

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Taer *et al.*, (2015) melakukan penelitian dengan menggunakan arang tempurung kelapa sebagai pengatur kelembaban. Arang tempurung kelapa diaktivasi menggunakan konsentrasi KOH 1M, 2M, dan 3M. Hasil yang didapatkan dari penelitian tersebut adalah penambahan konsentrasi aktivator KOH pada karbon serbuk tempurung kelapa mempengaruhi sifat morfologi permukaan karbon rata-rata pori yang terukur dengan konsentrasi aktivator 1 M dan 3 M KOH yaitu 6,25 μm dan 9 μm . Kandungan unsur yang paling banyak dihasilkan dari karbon yang diaktivasi KOH dengan konsentrasi 3 M. Hasil yang diperoleh dari penelitian ini konsisten dengan konsentrasi aktivator KOH 1 M dan 3 M, yaitu 6,25 μm dan 9 μm . Kandungan unsur paling melimpah dibuat dari karbon aktif KOH pada konsentrasi 3 M.

Erlina *et al.*, (2015) melakukan penelitian yang bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi konsentrasi larutan aktivator kalium hidroksida (KOH) terhadap daya adsorpsi karbon aktif untuk adsorpsi logam berat Cu. Berdasarkan penelitian yang dilakukan diketahui bahwa peningkatan konsentrasi KOH menghasilkan nilai efisiensi adsorpsi terhadap logam Cu yang lebih tinggi. Hasil terbaik untuk karbon aktif tempurung kelapa diperoleh pada konsentrasi KOH 50% dengan rendemen 83,87% dan efisiensi adsorpsi logam Cu sebesar 83,57%. Karbon aktif ini mampu menurunkan konsentrasi logam Cu di bawah 0,6 ppm (mg/l).

Pada penelitian yang dilakukan oleh Nurhidayanti (2018), arang tempurung kelapa yang diaktivasi dengan tiga jenis aktivator yang berbeda yaitu NaCl, HCl, dan KOH dengan variasi 1%, 2%, 3%, dan 4% diberi perlakuan 12 jam. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh penambahan aktivator pada karbon aktif tempurung kelapa dalam menurunkan kadar ammonia total pada air limbah di PT Pura Delta Lestari. Hasil penelitian menunjukkan bahwa efisiensi

tertinggi penurunan ammonia dengan karbon aktif dari tempurung kelapa pada air limbah yaitu dengan menggunakan aktivator KOH sebesar 86,8%.

Penelitian yang dilakukan Suryani *et al.*, (2018) bertujuan untuk memperoleh waktu aktivasi yang tepat dalam pembuatan karbon aktif tempurung kelapa menggunakan aktivator H₃PO₄ 10%. Hasil yang diperoleh adalah waktu aktivasi berpengaruh terhadap kadar air, kadar abu, karbon murni dan daya serap terhadap iodin. Dengan waktu perendaman karbon aktif selama 28 jam dengan rendemen 95,58%, kadar air 7,02%, kadar abu 4,49%, karbon murni 80,79% dan daya serap terhadap iodin 782,62 mg/g.

Berdasarkan penelitian Dewi *et al.*, (2020), bahan baku karbon aktif dari kulit pinang yang dikarbonisasi dengan variasi suhu 110 °C, 163 °C, dan 367 °C dan diaktivasi dengan menggunakan larutan KOH dengan variasi konsentrasi 10%, 15%, 20%, dan 25%. Dari penelitian didapatkan karakteristik karbon aktif dengan kadar air minimum 3,77% menggunakan aktivator KOH 15% pada suhu 110 °C, kadar abu minimum 0,83% menggunakan aktivator KOH pada suhu 367 °C, kadar karbon terikat maksimum 98,55% dengan aktivator KOH 10% pada suhu 110 °C, dan daya serap terhadap I₂ tertinggi sebesar 769,0746% dengan aktivator KOH 20% pada suhu 367 °C.

Fauzi, (2020) melakukan penelitian dengan tujuan untuk memperoleh adsorben dari ampas kopi yang dapat menurunkan kadar ammonia dengan % yield sebesar 56%. Cara membuat arang aktif yaitu ampas kopi direndam dalam larutan HCl 0,1 M selama 48 jam. Karbon aktif dipanaskan dengan suhu 600 °C dan diuji karakteristik uji kadar air, kadar abu, daya serap terhadap iodium dan lolos *mesh*. Waktu kontak bervariasi dari 30, 60, 90, dan 120 menit dan berat adsorben bervariasi dari 0,2, 0,4, 0,6 dan 0,8 gram. Hasil yang didapatkan adalah kondisi penurunan kadar ammonia yang optimum pada waktu 120 menit dengan berat adsorben sebanyak 0,8 gram menghasilkan % yield sebesar 97,3%.

Penelitian Oko *et al.*, (2021) bertujuan untuk mengetahui pengaruh suhu dan konsentrasi aktivator HCl terhadap karakteristik karbon aktif ampas kopi sesuai standar SNI 06-3730-1995. Karbon aktif diperoleh dengan empat tahap yaitu persiapan bahan baku, karbonisasi dengan variasi suhu 400 °C, 500 °C, 600 °C,

dan 700 °C selama 20 menit dan diaktivasi dengan penambahan aktivator HCl dengan konsentrasi yang berbeda yaitu 0,5 M, 1 M, dan 1,5 M selama 48 jam dan diaktivasi secara fisika pada temperatur 800 °C selama 1 jam. Hasil yang diperoleh yaitu pada variasi suhu 400°C dan konsentrasi HCl 1 M dengan hasil daya serap I₂ sebesar 797,46 mg/g, kadar abu 2,15%, kadar air 1,49% dan kadar *volatil matter* 9,89%.

Penelitian Purba *et al.*, (2021) menciptakan gagasan alat berbentuk filter pada desain knalpot dan membuat karbon aktif yang berjudul “CO FILTER” teknologi penyisihan gas CO pada kendaraan bermotor berbasis filtrasi-adsorpsi menggunakan karbon aktif ampas kopi yang diaktivasi dengan larutan KOH 10% bertujuan untuk mengurangi polusi udara dari knalpot kendaraan. Hasil yang didapatkan dari penelitian ini yaitu karbon aktif ampas kopi dikarbonisasi dalam tanur dengan waktu maksimal 90 menit dan suhu 600 °C. Karbon aktif yang dihasilkan sudah memenuhi SNI 06-3730-1995 yaitu kadar air sebesar 4,4%, kadar abu 2,5%, kadar karbon sebesar 61,58%, dan daya serap terhadap I₂ sebesar 832 mg/g. Karbon aktif dari ampas kopi kemudian diaplikasikan pada knalpot kendaraan sebagai filter.

Penelitian Hanavia *et al.*, (2022) menggunakan arang aktif yang dibuat dari arang hasil proses pirolisis dengan bahan baku limbah tempurung kelapa untuk menyerap warna pada limbah cair berwarna. Proses pirolisis dilakukan pada temperatur yang berbeda yaitu 300 °C, 325 °C dan 350 °C selama 120 menit dan diaktivasi menggunakan aktivator larutan NaCl dengan konsentrasi 30%, 35% dan 40% selama 24 jam. Hasil dari penelitian diperoleh bahwa kualitas arang aktif dipengaruhi oleh suhu pirolisis dan konsentrasi aktivator NaCl, semakin tinggi suhu pirolisis dan variasi konsentrasi maka kualitas arang aktif semakin baik.

Tabel 2. 1. Ringkasan Penelitian Terdahulu

No	Nama Peneliti (Tahun)	Tujuan	Hasil	Perbedaan
1.	Taer <i>et al.</i> , (2015)	Mengetahui karakteristik sifat fisika karbon aktif tempurung kelapa dengan variasi konsentrasi aktivator 1M, 2M dan 3M sebagai kontrol kelembaban.	Hasil dari penelitian ini yaitu penambahan konsentrasi aktivator KOH pada serbuk karbon tempurung kelapa mempengaruhi sifat morfologi rata-rata pori pada permukaan yang diukur dengan konsentrasi aktivator 1M dan 3M KOH yaitu 6,25 μm dan 9 μm . Aktivator KOH dengan konsentrasi 3 M mengandung unsur karbon yang lebih tinggi dari 1M. Hal ini disebabkan karena semakin tinggi konsentrasi aktivator maka menghasilkan karbon semakin besar.	Konsentrasi KOH yang digunakan dan tujuan penelitian.
2.	Erlina <i>et al.</i> , (2015)	mengetahui pengaruh variasi konsentrasi	Dari penelitian yang dilakukan didapatkan hasil bahwa	Konsentrasi KOH dan tujuan

No	Nama Peneliti (Tahun)	Tujuan	Hasil	Perbedaan
		larutan aktivator kalium hidroksida (KOH) 30, 40, 50 dan 60% terhadap daya adsorpsi karbon aktif untuk menyerap logam berat Cu.	peningkatan konsentrasi KOH menghasilkan nilai efisiensi adsorpsi terhadap logam Cu yang semakin tinggi. Hasil terbaik untuk karbon aktif arang tempurung kelapa yaitu dengan konsentrasi KOH 50% dengan hasil nilai rendemen 83,87% dengan efisiensi adsorpsi logam Cu 83,57%. Karbon aktif ini telah mampu menurunkan kandungan logam Cu di bawah 0,6 ppm (mg/l).	penelitian.
3.	Nurhidayanti, (2018)	Mengetahui pengaruh penambahan Aktivator natrium hidroksida, kalium	Hasil dari penelitian ini yaitu penurunan ammonia dengan karbon aktif dari tempurung kelapa pada air limbah dengan variasi	Jenis Aktivator yang digunakan yaitu kalium hidroksida (KOH)

No	Nama Peneliti (Tahun)	Tujuan	Hasil	Perbedaan
		hidroksida dan asam klorida 1, 2, 3, dan 4% pada karbon aktif dari tempurung kelapa terhadap penurunan kadar ammonia total dalam air limbah di PT Pura Delta Lestari.	konsentrasi diperoleh efisiensi tertinggi menggunakan Aktivator KOH yaitu sebesar 86,8%, dengan Aktivator HCl efisiensi sebesar 83,2% dan pada Aktivator NaCl dengan efisiensi sebesar 82,4%.	dengan konsentrasi KOH yang digunakan 5 dan 10%.
4.	Suryani <i>et al.</i> , (2018)	Memperoleh waktu aktivasi yang tepat dalam pembuatan karbon aktif tempurung kelapa dengan aktivator H ₃ PO ₄ 10% yang mengacu paa Standar Nasional Indonesia 06-3730-1995.	Hasil yang diperoleh adalah waktu aktivasi berpengaruh terhadap kadar air, kadar abu, karbon murni dan daya serap terhadap iodin. Dengan waktu perendaman karbon aktif selama 28 jam dengan rendemen 95,58%, kadar air 7,02%, kadar abu 4,49%, karbon murni 80,79% dan daya serap terhadap iodin 782,62 mg/g.	Jenis Aktivator yang digunakan dan tujuan penelitian.
5.	Dewi <i>et al.</i> ,	Menganalisis	Hasil penelitian	Bahan baku

No	Nama Peneliti (Tahun)	Tujuan	Hasil	Perbedaan
	(2020)	pembuatan karbon aktif dari kulit buah pinang dengan variasi konsentrasi dan temperatur karbonisasi yang berbeda, analisis kadar air, kadar abu, kadar karbon terikat dan daya serap terhadap larutan I ₂ dalam karbon aktif.	menunjukkan bahwa sifat karbon aktif adalah 3,77% dengan aktivator KOH 15% pada suhu 110°C, kadar abu terendah adalah 0,83% dengan aktivator KOH pada suhu 367°C dan kandungan karbon terikat tertinggi adalah 98,55% dengan KOH 10% pada suhu 110°C dan serapan I ₂ tertinggi sebesar 769,0746% dengan aktivator KOH 20% pada suhu 367°C.	yang digunakan untuk karbon aktif yaitu dari tempurung kelapa dan ampas kopi. Dan konsentrasi aktivator.
6.	Fauzi, (2020)	Menghasilkan adsorben ampas kopi untuk menurunkan kadar ammonia yang mempunyai % yield sebesar 56% dengan aktivator larutan	Hasil dari penelitian ini bahwa adsorben ampas kopi yang dihasilkan memiliki rendemen sebesar 97,34%. Kondisi optimum yang mudah dicapai yaitu pada berat adsorben	Jenis aktivator yang digunakan yaitu kalium hidroksida (KOH) dengan konsentrasi

No	Nama Peneliti (Tahun)	Tujuan	Hasil	Perbedaan
		HCl 0,1 M.	ampas kopi 0,8 g dengan waktu kontak 120 menit. Persentase optimum untuk mencapai penurunan kandungan ammonia adalah lebih dari 64,69% yaitu 97,34%	KOH yang digunakan 5%, 10%,.
7.	Oko <i>et al.</i> , (2021)	Mengetahui pengaruh suhu dan konsentrasi aktivator HCl 0,5 M, 1 M, dan 1,5 M terhadap karakteristik karbon aktif ampas kopi sesuai standar SNI No. 06-3730-1995.	Penelitian ini menemukan bahwa semua variasi suhu dan konsentrasi yang digunakan untuk menghasilkan karbon aktif dari ampas kopi memenuhi standar SNI 06-3730-1995 untuk analisis proksimat sedangkan untuk daya serap iod hanya suhu 400 °C dengan konsentrasi 0,5 M dan 1 M yang memenuhi standar SNI 06-3730-1995 yaitu pada suhu 400 °C dan konsentrasi 0,5 M menghasilkan	Jenis Aktivator yang digunakan yaitu kalium hidroksida (KOH) dengan konsentrasi KOH yang digunakan 5%, 10%.

No	Nama Peneliti (Tahun)	Tujuan	Hasil	Perbedaan
			kadar air 1,56%, kadar abu 2,57%, kadar volatil 10,1610%, daya serap iodium 771,28 mg/g dan konsentrasi 1 M pada suhu 400°C dengan kadar air 1,49%, abu 2,15%, volatil 9,89% dan daya serap iodium 797,46 mg/g.	
8.	Purba <i>et al.</i> , (2021)	Membuat alat berbentuk filter pada rancangan knalpot dan membuat karbon aktif yang berjudul “CO FILTER”, teknologi penyisihan gas CO pada kendaraan bermotor berbasis filtrasi- adsorpsi menggunakan	Hasil yang didapatkan dari penelitian ini yaitu karbon aktif ampas kopi yang dikarbonisasi di tanur pada suhu 600°C dengan waktu terbaik 90 menit. Hasil karbon aktif yang dihasilkan memenuhi SNI 06-3730-1995 yaitu kadar air sebesar 4,4%, kadar abu 2,5%, kadar karbon sebesar	Tujuan penelitian dan pengaplikasi annya.

No	Nama Peneliti (Tahun)	Tujuan	Hasil	Perbedaan
		karbon aktif ampas kopi yang diaktivasi dengan larutan KOH 10% untuk mengurangi pencemaran udara yang dihasilkan oleh emisi gas buangan kendaraan.	61,58%, dan daya serap terhadap I ₂ sebesar 832 mg/g. Hasil pembuatan karbon aktif dari limbah ampas kopi tersebut diaplikasikan menjadi filter yang terpasang pada knalpot kendaraan.	
9.	Hanavia <i>et al.</i> , (2022)	Mengetahui pengaruh suhu pirolisis dan konsentrasi aktivator larutan NaCl 30%, 35%, dan 40% terhadap kualitas arang aktif dengan mengamati proses pirolisis yang berlangsung pada temperatur yang berbeda 300°C, 325°C,	Hasil penelitian menunjukkan bahwa kualitas karbon aktif dipengaruhi oleh temperatur pirolisis dan konsentrasi aktivator NaCl yaitu semakin tinggi suhu pirolisis maka kualitas arang yang dihasilkan semakin baik dan semakin tinggi konsentrasi aktivator maka kualitas arang semakin baik. Jika	Jenis Aktivator yang digunakan yaitu kalium hidroksida (KOH).

No	Nama Peneliti (Tahun)	Tujuan	Hasil	Perbedaan
		dan 350°C selama 120 menit.	proses perendaman dengan konsentrasi aktivator yang terlalu tinggi sehingga karbon aktif mencapai titik jenuhnya maka kualitas karbon aktif akan menurun.	

2.2 Teori – teori yang relevan

2.2.1 Pencemaran Udara

Menurut Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, pencemaran lingkungan hidup merupakan masuknya makhluk hidup, zat, energi, dan/atau komponen lain ke dalam lingkungan hidup oleh kegiatan manusia sehingga melampaui baku mutu lingkungan hidup yang telah ditetapkan. Pencemaran diklasifikasikan menjadi tiga kelompok berdasarkan tempat terjadinya yaitu pencemaran air, pencemaran udara dan pencemaran tanah (Rosyidah, 2018). Pengertian pencemaran udara menurut Peraturan Pemerintah No. 41 Tahun 1999 tentang Pencemaran udara yaitu masuknya atau dimasukkannya zat, energi, dari komponen lain ke dalam udara ambien oleh kegiatan manusia, sehingga mutu udara turun sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan udara ambien tidak dapat memenuhi fungsinya. Pencemaran udara merupakan masuknya makhluk hidup, zat, atau komponen lain ke udara oleh kegiatan manusia atau proses alam sehingga terjadi penurunan kualitas udara sampai tingkat tertentu yang menyebabkan udara menjadi kurang atau tidak berfungsi sesuai dengan peruntukannya (Ihrom & Sulistyarsi, 2015).

2.2.2 Peternakan Sapi

Peternakan adalah salah satu faktor penting dalam memenuhi kebutuhan manusia akan pangan, pada usaha peternakan sapi pedaging ataupun sapi perah. Peternakan sapi membantu dalam memenuhi kebutuhan akan daging dan susu (Latief *et al.*, 2014). Permasalahan yang muncul pada peternakan sapi adalah pengolahan limbahnya yang belum baik. Peternakan sapi menghasilkan limbah berupa feses ternak baik feses ataupun urin serta sisa pakan ternak. Seekor sapi dapat menghasilkan sekitar 10 – 15 kg feses per hari. Jika feses ditumpuk begitu saja tanpa adanya penanganan khusus maka akan menimbulkan dampak negatif bagi kesehatan ternak maupun lingkungan sekitar (Widianingrum *et al.*, 2019). Kandungan gas ammonia (NH_3) yang terkandung pada feses sapi seperti pada Tabel 2.2.

Tabel 2. 2. Kandungan Ammonia (NH_3) pada Feses Sapi

No	Jumlah Feses	Konsentrasi NH_3 (mg/m^3)
1	100 kg	6,898
2	200 kg	10,882
3	300 kg	13,438
4	400 kg	19,072
5	500 kg	33,934

(Sumber: Latief *et al.*, 2014)

2.2.3 Feses Sapi

Feses sapi merupakan limbah yang berasal dari hasil pencernaan dari hewan yang berasal dari *sub family Bovinae* lainnya (*linus*). Seekor sapi menghasilkan feses \pm 10 – 15 kg per hari. Feses sapi menghasilkan bau dan memiliki kandungan ammonia yang berdampak buruk bagi kesehatan ternak ataupun lingkungan sekitar (Widianingrum *et al.*, 2019). Komposisi pada feses sapi ditunjukkan pada Tabel 2.3.

Tabel 2. 3. Komposisi dalam feses sapi

Komposisi	Jumlah (%)
Hemisellulosa	18,6
Selulosa	25,2
Lignin	20,2
Protein	14,9
Debu	13

(Sumber: Anugrah & Alamsyah, 2021)

2.2.4 Gas Ammonia (NH₃)

Gas ammonia merupakan gas senyawa kimia dengan rumus NH₃. Gas ini adalah senyawa dengan ciri memiliki bau tajam yang menyengat (M & Herwanto, 2015). Ammonia adalah gas yang dihasilkan dari dekomposisi bahan limbah nitrogen dalam ekskreta seperti *uric acid*, protein yang tidak diserap, asam amino, dan senyawa non protein nitrogen (NPN) lainnya akibat adanya aktivitas mikroorganisme di dalam feses. Sumber emisi gas ammonia (NH₃) di udara berasal dari manure hewan, pupuk dan sebagian kecil berasal dari industri, 80 sampai 90% total emisi ammonia berasal dari manure hewan asal peternakan (Riza *et al.*, 2015). Berdasarkan Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No 50 Tahun 1996 Tentang Tingkat Kebauan, batas maksimum konsentrasi ammonia (NH₃) adalah 2 ppm. Dampak paparan gas ammonia pada tubuh ditentukan oleh beberapa faktor seperti dosis, durasi dan bagaimana proses terpaparnya. Dampak gas ammonia terhadap kesehatan manusia dapat dilihat pada Tabel 2.4.

Tabel 2. 4. Dampak Gas Amonia terhadap manusia sesuai tingkatan konsentrasinya.

Konsentrasi (ppm)	Efek Pada Manusia
0,5 – 1,0	Bau mulai tercium
25 – 50	Bau dapat ditandai, pada umumnya sedikit menimbulkan dampak
50 – 100	Mengakibatkan iritasi ringan pada mata, hidung dan tenggorokan, toleransi dapat terjadi dalam 1 – 2 minggu tanpa memberi dampak
140	Menimbulkan iritasi tingkat menengah pada mata, tidak menimbulkan dampak yang lebih parah selama kurang dari 2 jam
400	Mengakibatkan iritasi tingkat menengah pada tenggorokan
500	Merupakan kadar yang memberikan dampak bahaya langsung pada kesehatan
700	Bahaya tingkat menengah pada mata
1000	Dampak langsung pada jalan pernapasan
1700	Mengakibatkan <i>laryngo spasm</i>
2500 - 5000	Mengakibatkan nekrosis dan kerusakan jaringan permukaan jalan pernapasan sakit pada dada, edema paru, dan bronchospasm
5000	Berakibat fatal dapat mengakibatkan kematian mendadak

(Sumber: rizqi, 2021)

2.2.5 Kopi

Kopi adalah salah satu hasil perkebunan yang memiliki nilai ekonomis yang cukup tinggi di antara tanaman perkebunan lainnya dan berperan penting sebagai sumber devisa negara dan menjadi sumber pendapatan bagi petani kopi di Indonesia (Nurhayati, 2017). Kopi adalah minuman yang sering di konsumsi oleh masyarakat Indonesia. Kopi dijadikan sebagai komoditas di sektor perkebunan Indonesia. Jenis kopi dibagi menjadi dua jenis yaitu *Coffea Arabica* atau kopi

Arabica dan *coffea canephora* atau kopi robusta (Farhaty & Muchtaridi, 2016). Kelebihan kopi robusta dari segi karakteristik adalah tahan terhadap serangan penyakit, memiliki aroma dan rasa paling kuat diantara jenis kopi lainnya (Nurhayati, 2017).

Kopi adalah minuman yang terkenal dan disukai di Indonesia. Meminum kopi di Indonesia seakan sudah menjadi budaya sejak dahulu, karena dari golongan tua sampai muda banyak yang menyukai kopi dan menjadikannya hobi (Liunima *et al.*, 2017). Hal ini dimanfaatkan para investor untuk membuka usaha berupa kedai kopi di Indonesia. Jumlah kedai kopi di Indonesia terus bertambah dalam beberapa tahun terakhir ini. Semua kedai kopi tersebut sudah pasti menghasilkan limbah berupa ampas kopi yang cukup banyak. Limbah ampas kopi tersebut ditumpuk atau langsung dibuang. Limbah ampas kopi yang ditumpuk dapat mengakibatkan dampak negatif bagi kesehatan dan lingkungan karena limbah ampas kopi menghasilkan kandungan zat kimia berbahaya seperti *polipenolik*, *tannin*, dan *alkaloid*. Selain itu limbah ampas kopi juga menghasilkan suatu bau yang kurang sedap sehingga dapat mencemari lingkungan.

2.2.6 Ampas Kopi

Ampas kopi merupakan salah satu limbah organik yang dihasilkan dari sisa olahan minuman kopi yang dikonsumsi sehari-hari dan tidak dimanfaatkan kembali (Aceh *et al.*, 2021). Ampas kopi adalah bubuk kopi yang sudah melewati proses penyeduhan dan tidak ikut dalam penyajian minuman kopi. Ampas kopi adalah bahan organik yang dapat dibuat menjadi karbon aktif untuk digunakan sebagai adsorben. Kandungan hidrokarbon dalam biji kopi yaitu 19,9% (Purba *et al.*, 2021). Gambar ampas kopi robusta ditunjukkan pada Gambar 2.1 dan kandungan ampas kopi terdapat pada Tabel 2.1.



Gambar 2. 1. Ampas Kopi Robusta (Sumber: Peneliti)

Tabel 2. 5. Kandungan ampas kopi

Kandungan	Jumlah (%)
Karbon	47,8 – 58,9
Nitrogen	1,9 – 2,3
Protein	6,7 – 13,6
Abu	0,43 – 1,6
Selulosa	8,6

(Sumber: Baryatik *et al.*, 2019)

2.2.7 Tempurung Kelapa

Limbah tempurung kelapa adalah limbah dari biomassa yang berasal dari lingkungan yang berpotensi menjadi bahan baku karbon aktif (Hanavia *et al.*, 2022). Tempurung kelapa adalah limbah rumah tangga dan industri (pengolahan sisa) yang menggunakan kelapa sebagai bahan utamanya. Keberadaannya tersebar luas di sekitar kita, dan penggunaannya terutama terbatas pada bahan kayu bakar (Akbar *et al.*, 2014). Tempurung adalah bagian terkeras dari buah kelapa dan tebalnya sekitar 3 – 5 mm (Eskak, 2016). Limbah tempurung kelapa adalah limbah biomassa yang berasal dari lingkungan sekitar dan memiliki potensi untuk digunakan sebagai bahan baku pembuatan arang aktif. Tempurung kelapa memiliki karakteristik mikropori dan mengandung unsur karbon sehingga sesuai dengan persyaratan dalam membuat arang aktif. Tempurung kelapa adalah bahan yang dapat menghasilkan nilai kalor sekitar 6.500 – 7.700 kkal/g (Hanavia *et al.*,

2022). Tempurung kelapa juga memiliki komposisi unsur yang terdiri atas karbon (74,3%), oksigen (21,9%), silikon (0,2%), kalium (1,4%), dan sulfur (0,5%) dan Posfor (1,7%) (Tamado *et al.*, 2013). Tempurung kelapa memiliki karakteristik mikropori dan mengandung unsur karbon sehingga sesuai untuk membuat karbon aktif (Hanavia *et al.*, 2022). Gambar tempurung kelapa ditunjukkan pada Gambar 2.2 dan kandungan tempurung kelapa terdapat pada Tabel 2.6.



Gambar 2. 2. Tempurung Kelapa (Sumber: Peneliti)

Tabel 2. 6. Kandungan Tempurung Kelapa

Kandungan	Jumlah (%)
Selulosa	34
Hemiselulosa	21
Lignin	27
Abu	18

(Sumber: Ramadhani *et al.*, 2020)

2.2.8 Adsorpsi

Adsorpsi adalah penyerapan suatu zat ke permukaan padatan. Pada proses adsorpsi, terjadi gaya tarik menarik antara substansi terserap dan penyerap. Fasa teradsorpsi dalam solid dinamakan adsorbat sedangkan padatannya disebut adsorben. Adsorben dapat dibuat dari bahan alam dari limbah tanaman dan pertanian yang mengandung beberapa komponen biokimia seperti selulosa,

hemiselulosa, pigmen klorofil dan zat pectin (Roni *et al.*, 2021). Karakteristik adsorben yang digunakan dalam proses adsorpsi yaitu luas permukaan adsorben yang besar, sehingga memiliki kapasitas adsorpsi yang tinggi, aktif terhadap adsorben, memiliki ketahanan impak yang sangat baik, dan tidak mengalami perubahan volume yang besar selama proses adsorpsi (Izmah, 2021). Faktor yang mempengaruhi proses adsorpsi adalah agitation (pengadukan), karakteristik adsorban (karbon aktif), kelarutan adsorbat, ukuran molekul adsorbat, pH, dan temperatur (Karim *et al.*, 2017). Faktor-faktor yang mempengaruhi proses adsorpsi antara lain sebagai berikut (Izmah, 2021) :

1. Luas Permukaan

Semakin luas permukaan adsorben, semakin banyak pula zat yang dapat diadsorpsi. Luas permukaan adsorben ditentukan berdasarkan ukuran partikel dan jumlah adsorben.

2. Jenis adsorbat

Polarisabilitas adsorbat dapat meningkatkan kapasitas adsorpsi. Molekul yang sangat polar memiliki kemampuan untuk menarik molekul lain dibandingkan dengan molekul yang tidak dapat membentuk dipol atau bersifat non polar.

3. Konsentrasi Adsorbat

Semakin tinggi konsentrasi adsorbat dalam larutan, semakin banyak material yang akan terakumulasi pada permukaan adsorbat.

4. Suhu Aktivasi (Temperatur)

Pemanasan adsorben dapat meningkatkan kapasitas adsorpsi dalam adsorben karena pori-pori adsorben terbuka. Pemanasan pada suhu tinggi dapat merusak adsorben dan mengurangi daya serapnya.

5. Derajat Keasaman (pH)

pH pada larutan dapat mempengaruhi kelarutan ion dan aktivasi gugus fungsi bioadsorben dalam proses adsorpsi.

6. Kecepatan Pengadukan

Jika kecepatan pengadukan terlalu lambat maka proses adsorpsi akan lambat, tetapi jika kecepatan pengadukan terlalu cepat, struktur adsorben akan cepat rusak dan proses adsorpsi tidak akan optimal.

7. Waktu kontak

Waktu kontak dengan kapasitas adsorpsi maksimum terjadi pada waktu kesetimbangan.

8. Waktu kesetimbangan

Waktu kesetimbangan pada proses adsorpsi dipengaruhi oleh jenis biomassa (jumlah dan jenis ruang ikat), ukuran biomassa (aktif atau tidak aktif), ion yang terlibat dalam sistem adsorpsi, dan konsentrasi ion yang teradsorpsi.

2.2.9 Adsorben

Adsorben adalah zat padat yang dapat menyerap komponen tertentu dari suatu fase fluida. Adsorben berasal dari bahan yang sangat berpori dan adsorpsi sebagian besar terjadi pada lokasi tertentu di dalam dinding pori atau partikel. Pori-porinya sangat kecil sehingga luas permukaan bagian dalam lebih besar dari luas permukaan luar yaitu mencapai 200 m/g (Valentine & Nurhayati, 2020).

2.2.10 Karbon Aktif

Karbon aktif adalah arang yang telah dipadatkan melalui proses aktivasi dan memiliki daya serap yang lebih baik. Proses pembuatan karbon aktif melalui proses pirolisis dilanjutkan dengan proses aktivasi yang dapat memperbesar pori-pori karbon aktif untuk meningkatkan penyerapan (Ramadhani *et al.*, 2020). Karbon aktif adalah senyawa yang telah ditingkatkan kapasitas adsorpsinya melalui proses aktivasi. Luas permukaan karbon aktif berkisar antara 300 hingga 3500 m²/g dan berasosiasi dengan struktur pori internal yang menghasilkan karbon aktif dengan sifat sebagai adsorben (Wardani *et al.*, 2018).

Karbon aktif merupakan senyawa *amorf* yang terbuat dari bahan berkarbon yang telah diperlakukan secara khusus untuk mencapai daya serap tinggi. Karbon aktif dapat menyerap gas dan bahan kimia tertentu atau sifat adsorpsinya dipilih sesuai dengan ukuran dan volume pori-pori dan luas permukaan. Kapasitas adsorpsi karbon aktif sangat besar 25 – 1000% berat karbon aktif (Abdi *et al.*, 2015). Karbon aktif merupakan padatan berpori yang mengandung 85 – 95 % karbon, terbuat dari bahan yang memiliki kandungan karbon melalui pemanasan

dengan suhu tinggi dan menggunakan gas, uap air dan bahan kimia agar pori-pori terbuka (Monarita *et al.*, 2022). Karbon aktif dapat dibuat dari berbagai bahan yang mempunyai kandungan karbon yang cukup tinggi. Salah satu bahan yang cukup banyak kandungan selulosa sehingga terdapat gugus aktif karbonil, hidroksil, dan eter yang berpotensi dalam proses adsorpsi (Nurullita & Mifbakhuddin, 2015). Berdasarkan bentuknya, karbon aktif dibedakan menjadi 3 jenis antara lain karbon aktif granular, pellet, dan serbuk (Ramadhani *et al.*, 2020):

- a. Karbon aktif granular, Karbon aktif yang memiliki ukuran partikel antara 0,2 sampai 5 mm. Karbon aktif ini berbentuk tidak beraturan, dan bisa digunakan baik pada fasa gas ataupun cair.
- b. Karbon aktif bentuk pellet, karbon aktif yang memiliki ukuran diameter dari 0,8 sampai dengan 5 mm. karbon aktif ini dibuat melalui proses ekstrud dan berbentuk silinder kecil-kecil. Karbon ini memiliki *pressure drop*nya rendah kandungan mekanik yang tinggi dan rendah kandungan abu sehingga biasanya digunakan pada fasa gas.
- c. Karbon aktif serbuk, karbon aktif ini memiliki ukuran kurang dari 0,18 mm (< 80 mesh). Karbon ini biasanya digunakan pada aplikasi fasa cair dan penyaringan pada gas buang.

Kegunaan karbon aktif antara lain sebagai berikut (Ramadhani *et al.*, 2020):

- a. Pemurni gas (desulfurisasi) pada gas beracun, pencegahan racun, asap dan bau busuk.
- b. Penghilang rasa, warna, dan bau yang tidak dikehendaki pada minyak dan makanan.
- c. Pemercepat reaksi dalam berbagai reaksi kimia, seperti untuk mengkatalisa pembentukan sulfur klorida dari sulfur dioksida dan klorin, selain sebagai katalis dalam reaksi karbon aktif juga dapat sebagai promoter yang mempercepat laju reaksi.
- d. Industri obat-obatan, karbon aktif digunakan sebagai bahan penyaring dan penghilang warna, bau serta rasa yang tidak dikehendaki.

- e. Bidang perikanan, karbon aktif digunakan untuk pemurnian air, menghilangkan logam berat, nitrit, ammonia, dan fenol.
- f. Bidang kimia, karbon aktif digunakan dalam penyaringan bahan mentah atau zat antara.
- g. Pada sistem pengolahan air dan pengolahan air limbah, karbon aktif bermanfaat untuk menghilangkan atau menyaring zat warna, zat bau dan bahan pencemar.
- h. Proses pengolahan pulp dan kertas digunakan sebagai pemurni dan penghilang bau.
- i. Beberapa manfaat lainnya antara lain sebagai bahan penyerap, berbagai pelarut, crude oil, karet, larutan asam dan penghilang bau dalam kamar pendingin dan mobil.

Karakteristik karbon aktif menurut *Oko et al.*, (2021) dibagi menjadi empat sebagai berikut:

a. Kadar air

Tujuan penentuan kadar air adalah untuk mengetahui sifat higroskopis dari karbon aktif. Tinggi rendahnya kadar air menunjukkan banyak sedikitnya air yang menutupi pori-pori karbon aktif.

b. Kadar abu

Tujuan penentuan kadar abu adalah untuk mengetahui jumlah oksida yang terkandung dalam karbon aktif. Makin banyak oksida maka kadar abu karbon aktif semakin tinggi. Kadar abu sangat berpengaruh terhadap kualitas karbon aktif. Kadar abu yang berlebihan dapat menyebabkan terjadinya penyumbatan pori-pori karbon aktif sehingga luas permukaan karbon aktif menjadi berkurang.

c. Daya serap iodin

Tujuan penentuan daya serap iodin adalah parameter untuk mengetahui kemampuan karbon aktif dalam menyerap molekul-molekul dengan berat molekul kecil. Faktor utama yang sangat berpengaruh terhadap daya adsorpsi tersebut adalah luas permukaan karbon aktif karena mekanisme adsorpsi berkaitan dengan jumlah pori-porinya. Daya adsorpsi tersebut dapat ditunjukkan dengan besarnya

angka iod yaitu angka yang menunjukkan seberapa besar adsorben dalam mengadsorpsi iod.

d. Kadar Zat Mudah Menguap (*volatile matter*)

Tujuan penentuan kadar zat mudah menguap atau *volatile matter* adalah untuk mengetahui kandungan senyawa yang mudah menguap yang terkandung di dalam karbon aktif. Karakteristik karbon aktif ampas kopi robusta dan tempurung kelapa sesuai dengan SNI 06-3730-1995 sebagai berikut (Badan Standardisasi Nasional, 1995):

Tabel 2. 7. Persyaratan arang aktif teknis

No	Uraian	Satuan	Persyaratan	
			Butiran	Serbuk
1.	Bagian yang hilang pada pemanasan 950 °C, %.	-	Maks. 15	Maks. 25
2.	Air, %.	-	Maks. 4,4	Maks. 15
3.	Abu, %.	-	Maks. 2,5	Maks. 10
4.	Bagian yang tidak terarang	-	Tidak ternyata	Tidak ternyata
5.	Daya serap terhadap I ₂ .	mg/g	Min. 750	Min. 750
6.	Karbon aktif murni, %.	-	Min. 80	Min. 65
7.	Daya serap terhadap benzene, %.	-	Min. 25	-
8.	Daya serap terhadap biru metilena	ml/g	Min. 60	Min. 120
9.	Kerapatan jenis curah	g/ml	0,45 – 0,55	0,30 - 0,35
10.	Lolos ukuran <i>mesh</i> 325%	-	-	Min. 90
11.	Jarak <i>mesh</i> , %.	-	90	-
12.	Kekerasan, %.	-	80	-

Proses pembuatan karbon aktif terdapat tiga tahapan sebagai berikut:

a. Dehidrasi

Dehidrasi merupakan proses menghilangkan air yang terkandung didalam bahan baku pembuatan karbon aktif dengan tujuannya adalah untuk meningkatkan proses karbonisasi dengan menjemur bahan baku di bawah sinar matahari atau dengan menggunakan oven (Monarita *et al.*, 2022).

b. Karbonisasi

Proses karbonisasi adalah proses pembakaran bahan-bahan organik yang ada di dalam bahan dasar pembuat karbon. Proses ini memicu terjadinya dekomposisi material organik dalam bahan baku dan akan mengeluarkan zat-zat pengotor dalam bahan baku. Unsur-unsur non karbon sebagian besar akan hilang pada tahap ini dan menyebabkan terbentuknya pori-pori (Ramadhani *et al.*, 2020).

Proses karbonisasi adalah proses pemanasan bahan organik pada suhu tertentu dengan jumlah oksigen yang sangat terbatas dan dilakukan di *furnace*. Proses ini bertujuan untuk menghilangkan senyawa yang mudah menguap dalam bentuk unsur non karbon, hidrogen, dan oksigen (Monarita *et al.*, 2022).

c. Aktivasi

Aktivasi merupakan suatu perlakuan terhadap arang yang bertujuan untuk memperbesar pori dengan cara memecahkan ikatan hidrokarbon atau mengoksidasi molekul-molekul permukaan sehingga arang mengalami perubahan sifat secara fisika dan kimia yaitu luas permukaan bertambah besar, dan berpengaruh terhadap daya adsorpsi. (Purba *et al.*, 2021).

▪ **Aktivasi Fisika**

Aktivasi fisika merupakan proses pemutusan rantai karbon dari senyawa organik dengan bantuan uap, panas dan CO₂. Proses aktivasi dengan cara fisika dapat dilaksanakan dengan menggunakan gas nitrogen, gas oksigen, gas karbon dioksida, dan air. Gas-gas tersebut berguna untuk memperbesar struktur rongga yang terdapat pada arang sehingga dapat meningkatkan luas permukaan arang/karbon. Sedangkan panas akan berfungsi untuk menghilangkan zat-zat pengotor yang mudah menguap dan membuang hidrokarbon-hidrokarbon pengotor pada arang.

▪ **Aktivasi Kimia**

Aktivasi kimia adalah proses pemutusan rantai karbon dari senyawa organik dengan pemakaian bahan-bahan kimia. Aktivator yang digunakan adalah bahan-bahan kimia seperti hidroksida logam alkali, garam-garam karbonat, klorida, sulfat, fosfat dari logam alkali tanah khususnya $ZnCl_2$, asam-asam anorganik seperti H_2SO_4 dan H_3PO_4 (Udyani *et al.*, 2019). Aktivator merupakan zat atau senyawa kimia yang berfungsi sebagai reagen pengaktif. Zat aktivator memiliki sifat yang dapat mengikat air sehingga air yang masih tertinggal pada pori-pori karbon saat proses karbonisasi dan membuka permukaan karbon yang tertutup air. Pori-pori akan menjadi semakin besar jika dilakukan pemanasan setelah penambahan aktivator pada karbon aktif. Bahan kimia yang dapat digunakan sebagai aktivator adalah $NaCl$, HCl , HNO_3 , KOH , $ZnCl_2$, $CaCl_2$, H_3PO_4 (Fanani & Ulfindrayani, 2019).

Kalium hidroksida merupakan salah satu bahan kimia yang banyak digunakan sebagai pengaktif suatu bahan karbon dan dapat mempengaruhi luas permukaan karbon aktif. KOH adalah basa kuat yang dapat menghilangkan zat-zat pengotor dalam karbon seperti volatil dan tar sehingga membuat karbon lebih berpori (Taer *et al.*, 2015). Proses aktivasi menggunakan larutan aktivasi kalium hidroksida (KOH) menghasilkan karbon aktif dengan luas permukaan $3000\text{ m}^2/\text{g}$ (Erlina *et al.*, 2015). Faktor-faktor yang mempengaruhi proses aktivasi yaitu (Ramadhani *et al.*, 2020) :

a. Waktu perendaman

Waktu perendaman merupakan lama waktu yang diperlukan untuk merendam arang ke dalam larutan aktivator. Waktu perendaman untuk berbagai macam zat aktivator tidak sama sesuai dengan sifat dari aktivator tersebut. Proses perendaman ini berfungsi untuk menghilangkan atau membatasi pembentukan lignin, karena adanya lignin dapat membentuk senyawa tar.

b. Konsentrasi aktivator

Konsentrasi aktivator merupakan kepekatan aktivator yang biasanya disebut dalam %berat. Semakin besar konsentrasi larutan aktivator maka

semakin besar dan kuat pengaruh larutan tersebut mengikat senyawa-senyawa tar sisa karbonisasi untuk kemudian dikeluarkan melalui pori-pori dari karbon tersebut sehingga permukaan karbon semakin terbuka sehingga mengakibatkan semakin besar daya serap karbon aktif tersebut.

c. Ukuran bahan

Ukuran bahan merupakan ukuran partikel bahan yang akan diaktivasi. Semakin kecil ukuran bahan maka semakin baik hasil aktivasi dari karbon tersebut.

2.2.11 Karakteristik morfologi permukaan

Karbon aktif memiliki struktur jaringan yang bengkok, tidak lengkap, dan saling berhubungan melalui jembatan alifatik. Bahan baku, proses karbonisasi, dan proses aktivasi sangat berpengaruh terhadap luas permukaan, distribusi dan dimensi atom-atom karbon penyusun struktur pada karbon aktif (Lempang, 2014). Morfologi permukaan menunjukkan gambaran permukaan yang mengalami pembentukan dan perbesaran ukuran pori untuk proses adsorpsi. Cara untuk melihat ukuran pori dan permukaan pori pada karbon aktif dengan menggunakan alat *Scanning Electron Microscope (SEM)* (Syukur *et al.*, 2020). *Scanning Electron Microscope (SEM)* adalah instrumentasi yang dapat digunakan untuk mengetahui bentuk permukaan bahan atau material tertentu yang bertujuan memperoleh bentuk yang permukaan yang lebih detail (struktur makro dan mikro material) (Yuningsih *et al.*, 2016). Instrumentasi SEM dapat dilihat pada Gambar 2.3.



Gambar 2. 3. Instrumentasi *Scanning Electron Microscope* (SEM)
(Sumber: Peneliti)

2.2.12 Karakteristik Gugus fungsi Karbon Aktif

Karbon aktif tidak hanya mengandung atom karbon, tetapi juga mengandung oksigen dan hidrogen dengan jumlah yang kecil dan terikat secara kimia dalam bentuk gugus fungsi. Gugus fungsi yang sering terdapat pada karbon aktif adalah gugus karbonil (CO), karboksil (COO), fenol, lakton dan beberapa gugus eter. Oksigen yang berada pada permukaan karbon aktif berasal dari bahan mentah atau dihasilkan dari proses aktivasi dengan uap (H_2O) atau udara (Lempang, 2014). Gugus fungsi dapat dianalisis dengan menggunakan metode *Fourier Transform Infrared* (FTIR) yaitu metode spektroskopi inframerah yang dilengkapi dengan transformasi *fourier* untuk analisis hasil spektrumnya (Mentari *et al.*, 2018). FTIR mempunyai rentang panjang gelombang dari inframerah spektrum elektromagnetik mulai dari panjang 14000 cm^{-1} sampai 10^{-1} . Instrumentasi FTIR dapat dilihat pada Gambar 2.4.



Gambar 2. 4. Instrumentasi *Fourier Transform Infrared* (FTIR)
(Sumber: Peneliti)

2.2.13 Efektivitas

Secara umum, efektivitas merupakan suatu keadaan yang menyatakan tingkat keberhasilan atau pencapaian suatu tujuan, diukur dari segi kualitas, kuantitas, dan waktu seperti yang telah direncanakan sebelumnya (W. P. Dewi *et al.*, 2022). Efektivitas menggambarkan keseluruhan siklus masukan, proses dan keluaran mengacu pada hasil suatu organisasi, program atau kegiatan yang menunjukkan ruang lingkup tujuan (kualitas, kuantitas dan waktu) telah tercapai. Efektivitas mengukur keberhasilan atau kegagalan suatu organisasi dalam mencapai tujuan dan sasarannya. Sehingga dapat disimpulkan bahwa konsep efektivitas hanya penting pada hasil atau tujuan yang diinginkan (Kusumawati, 2023).

2.2.14 Metode Indofenol

Pengukuran kadar ammonia di udara dapat dilakukan dengan metode indofenol dengan menggunakan instrument spektrofotometer pada panjang gelombang 630 nm. Prinsip metode indofenol yaitu ammonia akan bereaksi dengan hipoklorit dan fenol sehingga membentuk senyawa biru indofenol. Terjadi 2 tahapan yaitu penambahan hipoklorit pada sampel ammonia menghasilkan mono-chloroamina. Kemudian mono-chloroamina beraksi dengan fenol dan membentuk senyawa biru indofenol. Intensitas warna biru yang terbentuk selanjutnya diukur dengan menggunakan spektrofotometer pada panjang

gelombang 630 nm. Semakin pekat warna yang terbentuk maka transisi elektromagnetik yang terjadi semakin tinggi, sehingga konsentrasi ammonia di dalam contoh uji semakin tinggi pula (Hamzah et al., 2013).

2.2.15 Instrumentasi Spektrofotometer UV-Vis

Spektrofotometri UV-Vis merupakan pengukuran serapan cahaya di daerah ultraviolet (200-400 nm) dan sinar tampak (400-800 nm) oleh suatu senyawa. Metode pengukuran dengan menggunakan prinsip spektrofotometri yaitu berdasarkan absorpsi cahaya pada panjang gelombang tertentu melalui suatu larutan yang mengandung kontaminan yang akan ditentukan konsentrasinya. Proses ini dinamakan “absorpsi spektrofotometri”, jika menggunakan panjang gelombang yang digunakan gelombang cahaya tampak maka disebut kolorimeter (Abriyani *et al.*, 2022). Instrumentasi Spektrofotometer UV-Vis dapat dilihat pada Gambar 2.5.



Gambar 2. 5. Instrumentasi Spektrofotometer UV-Vis (Sumber: Peneliti)

2.3 Hipotesis

Beberapa dugaan sementara dari penelitian ini sebagai berikut :

1. Karbon Aktif dari ampas kopi robusta memiliki karakteristik kadar air < 15%, kadar abu < 10%, kadar zat menguap < 25%, dan daya serap iodin karbon aktif > 750 mg/g yang telah sesuai dengan SNI 06-3730-1995.

2. Karbon Aktif dari tempurung kelapa memiliki karakteristik kadar air < 15%, kadar abu < 10%, kadar zat menguap < 25%, dan daya serap iodin karbon aktif > 750 mg/g yang telah sesuai dengan SNI 06-3730-1995.
3. Karbon aktif dari ampas kopi robusta memiliki morfologi permukaan mesopori, kandungan unsur karbon > 80%, dan memiliki gugus fungsi C–H, C=C, C–O.
4. Karbon aktif dari tempurung kelapa memiliki morfologi permukaan mikropori, kandungan unsur karbon > 80%, dan memiliki gugus fungsi C–H, C=C, C–O.
5. Variasi konsentrasi karbon aktif dari ampas kopi robusta dan tempurung kelapa yang diaktivasi KOH 10% lebih baik dari yang diaktivasi KOH 5% didalam efektivitas penjerapan kadar gas ammonia.
6. Efektivitas karbon aktif ampas kopi robusta yang teraktivasi KOH 5% dan 10% untuk menurunkan kadar gas ammonia pada feses sapi > 80%.
7. Efektivitas karbon aktif tempurung kelapa yang teraktivasi KOH 5% dan 10% untuk menurunkan kadar gas ammonia pada feses sapi > 80%.