin lama waktu pirolisis akan menyebabkan peningkatan kadar abu yang semakin banyak. Hal ini belum sesuai dengan teori yang ada karena eliminasi dan oksidasi bahan kimia yang mudah menguap bersama dengan karbon dipicu oleh proses gasifikasi karbon, yang memerlukan proses pirolisis lebih lama (Ikatawati, 2009) dan semakin rendah pula kadar abu yang dihasilkan pada karbon aktif (Ekawati, 2023).

### Pengaruh Suhu Pirolisis Terhadap Kadar Abu



**Gambar 3.** Pengaruh suhu pirolisis (°C) terhadap nilai kadar abu (%)

Berdasarkan gambar 3 nilai kadar abu pada variable waktu pirolisis 30 menit dengan suhu pirolisis 200, 250, 300 dan 350°C sudah sesuai dengan standar SNI 06-3730-1995, pada variable waktu pirolisis 60 menit dengan suhu pirolisis 200, 250, 300°C sudah sesuai dengan standar SNI 06-3730-1995, pada variable waktu pirolisis 90 menit dengan suhu pirolisis 200 dan 250°C sudah sesuai dengan standar SNI 06-3730-1995, pada variable waktu pirolisis 120 menit dengan suhu pirolisis 200, 250 dan 300°C sudah sesuai dengan standar SNI 06-3730-1995, pada variable waktu pirolisis 150 menit dengan suhu pirolisis 200°C sudah sesuai dengan standar SNI 06-3730-1995 karena nilai kadar abu kurang dari 10%. Pada variable waktu pirolisis 30 menit dengan suhu pirolisis 400°C belum sesuai dengan standar SNI 06-3730-1995, pada variable waktu pirolisis 90 menit dengan suhu pirolisis 300, 350 dan 400°C belum sesuai dengan standar SNI 06-3730-1995, Pada variable waktu pirolisis 120 menit dengan suhu pirolisis 350 dan 400°C belum sesuai dengan standar SNI 06-3730-1995, Pada variable waktu pirolisis 150 menit dengan suhu pirolisis 250, 300, 350 dan 400°C belum sesuai dengan standar SNI 06-3730-1995 karena nilai kadar abu lebih dari 10%.

Berdasarkan gambar tersebut menunjukkan bahwa semakin tinggi suhu, kadar abu juga meningkat. Hasil ini belum sesuai dengan teori bahwa semakin tinggi suhu pirolisis, kadar abu semakin berkurang. Didukung dengan waktu pirolisis yang semakin lama maka semakin rendah pula kadar abu yang dihasilkan pada karbon aktif (Ekawati, 2023). Peningkatan nilai kadar abu ini disebabkan oleh kenaikan suhu pirolisis yang memicu teroksidasinya sebagian besar zat volatil termasuk pula sebagian karbon yang ada. Sedangkan abu tidak teroksidasi karena bukan merupakan zat volatil. Besarnya kadar abu dapat mempengaruhi daya serap karbon aktif terhadap gas maupun larutan, karena kandungan mineral dalam abu seperti kalsium, kalium, magnesium, dan natrium akan menyebar dalam kisi-kisi arang aktif. Keberadaan abu yang berlebihan dapat menyebabkan terjadinya penyumbatan poripori sehingga luas permukaan karbon aktif menjadi berkurang. (Ikawati, 2009).

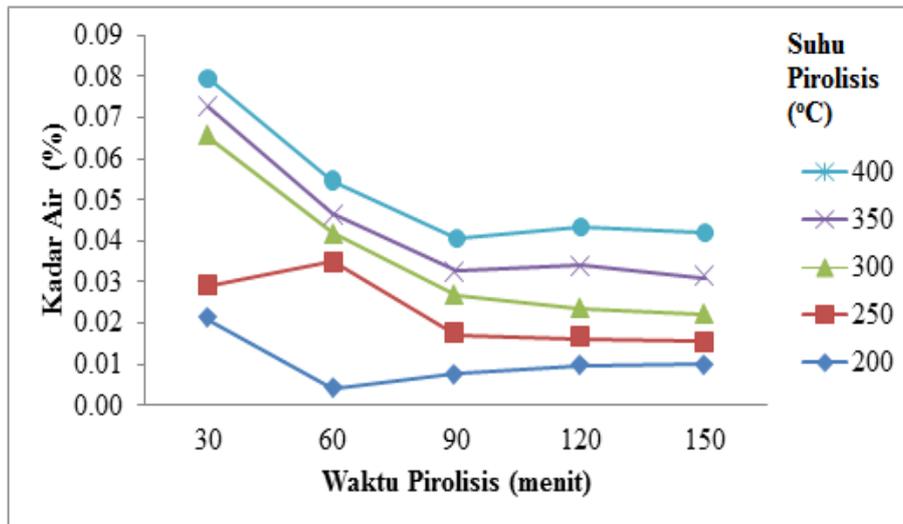
**Kadar Air**

Tujuan penetapan kadar air adalah untuk mengetahui seberapa banyak air yang dapat teruapkan agar air yang terikat pada karbon aktif dari kulit pisang hijau tidak menutupi pori-porinya, setelah dilakukan pemanasan berulang pada oven hingga berat konstan dilanjutkan dengan perhitungan untuk kadar air karbon aktif dari masing-masing sampel dapat dilihat pada tabel berikut ini :

**Tabel 4.** Pengaruh Suhu dan Waktu Pirolisis Terhadap Kadar Air

Suhu (°C)	Waktu (menit)	Kadar Abu (%)
200	30	20,50
	60	4,00
	90	7,50
	120	9,50
	150	10,00
250	30	8,50
	60	31,00
	90	9,50
	120	6,50
	150	5,50
300	30	36,00
	60	7,00
	90	9,50
	120	7,50
	150	6,50
350	30	7,50
	60	4,65
	90	6,00
	120	10,50
	150	9,00
400	30	7,0
	60	8,0
	90	8,0
	120	9,50
	150	11,00

**Pengaruh Waktu Pirolisis Terhadap Kadar Air**



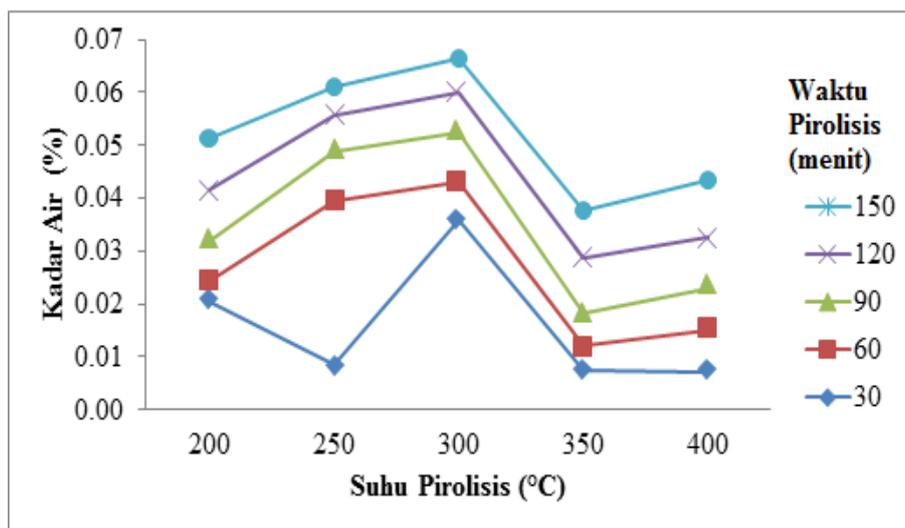
**Gambar 4.** Pengaruh Waktu Pirolisis (menit) Terhadap Nilai Kadar Air (%)

Berdasarkan gambar 4 nilai kadar air pada variable suhu pirolisis 250°C, 350°C dan 400°C dengan waktu pirolisis 30, 60, 90, 120 dan 150 menit sudah sesuai dengan standar SNI 06-3730-1995 dan juga pada variable suhu pirolisis 200°C dan 300°C dengan waktu pirolisis 60, 90, 120, 150 menit sudah sesuai dengan standar SNI 06-3730-1995 karena nilai kadar air kurang dari 15%. Nilai kadar air pada variable suhu pirolisis 200°C dan 300°C dengan waktu pirolisis 30 menit belum sesuai dengan standar SNI 06-3730-1995 karena nilai kadar air lebih dari 15%. Semakin lama waktu pirolisis maka semakin rendah pula kadar air yang dihasilkan pada karbon aktif (Ekawati, 2023). Percobaan dengan variabel waktu pirolisis 30 menit ke 60

menit di suhu 200°C dan dominan mengalami penurunan yang drastis, karena terjadi penguapan seiring waktu pembakaran dalam alat pirolisis, sehingga mengurangi massa air dalam karbon. Percobaan dengan variabel suhu 250°C dan waktu dari 30 menit ke 60 menit, terjadi kenaikan kadar air yang dapat dipengaruhi oleh masuknya air kedalam karbon aktif saat berada di udara bebas.

Hasil ini dapat dibuktikan bahwa pengaruh waktu pirolisis terhadap kadar air secara teori yang mana semakin lama waktu, maka kadar air semakin sedikit, berdasarkan hasil penelitian yang sudah kami lakukan sudah sesuai dengan teori yang ada, maka dapat disimpulkan bahwa karbon aktif yang kami hasilkan memenuhi standar SNI 06-3730-1995 kadar air dibandingkan dengan percobaan orang lain (Ekawati, 2023).

### Pengaruh Suhu Pirolisis Terhadap Kadar Air



**Gambar 5.** Pengaruh Suhu Pirolisis (menit) Terhadap Nilai Kadar Air (%)

Berdasarkan gambar 5 nilai kadar air pada variable waktu pirolisis 30, 60, 90, 120 dan 150 menit dengan suhu pirolisis 200°C, 250°C, 300°C, 350°C dan 400°C sudah sesuai dengan standar SNI 06-3730-1995; pada variable waktu pirolisis 30 menit dengan suhu pirolisis 250°C, 300°C, 350°C dan 400°C sudah sesuai dengan standar SNI 06-3730-1995; pada variable waktu pirolisis 60 menit dengan suhu pirolisis 200°C, 300°C, 350°C dan 400°C sudah sesuai dengan standar SNI 06-3730-1995 karena nilai kadar air kurang dari 15%. Nilai kadar air pada variable waktu pirolisis 30 dengan suhu pirolisis 200°C dan 300°C tidak sesuai dengan standar SNI 06-3730-1995 dan juga pada variable waktu pirolisis 60 dengan suhu pirolisis 250°C tidak sesuai dengan standar SNI 06-3730-1995 karena nilai kadar air lebih dari 15%. Suhu pirolisis yang semakin lama maka semakin rendah pula kadar air yang dihasilkan pada karbon aktif. Percobaan dengan variabel waktu pirolisis selama 30 menit dengan suhu pirolisis 250°C dan 300°C terjadi kenaikan kadar air yang signifikan. Kenaikan kadar air sangat erat hubungannya dengan sifat higroskopis dari aktivator NaOH. Terikatnya molekul air yang ada pada karbon aktif oleh aktivator menyebabkan pori-pori pada karbon semakin besar (Ekawati, 2023). Percobaan dengan variabel suhu pirolisis 250°C dan 300°C dominan mengalami kenaikan kadar air yang signifikan. Hal ini dapat terjadi disebabkan oleh pori – pori dari karbon aktif yang terbuka semakin banyak sehingga saat pemindahan karbon aktif dari oven ke desikator dan neraca analitik terjadi kontak langsung antara karbon aktif yang bersifat higroskopis dengan udara yang lembab menyebabkan karbon aktif dapat menyerap uap air (Ekawati, 2023).

Hasil ini dapat dibuktikan bahwa pengaruh suhu pirolisis pada kadar air dengan teori yang mana bertambah besar suhu, sehingga kadar air bertambah kecil, berdasarkan hasil penelitian yang sudah kami lakukan sudah sesuai dengan teori yang ada, maka dapat disimpulkan bahwa karbon aktif yang kami hasilkan memenuhi standar SNI 06-3730-1995 kadar air (Ekawati, 2023).

### Hasil Analisa BET (*Brunnaeur-Emmet-Teller*)

Pengujian BET dilaksanakan untuk mengukur luas permukaan dan single point surface area yang ada pada adsorben. Luas permukaan merupakan jumlah pori pada setiap satuan luas dari sampel, sementara luas permukaan spesifik adalah luas permukaan per satuan gram. Analisis ini memiliki peran penting dalam memahami proses pembentukan, struktur, dan potensi aplikasi suatu karbon aktif. Data hasil pengujian terdapat dalam tabel 5. Data - data ini diambil dari lampiran halaman 1 *summary report* hasil uji BET.

**Tabel 5.** Hasil Analisa BET (*Brunnaeur-Emmet-Teller*).

Suhu (°C)	Waktu (menit)	<i>S BET</i> (m <sup>2</sup> /gr)	<i>Single Point Surface Area</i> (m <sup>2</sup> /gr)
200	30	1,032	0,8950
300	30	3,8361	3,8921
250	60	2,2853	2,3313
350	60	36,9979	37,4673
300	90	23,6978	22,6439
400	90	18,7982	18,7285
250	120	6,1534	5,9186
350	120	179,2349	181,6073
300	150	7,0446	7,2295
400	150	313,089	323,11

Sumber : Laboratorium Terpadu Universitas Negeri Malang



TriStar II Plus 3.01

TriStar II Plus Version 3.01  
Serial # 1080 Unit 1 Port 2

Page 1 of 3

Sample: SA145  
Operator: Yuli  
Submitter: UPT Lab Terpadu UM  
File: D:\Januari 2024\SA145.SMP

Started:	1/29/2024 11:53:03 AM	Analysis adsorptive:	N2
Completed:	1/1/1970 7:00:00 AM	Analysis bath temp.:	-195,850 °C
Report time:	1/30/2024 8:19:14 AM	Thermal correction:	No
Sample mass:	0,0480 g	Ambient free space:	10,8823 cm <sup>3</sup> Measured
Analysis free space:	31,8055 cm <sup>3</sup>	Equilibration interval:	10 s
Low pressure dose:	None	Sample density:	1,000 g/cm <sup>3</sup>
Automatic degas:	No		

#### Summary Report

##### Surface Area

Single point surface area at P/Po = 0,299707074: 323,1100 m<sup>2</sup>/g

BET Surface Area: 313,0894 m<sup>2</sup>/g



TriStar II Plus 3.01

TriStar II Plus Version 3.01  
Serial # 1080 Unit 1 Port 2

Page 2 of 3

Sample: SA145  
Operator: Yuli  
Submitter: UPT Lab Terpadu UM  
File: D:\Januari 2024\SA145.SMP

Started:	1/29/2024 11:53:03 AM	Analysis adsorptive:	N2
Completed:	1/1/1970 7:00:00 AM	Analysis bath temp:	-195,850 °C
Report time:	1/30/2024 8:19:14 AM	Thermal correction:	No
Sample mass:	0,0480 g	Ambient free space:	10,8823 cm <sup>3</sup> Measured
Analysis free space:	31,8055 cm <sup>3</sup>	Equilibration interval:	10 s
Low pressure dose:	None	Sample density:	1,000 g/cm <sup>3</sup>
Automatic degas:	No		

BET Report

BET surface area: 313,0894 ± 8,5038 m<sup>2</sup>/g  
 Slope: 0,014276 ± 0,000370 g/cm<sup>3</sup> STP  
 Y-intercept: -0,000374 ± 0,000074 g/cm<sup>3</sup> STP  
 C: -37,183721  
 Qm: 71,9319 cm<sup>3</sup>/g STP  
 Correlation coefficient: 0,9973210  
 Molecular cross-sectional area: 0,1620 nm<sup>2</sup>

Relative Pressure (P/P <sub>0</sub> )	Quantity Adsorbed (cm <sup>3</sup> /g STP)	1/[Q(P <sub>0</sub> /P - 1)]
0.076616294	99.6263	0.000833
0.100721276	101.0226	0.001109
0.124739870	102.1192	0.001396
0.150736163	103.0319	0.001723
0.175523716	103.7153	0.002053
0.200078427	104.3031	0.002398
0.224992941	104.8141	0.002770
0.249809871	105.2614	0.003163
0.274786783	105.6559	0.003586
0.299707074	106.0044	0.004037



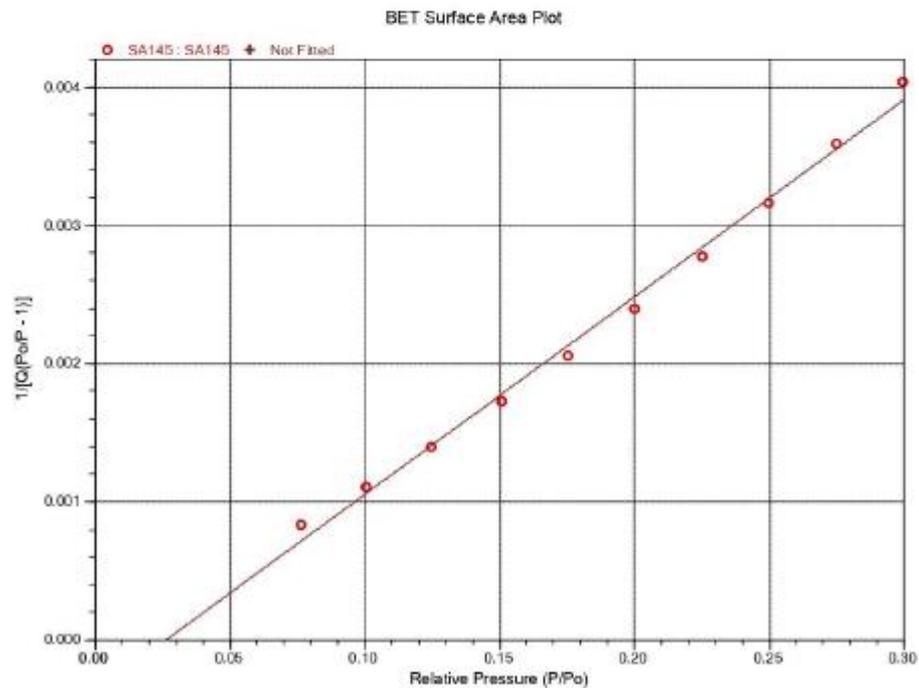
TriStar II Plus 3.01

TriStar II Plus Version 3.01  
Serial # 1080 Unit 1 Port 2

Page 3 of 3

Sample: SA145  
Operator: Yuli  
Submitter: UPT Lab Terpadu UM  
File: D:\Januari 2024\SA145.SMP

Started: 1/29/2024 11:58:03 AM	Analysis adsorptive: N2
Completed: 1/1/1970 7:00:00 AM	Analysis bath temp.: -195,850 °C
Report time: 1/30/2024 8:19:14 AM	Thermal correction: No
Sample mass: 0,0480 g	Ambient free space: 10,8823 cm <sup>3</sup> Measured
Analysis free space: 31,8055 cm <sup>3</sup>	Equilibration interval: 10 s
Low pressure dose: None	Sample density: 1,000 g/cm <sup>3</sup>
Automatic degas: No	



**Gambar 6.** Hasil Uji Luas Permukaan Karbon Aktif Kulit Pisang Hijau dengan Suhu Pirolisis 400°C dan Waktu Pirolisis 150 Menit

Berdasarkan data hasil analisa BET luas permukaan karbon aktif pada variabel suhu 400°C dengan waktu 150 menit nilai yang diperoleh yaitu sebesar 313.089 m<sup>2</sup>/gr dengan nilai *single point surface area* sebesar 323,1100 m<sup>2</sup>/gr sudah sesuai dengan luas permukaan karbon aktif yang berkisar antara 300-700 m<sup>2</sup>/gr (Cheremisiinoff, 1993). Luas permukaan dan *single point surface area* karbon aktif pada variabel suhu 200°C dengan waktu 30 menit; suhu 300 dengan waktu 30 menit; suhu 250 dengan waktu 60 menit; suhu 350 dengan waktu 60 menit; suhu 300°C dengan waktu 90 menit; temperatur 400°C dalam durasi 90 menit; suhu 250°C dengan waktu 120 menit; temperatur 350°C dalam durasi 120 menit; temperatur 300°C dalam durasi 150 menit; temperatur 400°C dalam durasi 150 menit belum sesuai dengan luas permukaan karbon aktif karena ukuran yang dihasilkan yang kurang dari antara 300-700 m<sup>2</sup>/gr (Cheremisiinoff, 1993). Luas permukaan meningkat seiring suhu karena lebih banyak pori-pori yang tumbuh pada suhu yang lebih tinggi. Pori-pori yang lebih banyak akan terbentuk seiring dengan meningkatnya suhu pirolisis karena semakin banyak pori-pori yang terbuka dan luas permukaan akan meningkat seiring dengan hilangnya unsur-unsur volatil yang menutupi pori-pori. Peningkatan luas permukaan dihasilkan dari terapi aktivasi. Ketika beberapa senyawa anorganik yang menutupi pori-pori dilarutkan melalui aktivasi dengan NaOH, pori-pori terbuka dan pori-pori baru tercipta. Menurut Bansal (2005), luas permukaan bertambah seiring dengan bertambahnya jumlah pori-pori yang dihasilkan.

Pada penelitian ini, berdasarkan data-data hasil analisis kadar air, kadar abu dan luas permukaan BET bahwa kondisi terbaik yang dicapai adalah karbon aktif dari proses pirolisis terhadap temperatur 400°C

dalam lama durasi tahapan pirolisis 150 menit. Karbon aktif yang dihasilkan pada kondisi tersebut telah memenuhi beberapa parameter SNI dari segi kadar abu, kadar air dan juga luas permukaan analisa BET dengan hasil pada tabel 6 sebagai berikut :

**Tabel 6.** Hasil Analisis Akhir

Parameter	Hasil Analisis	SNI
Kadar Abu	17,3%	Max 10%
Kadar Air	11%	Max 15%
Luas Permukaan Uji BET	313,089 m <sup>2</sup> /g	300-700 m <sup>2</sup> /g

Berdasarkan tabel tersebut dapat diketahui bahwa hasil terbaik dalam penelitian masih belum memenuhi SNI karena jumlah kadar abu yang terkandung tidak memenuhi kriteria tersebut sehingga belum dapat digunakan sebagai alternatif bahan pembuatan karbon aktif.

Karbon aktif yang dihasilkan dari penelitian ini digunakan sebagai adsorben dalam berbagai aplikasi industri dan lingkungan karena kemampuannya yang tinggi dalam menyerap berbagai zat kimia dan kontaminan. Karbon aktif memiliki kualifikasi yang mendukung sebagai adsorben, antara lain luas permukaan yang besar, porositas yang tinggi, dan kemampuan dalam mengadsorpsi berbagai jenis senyawa organik dan anorganik. SNI 06-3730-1995 digunakan sebagai acuan dalam pembuatan karbon aktif untuk memastikan kualitas dan spesifikasi produk yang memenuhi standar nasional. Pada penelitian ini berdasarkan SNI 06-3730-1995 suhu pirolisis yang digunakan mencapai 950°C sedangkan suhu yang kita gunakan hanya mencapai 400°C, maka karbon aktif yang dihasilkan kemungkinan besar tidak akan memiliki struktur pori yang optimal dan kemampuan adsorpsi yang tinggi, sehingga efektivitasnya sebagai adsorben akan berkurang. Pada penelitian ini kami hanya melakukan analisa kadar air dan kadar abu. Luas permukaan karbon aktif yang diuji dengan metode BET (Brunauer-Emmett-Teller) sangat penting untuk menunjang kualifikasi dari adsorben, karena luas permukaan yang besar akan meningkatkan kapasitas adsorpsi. Luas permukaan karbon aktif berdasarkan literature dari Cheremisinoff, Nicholas P. tahun 1993 kami gunakan sebagai acuan dalam ukuran luas permukaan karbon aktif dari kulit pisang hijau berikut sehingga dapat menunjang karakteristik dari karbon aktif, kemampuan adsorpsi, serta memastikan kualitas dan spesifikasi produk yang memenuhi standar nasional.

Kurangnya melakukan analisa sesuai dengan SNI 06-3730-1995, karbon aktif yang dihasilkan mungkin tidak memenuhi standar kualitas yang diperlukan, yang dapat berdampak pada efisiensi adsorpsi yang rendah dan potensi kegagalan dalam aplikasi yang memerlukan pemurnian atau penyerapan yang optimal. Penelitian yang tidak sesuai dengan SNI, maka dapat dilakukan uji parameter lainnya yang dapat menunjang kualifikasi dari karbon aktif, serta menggunakan suhu dan waktu pirolisis yang lebih tinggi dan memanfaatkan bahan baku dengan kandungan selulosa, lignin, dan hemiselulosa yang tinggi untuk memastikan kualitas dan efektivitas adsorpsi yang optimal.

## Simpulan

Berdasarkan hasil riset, uji dan diskusi yang terdapat dalam penelitian "Sintesa dan Karakterisasi Karbon Aktif Dari Kulit Pisang Hijau" dapat ditarik kesimpulan bahwa waktu dan suhu saat proses pirolisis mempunyai dampak yang cukup signifikan pada karakteristik dari karbon aktif kulit pisang hijau yang diperoleh dari jumlah kadar abu, kadar air, dan luas permukaan analisa BET. Nilai kadar abu yang diperoleh berkisar 5,14-17,3% dan mengalami peningkatan. Nilai kadar air yang diperoleh berkisar 4-36% dan mengalami penurunan. Luas permukaan yang diperoleh berkisar 1,032 m<sup>2</sup>/g - 313,089 m<sup>2</sup>/g. Karbon aktif dari kulit pisang hijau dengan hasil terbaik pada suhu 400°C dengan waktu 150 menit yakni diperoleh kadar abu sebesar 17,3 %, kadar air sebesar 11 % dan luas permukaan BET sebesar 313.089 m<sup>2</sup>/gr. Kulit pisang hijau belum dapat dijadikan bahan alternatif untuk karbon aktif karena kualitas yang dihasilkan belum memenuhi baku mutu SNI 06-3730-1995. Karbon aktif dari kulit pisang hijau dengan hasil terbaik terhadap temperatur 400°C dalam durasi 150 menit yaitu diperoleh luas permukaan BET sebesar 313,089 m<sup>2</sup>/gr dan *single point surface area* sebesar 323,1100 m<sup>2</sup>/gr.

## Daftar Referensi

- Bansal, R. C., & Goyal, M. (2020). *Activated carbon adsorption* (First issued in paperback). CRC Press, Taylor & Francis Group.
- Cheremisinoff, N. P. (1993). *Handbook of Air Pollution Prevention and Control*. Elsevier Science, 1–553.
- Damayanti, H. M. (2023, September 10). *Anna Yulia, Warga Pamekasan, Bisa Bangun Rumah dari Jualan Sale Pisang*. RadarMadura.id; RadarMadura.id.

<https://radarmadura.jawapos.com/pamekasan/742949849/anna-yulia-warga-pamekasan-bisa-bangun-rumah-dari-jualan-sale-pisang>

- Ekawati, C.J.K., (2023) . Alternatif Bahan Baku Arang Aktif . Malang . Penerbit Rena Cipta Mandiri.
- Ikawati, M. (2009). Pembuatan Karbon Aktif Dari Limbah Kulit Singkong UKM Tapioka Kabupaten Pati. *Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Diponegoro*, 1–8.
- Kurniawan, R., & Lutfi, M. (2014). Karakterisasi Luas Permukaan Bet (Braunear, Emmelt dan Teller) Karbon Aktif dari Tempurung Kelapa dan Tandan Kosong Kelapa Sawit dengan Aktivasi Asam Fosfat. *Jurnal Keteknikaan Pertanian Tropis dan Biosistem* 2(1), 15–20.
- Masriatini R., (2017). Pembuatan Karbon Aktif Dari Kulit Pisang, *Jurnal Redoks*, 2(1), 53-67
- Mishra, S., Prabhakar, B., Kharkar, P. S., & Pethe, A. M. (2023). Banana Peel Waste: An Emerging Cellulosic Material to Extract Nanocrystalline Cellulose. *ACS Omega*, 8(1), 1140–1145. <https://doi.org/10.1021/acsomega.2c06571>
- Sa'diyah, K., Suharti, P. H., Hendrawati, N., Pratamasari, F. A., & Rahayu, O. M. (2021). Pemanfaatan Serbuk Gergaji Kayu sebagai Karbon Aktif melalui Proses Pirolisis dan Aktivasi Kimia. *CHEESA: Chemical Engineering Research Articles*, 4(2), 91. <https://doi.org/10.25273/cheesa.v4i2.8589.91-99>
- Susanti, I., Iqbal, R. M., Sholeha, N. A., & Putri, K. F. (2022). The Ecofriendly Biosorbent of Methylene Blue Using Banana Peels Waste. *Indo. J. Chem. Res.*, 10(2), 93–96. <https://doi.org/10.30598//ijcr.2022.10-ind>
- Timur, B. P. S. P. J. (t.t.). *Badan pusat statistik provinsi jawa timur*. Badan Pusat Statistik Provinsi Jawa Timur. Diambil 9 Februari 2024, dari <https://jatim.bps.go.id>