

BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

2.1 Penelitian Terdahulu

Aktivasi atau penyerapan nano KMnO_4 didalam karbon berpori menghasilkan lebih tinggi laju oksidasi etilen. Nano KMnO_4 juga menunjukkan kemampuan pengawetan buah klimakterik yang lebih baik dengan sampel buah pisang. Pisang tanpa bahan pengawet baru matang setelah 7 hari, sedangkan pisang dengan KMnO_4 dan nano- KMnO_4 pengawet matang setelah 13 dan 16 hari (Hernando *et al.*, 2019). Bahan penyerap gas etilen (C_2H_4) kalium permanganat (KMnO_4) memberikan pengaruh terhadap proses penghambatan pematangan, dengan dapat ditekannya produksi gas etilen dan dapat dipertahannya warna hijau, tekstur serta aroma buah pisang selama 20 hari dengan absorber 30 g dan 40 g pada suhu ruang serta 45 hari (Sholihati *et al.*, 2015). Adapun rangkuman penelitian terdahulu dengan perbedaan keterbaruan dalam penelitian ini yang menjadi dasar dilakukannya penelitian ini adalah sebagai berikut:

Tabel 2. 1 Penelitian Terdahulu

| No. | Nama Peneliti (Tahun) | Tujuan Penelitian | Hasil | Perbedaan |
|-----|-----------------------|--|---|--|
| 1. | (Arini, 2015) | Mengetahui pengaruh KMnO_4 dan bahan penyerap berupa serutan gergaji kayu untuk memperpanjang masa simpan buah pepaya (C. | Perlakuan penambahan KMnO_4 mampu menghambat laju respirasi dan sintesis gas etilen selama penyimpanan sehingga dapat memperlambat | Bahan penyerap berupa karbon aktif dari limbah serabut dan tempurung nipah, sampel buah pengujian lama penyimpanan |

| No. | Nama Peneliti (Tahun) | Tujuan Penelitian | Hasil | Perbedaan |
|-----|----------------------------------|---|--|--|
| | | <p>papaya L.) serta mengetahui konsentrasi KMnO_4 yang sesuai untuk memperpanjang masa simpan buah pepaya (<i>C. papaya</i> L.).</p> | <p>pematangan dan memperpanjang masa simpan buah pepaya (<i>C. papaya</i> L.). Perlakuan KMnO_4 dengan konsentrasi 60 ppm dapat mempertahankan susut bobot dan kadar glukosa buah pepaya sampai pengamatan hari ke-12.</p> | <p>yaitu pisang kepok.</p> |
| 2. | (Sholihati <i>et al.</i> , 2015) | <p>Penelitian ini adalah untuk mempelajari efek penyerap gas etilen Kalium Permanganat (KMnO_4) untuk menunda proses pematangan, untuk mengetahui efektivitas gas</p> | <p>Bahan penyerap gas etilen Kalium Permanganat (KMnO_4) memberikan pengaruh terhadap proses penghambatan pematangan, dengan dapat ditekannya produksi gas etilen dan dapat</p> | <p>Bahan pembedaan adsorben karbon aktif yaitu limbah serabut dan tempurung nipah, sampel buah pengujian lama penyimpanan yaitu pisang kepok</p> |

| No. | Nama Peneliti (Tahun) | Tujuan Penelitian | Hasil | Perbedaan |
|-----|-----------------------|--|---|-----------|
| | | <p>etilen Kalium Permanganat (KMnO₄) untuk menyerap gas etilen dan untuk mengembangkan model penentuan konsentrasi gas etilen selama penyimpanan sebelum proses pematangan.</p> | <p>dipertahannya warna hijau, tekstur serta aroma buah pisang Raja selama 20 hari dengan absorber 30 g dan 40 g pada suhu ruang serta 45 hari pada suhu 13 °C. Pengujian efektifitas absorber menunjukkan dengan penambahan jumlah absorber dapat menekan konsentrasi gas etilen. Dengan suhu ruang sebesar 0,074 ml/g pada 10 g absorber, diikuti 20 g sebesar 0,025 ml/g, 30 g sebesar 0,015 ml/g, dan 40 g sebesar 0,010 ml/g. Pada suhu 13°C, sebesar 0,043 ml/g pada</p> | |

| No. | Nama Peneliti (Tahun) | Tujuan Penelitian | Hasil | Perbedaan |
|-----|---------------------------------|---|--|---|
| | | | absorber 10 g, diikuti 20 g sebesar 0,022 ml/g, absorber 30 g sebesar 0,010 ml/g dan absorber 40 g sebesar 0,008 ml/g. | |
| 3. | (Desmonda <i>et al.</i> , 2016) | Mengetahui massa arang+KMnO ₄ terbaik selama penyimpanan pada suhu ruang (26° - 30°C) dan suhu rendah (10° - 12°C), serta mengamati perubahan fisik dan kimia buah jambu biji 'crystal', dan Umur simpan buah jambu biji 'crystal' selama penyimpanan. | Penggunaan perlakuan jumlah KMnO ₄ pada media arang sebagai pengoksidasi gas etilen mampu menekan penurunan kekerasan, dan peningkatan kandungan padatan terlarut, Perlakuan terbaik penyimpanan suhu ruang adalah Ta1 (2 g arang+KMnO ₄). Pada akhir penyimpanan (hari | . Bahan arang aktif yaitu dari limbah serabut dan tempurung nipah, sampel buah pengujian lama penyimpanan yaitu pisang kepok, dan pengamatan yang dilakukan adalah perubahan fisik. |

| No. | Nama Peneliti (Tahun) | Tujuan Penelitian | Hasil | Perbedaan |
|-----|-----------------------|-------------------|--|-----------|
| | | | <p>ke-18) memiliki nilai susut bobot 25,34%, kekerasan 2,24N, kandungan padatan terlarut 10,84°Brix dan untuk kadar vitamin C 44mg/100g, 3) Perlakuan terbaik penyimpanan suhu rendah adalah Tc1 (2 g arang + KMnO_4). Pada akhir penyimpanan (hari ke-36) buah memiliki nilai susut bobot 28,02%, kekerasan 2,12N, kandungan padatan terlarut 11,34°Brix dan untuk kadar vitamin C 38,13mg/100g, Hasil analisis statistik pada $\alpha = 5\%$ pada</p> | |

| No. | Nama Peneliti (Tahun) | Tujuan Penelitian | Hasil | Perbedaan |
|-----|---------------------------------|--|--|--|
| | | | penyimpanan suhu ruang, perlakuan berpengaruh nyata terhadap parameter kandungan padatan terlarut, sedangkan pada suhu rendah perlakuan berpengaruh nyata terhadap parameter kekerasan dan kandungan padatan terlarut. | |
| 4. | (Hernando <i>et al.</i> , 2019) | Membandingkan oksidasi gas etilen dengan KMnO_4 dan nano- KMnO_4 dan model kinetik reaksi gas-padat Pada pengewetan. | Penjerapan nano KMnO_4 didalam karbon berpori menghasilkan lebih tinggi laju oksidasi etilen. Nano KMnO_4 juga menunjukkan kemampuan pengawetan buah klimakterik yang lebih baik dengan sampel buah pisang. Pisang | Bahan pembutan adsorben karbon aktif yaitu limbah serabut dan tempurung nipah, konsentrasi aktivator KMnO_4 sampel buah pisang kepok dalam pengujian lama |

| No. | Nama Peneliti (Tahun) | Tujuan Penelitian | Hasil | Perbedaan |
|-----|-----------------------|--|---|--|
| | | | tanpa bahan pengawet baru matang setelah 7 hari, sedangkan pisang dengan KMnO_4 dan nano- KMnO_4 pengawet matang setelah 13 dan 16 hari. | masa simpannya. |
| 5. | (Rahmah, 2021) | Mendapatkan multi adsorber dan karakteristik fisiknya, mendapatkan model penyerapan etilen dan uap air oleh multi adsorber dan mengukur efektivitas penggunaan multi adsorber $\text{CaCl}_2 - \text{KMnO}_4$ pada penyimpanan | Hasil penelitian menunjukkan bahwa multi adsorber dengan perbandingan 1 mol CaCl_2 : 2 mol KMnO_4 adalah perlakuan terbaik, dapat dilihat dari karakteristik fisik melalui pengujian laju penyerapan $\text{CaCl}_2 - \text{KMnO}_4$ terhadap bubuk sekam dengan daya serap 20.2172 (mg $\text{CaCl}_2 - \text{KMnO}_4$ /g bubuk sekam) | Bahan penjerap berupa karbon aktif dari limbah serabut dan tempurung nipah, sampel buah pengujian lama penyimpanan yaitu pisang kepok. |

| No. | Nama Peneliti (Tahun) | Tujuan Penelitian | Hasil | Perbedaan |
|-----|-----------------------|--------------------|---|-----------|
| | | buah pisang ambon. | <p>dengan waktu optimum penyerapan selama 45 menit.</p> <p>Pengujian karakteristik fisik lainnya melalui pengujian FTIR yang dilakukan untuk mengidentifikasi gugus fungsi dalam kemampuan penyerapan.</p> <p>Dilihat dari morfologi sekam, $\text{CaCl}_2\text{-KMnO}_4$ mampu menempel dan mengisi ruang kosong pada permukaan sekam.</p> <p>Multi adsorber mampu menjerap etilen 98.6 ppm/kg dengan laju penyerapan mengikuti ordo 1, serta kemampuan</p> | |

| No. | Nama Peneliti (Tahun) | Tujuan Penelitian | Hasil | Perbedaan |
|-----|-----------------------|-------------------|---|-----------|
| | | | multi adsorber menyerap uap air sebanyak 168 H ₂ O/gr untuk setiap kg buah pisang dengan laju penyerapan dan sampel buah pisang kepok dalam pengujian lama masa simpannya. | |

Berdasarkan tabel perbandingan penelitian terdahulu dengan perbedaan yang akan dilakukan pada penelitian ini, dapat disimpulkan bahwa penelitian yang akan dilakukan terdapat keterbaruan yaitu bahan baku pembuatan adsorben karbon aktif penjerap gas etilen (C₂H₄) yaitu dari limbah serabut dan tempurung nipah dengan aktivator kalium permanganat (KMnO₄) dengan keunggulan dapat menjerap gas etilen dengan mekanisme oksidasi yang dapat memperpanjang masa simpan buah pisang kepok. Pernyataan tersebut diperkuat dengan teori yang relevan yang telah dilampirkan pada BAB II laporan ini. Selain itu, pengujian adsorben karbon aktif teraktivasi kalium permanganat (KMnO₄) juga dilakukan pengujian karakteristik karbon aktif berupa uji kadar air, uji kadar abu, uji daya serap iodin, uji gugus fungsional, uji morfologi struktur permukaan pori, dan unsur penyusun karbon aktif. Pengujian juga dilakukan pada pisang kepok meliputi uji lama simpan pisang kepok uji susut bobot, dan uji perubahan warna pisang kepok.

2.2 Teori-Teori Yang Relevan

2.2.1 Pisang

Pisang merupakan salah satu komoditas hortikultura dari kelompok buah-buahan yang banyak dibudidayakan di wilayah Indonesia. Pisang merupakan buah dengan sumber vitamin, mineral dan juga karbohidrat bagi tubuh manusia. (Ambarita *et al.*, 2016). Menurut BPS (Badan Pusat Statistika) Provinsi Jawa Tengah produksi pisang di Kabupaten Cilacap pada tahun 2019 sejumlah 276.867 ton dan menjadi urutan ke 8 penghasil pisang terbanyak di Provinsi Jawa Tengah (Statistika, 2019), dimana salah satunya adalah produksi pisang kepok (Kartiyani *et al.*, 2022).

Maos Lor merupakan desa penghasil pisang terbesar di kabupaten Cilacap, dimana pohon pisang ditanam di hampir seluruh pekarangan milik warga dengan lebih kurang 600 kepala keluarga dengan luas lahan berkisar 5–10 Ha (Susanti *et al.*, 2016). Melimpahnya hasil pertanian pisang, hampir setiap minggu petani melakukan panen pisang dan menjualnya pada pedagang atau pengepul akan membeli hasil panen untuk dijual kembali di pasar tradisional disekitar wilayah kabupaten Cilacap (Susanti *et al.*, 2016). Masa simpan pisang yang relatif singkat sekitar 5-7 hari dalam keadaan matang, membuat para petani dan pedagang mengeluhkan cepatnya pisang kehilangan kualitas fisiknya atau membusuk dan tidak laku dipasaran dan berakhir menjadi sampah.

2.2.1.1 Pisang Kepok (*Musa paradisiaca L*)

Pisang kepok merupakan salah satu jenis pisang yang banyak di budidayakan oleh masyarakat di Kabupaten Cilacap. Pisang kepok merupakan buah yang sering dikonsumsi dibandingkan buah lain karna pisang kepok banyak dijumpai di pasar tradisional dengan harga yang murah. Pisang kepok memiliki rasa yang manis dengan daging buah berwarna putih dan kulit buah berwarna kuning apabila sudah matang, kulit buah berwarna buah hijau jika belum matang, dan berwarna coklat kehitaman apabila sudah busuk (Ambarita *et al.*, 2016).



Gambar 2. 1 Pisang kepok (*Musa paradisiaca L*)

(Sumber : penulis)

2.2.1.2 Klasifikasi Pisang Kepok (*Musa paradisiaca L*)

| | |
|---------|--|
| Kingdom | : <i>Plantae</i> (tumbuhan) |
| Divisi | : <i>Magnoliophyta</i> (tumbuhan berbunga) |
| Kelas | : <i>Liliopsida</i> (berkeping satu / monokotil) |
| Ordo | : <i>Zingiberales</i> |
| Famili | : <i>Musaceae</i> (suku pisang) |
| Genus | : <i>Musa</i> |
| Spesies | : <i>Musa paradisiaca L</i> |

(Maulana, 2015)

2.2.1.3 Syarat Mutu Pisang Kepok Kuning (*Musa paradisiaca L*)

Menurut Standar Nasional Indonesia (SNI 01-4481-1998) berikut klasifikasi/ penggolongan ukuran pisang kepok kuning segar dan penggolongan mutu pisang kepok kuning segar.

Tabel 2. 2 Klasifikasi Ukuran Pisang Kepok

| Spesifikasi | Satuan | Persyaratan | | |
|----------------|--------|---------------|---------------|---------------|
| | | Kelas A | Kelas B | Kelas C |
| Berat Persisir | kg | >3 | 2,5-3 | <2,5 |
| Berat Buah | gram | 70-240 | 130-200 | 90-160 |
| Panjang | cm | 13-16 | 13-16 | 13-16 |
| Lingkar | cm | 11-15 | 10-14 | 8-12 |
| Warna Kulit | | Kuning Merata | Kuning Merata | Kuning Merata |

| Spesifikasi | Satuan | Persyaratan | | |
|-------------|--------|---------------------|---------------------|---------------------|
| | | Kelas A | Kelas B | Kelas C |
| Permukaan | | Halus tidak Bernoda | Halus tidak Bernoda | Halus tidak Bernoda |

(SNI 01-4481-1998 Pisang Kepok, 1998)

Tabel 2. 3 Persyaratan Mutu Pisang Kepok Kuning Segar

| Spesifikasi | Satuan | Persyaratan Mutu |
|----------------------------------|---------------|---------------------|
| Keseragaman Kultivar | | <2,5 |
| Tingkat Ketuaan | % | 90-160 |
| Bentuk | | 13-16 |
| Keseragaman Ukuran | | 8-12 |
| Kadar Kotoran | % bobot/bobot | Kuning Merata |
| Tingkat kerusakan fisik/ mekanik | % bobot/bobot | Halus tidak Bernoda |
| Tingkat Kesegaran | % bobot/bobot | 10-20 |

(SNI 01-4481-1998 Pisang Kepok, 1998)

2.2.2 Tahap Pematangan Pisang

Pisang termasuk kategori buah yang klimaterik yaitu buah yang mengalami lonjakan kematangan meski telah melewati proses pemanenan. Konsentrasi etilen yang diproduksi dari buah pascapanen dan laju respirasi yang tinggi dapat mempercepat proses pempusukan pada buah pisang. Iqbal *et al.*, (2017) menyatakan bahwa etilen memiliki peran penting dalam mengatur penuaan daun hingga 3 tahap dapat diidentifikasi meliputi inisiasi, degradasi dan proses kematian. Proses pematangan buah pisang tidak dapat dihentikan, tetapi dapat diperlambat agar dapat memperpanjang masa simpan buah pisang. Perubahan warna kulit pisang ditentukan pada tahap pematangan menurut “*Commercial standard colour charts*” menunjukkan tujuh tahap perubahan warna kulit pisang seperti yang dijelaskan dalam tabel berikut :

Tabel 2. 4 Standart “*Commercial standard colour chart*”

| Tahapan Kematangan | Keterangan |
|---------------------------|------------------------------------|
| Tahap 1 | <i>All green</i> |
| Tahap 2 | <i>Green with trace of yellow</i> |
| Tahap 3 | <i>More green than yellow</i> |
| Tahap 4 | <i>More yellow than green</i> |
| Tahap 5 | <i>Yellow with trace of green</i> |
| Tahap 6 | <i>Full yellow</i> |
| Tahap 7 | <i>Full yellow with brown spot</i> |

(Tapre & Jain, 2012).

Kematangan pisang dapat dibedakan menjadi dua fase yaitu : fase 1 berwarna hijau (pisang mentah) dan fase 2 yaitu yang berwarna kuning (pisang matang). Sehingga setelah pisang melewati kedua fase ini pisang dianggap masuk kedalam tahap pematukan. Pada gambar dibawah ini merupakan indeks kematangan buah pisang berdasarkan perubahan warnanya.



Gambar 2. 2 Tahap Pematangan Buah Pisang

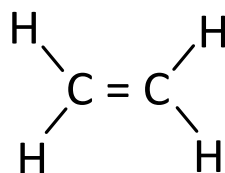
(Sumber : Rahmah, (2021))

Indeks warna 1 sampai 4 merupakan fase 1 kematangan berwarna hijau (pisang mentah), indeks 5 sampai 8 merupakan fase 2 kematangan berwarna kuning (pisang matang). Pada tahap kematangan 1 seluruh permukaan buah berwarna hijau

dan buah masih keras. Tahap kematangan 2 dan 3 buah berwarna hijau dengan sedikit warna kuning. Pada tahap kematangan 4 kulit buah dengan warna kuning lebih banyak dari pada warna hijau. Seluruh permukaan kulit buah berwarna kuning, namun pada bagian ujung masih hijau terjadi pada kematangan tahap 5. Tahap kematangan 6 seluruh buah pisang berwarna kuning, dan pada tahap kematangan 7 dan 8 terdapat bintik kecoklatan pada permukaan kulit buah pisang (Rahmah, 2021). Apabila warna pisang telah melewati seluruh tahapan 1-8 tersebut diartikan pisang tersebut dalam kondisi membusuk.

2.2.3 Produksi Gas Etilen (C₂H₄) pada Pematangan Pisang

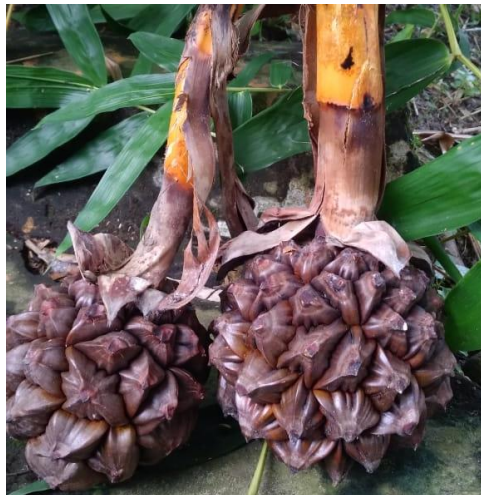
Gas etilen adalah senyawa organik hidrokarbon paling sederhana (C₂H₄) berupa gas yang berpengaruh terhadap proses fisiologis tanaman. Gas etilen dikategorikan sebagai hormon alami untuk penebaran dan pemasakan dan secara fisiologis sangat aktif dalam konsentrasi sangat rendah (<0,005 µL/L) (Hayati, 2022). Gas etilen (C₂H₄) merupakan hormon tumbuhan yang diproduksi secara alami melalui metabolisme tumbuhan yang memiliki peran untuk proses pematangan buah. Aktivitas produksi gas etilen (C₂H₄) mempercepat terjadinya proses pematangan, penebaran, pelayuan, dan pembusukan. Semakin tinggi kadar gas gas etilen (C₂H₄), maka semakin cepat pula kematangan pada buah pisang (Markiah et al., 2020). Menurut Pratiwi, (2014), laju produksi etilen pada pisang berada pada kelas sedang dengan laju produksi gas 1-10 ml/kg.jam pada suhu ruang.



Gambar 2. 3 Struktur kimia gas etilen (C₂H₄)

2.2.4 Nipah (*Nypa fruticans*)

Tanaman nipah (*Nypa fruticans*) adalah tanaman golongan palem yang juga merupakan tanaman mangrove karena tanaman ini tumbuh pada kondisi tanah berair dan berlumpur lunak yang airnya memiliki gelombang kecil, biasanya di sepanjang aliran sungai atau pertemuan sungai dengan lautan yang alirannya membawa banyak nutrisi (Sri Rahayu *et al.*, 2022). Tanaman nipah tumbuh subur di hutan daerah pasang surut (hutan mangrove) dan daerah rawa-rawa atau muara-muara sungai yang berair payau. Di Indonesia luas daerah tanaman nipah adalah 10% dari luas daerah pasang surut sebesar 7 juta Ha atau sekitar 700.000 Ha. Penyebarannya meliputi wilayah kepulauan Sumatra, Kalimantan, Jawa, Sulawesi, Maluku, dan Irian Jaya (Mulyadi, 2013). Salah satu hutan mangrove di pulau jawa khususnya di Jawa Tengah yang banyak ditumbuhi tanaman Nipah (*Nypa fruticans*) yaitu pada segara anakan bagian barat kabupaten Cilacap.



Gambar 2. 4 Tanaman Nipah (*Nypa fruticans*)

(Sumber : penulis)

Sejauh ini tanaman Nipah (*Nypa fruticans*) hanya ditanam sebagai pelindung daratan atau pantai dari abrasi air laut, namun masih banyak potensi yang dapat diambil dari tanaman ini seperti daunnya dimanfaatkan sebagai atap rumah atau kerajinan anyam, nira sebagai bahan baku gula merah, dan buah untuk makanan segar atau dioleh menjadi tepung (Mulyadi, 2013). Didaerah cilacap sendiri buah

nipah juga dimanfaatkan oleh masyarakat sebagai olahan jus buah nipah. Namun, dalam pemanfaatannya hanya menggunakan bagian buahnya saja dan menyisakan limbah berupa serabut dan tempurung nipah. Serabut dan tempurung buah nipah memiliki kadar selulosa, hemiselulosa, dan lignin yang tinggi dengan presentase seperti yang terdapat dalam tabel berikut:

Tabel 2. 5 Komposisi Tanaman Nipah

| Tanaman | Bagian | Selulosa (%) | Hemiselulosa (%) | Lignin (%) |
|-------------------------|-----------|--------------|------------------|------------|
| Nipah (Nypah Fruticans) | Pelepah | 35,1 | 26,4 | 19,7 |
| | Tempurung | 45,6 | 23,5 | 19,4 |
| | Serabut | 36,5 | 21,8 | 28,8 |
| | Daun | 28,9 | 23,6 | 33,8 |

(Evila *et al.*, 2022).

Serabut dan tempurung buah nipah memiliki kadar selulosa dan lignin yang tinggi dibandingkan dengan bagian tanaman nipah yang lain dengan presentase selulosa dan lignin sebesar 45,6% dan 19,4% untuk tempurung dan presentase selulosa dan lignin sebesar 36,5% dan 28,8% untuk serabut. Banyaknya kandungan lignin ini menyatakan bahwa semakin banyak kandungan karbon yang dapat dibentuk dari bahan tersebut, adapun kadar selulosa tinggi juga menghasilkan pembakaran yang cenderung konstan serta merata sehingga dapat menghasilkan karbon dengan kualitas yang baik (Safariyanti *et al.*, 2018).

Tanaman nipah (*Nypa fruticans*) dapat diklasifikasikan berdasarkan taksonomi tumbuhan sebagai berikut :

Regnum : Plantae
 Division : Magnnoliophyta
 Classis : Liliopsida
 Ordo : Arecales
 Familia : Areaceae
 :

Genus : *Nypa*
Species *Nypa fruticans*

(Megawati, 2017).

2.2.5 Pirolisis

Pirolisis adalah proses konversi termal dimana material diperlakukan dalam kondisi atmosfer inert tanpa adanya udara atau oksigen. Proses ini menghasilkan padatan char (*charcoal, biochar*), senyawa volatil yang dapat dikondensasikan (*distilat*), dan gas yang tak terkondensasi (Maulina & Sari Putri, 2017). Pada proses pirolisis biomassa, energi panas menyebabkan terjadinya oksidasi sehingga sebagian besar molekul karbon yang kompleks terurai menjadi arang (Radam *et al.*, 2023). Pirolisis untuk pembentukan arang terjadi pada temperatur 150 – 3000°C (Priyonggo *et al.*, 2019).

Biomassa tersusun atas selulosa, hemiselulosa dan lignin. Struktur tersebut yang akan terurai atau terdekomposisi pada saat dilakukannya proses pirolisis. Pada proses pirolisis terjadi empat tahapan, dimulai dengan penguapan air, diikuti dengan dekomposisi hemiselulosa, selulosa dan lignin. Pada suhu 100-120°C terjadi penguapan air, kemudian pada suhu 200-260°C terjadi penguraian senyawa hemiselulosa, selanjutnya terjadi penguraian selulosa dan lignin pada suhu 240-350°C (Safariyanti *et al.*, 2018)

2.2.6 Karbon Aktif

Karbon aktif atau *activated carbon* merupakan karbon yang telah melalui proses aktivasi untuk membuat pori yang semakin besar sehingga memiliki luas permukaan yang besar (Fadlilah *et al.*, 2022). Karbon Aktif merupakan suatu padatan berpori yang mengandung 85-95% karbon, dihasilkan dari bahan-bahan yang mengandung karbon dengan pemanasan pada suhu tinggi (Jamilatun *et al.*, 2015). Karbon aktif berasal dari proses pembakaran dengan bahan baku yang mengandung karbon tinggi dan presentase selulosa, hemiselulosa, dan lignin tinggi

yang memungkinkan untuk dijadikan sebagai sumber karbon untuk pembuatan karbon aktif (Fadlilah *et al.*, 2022).

Karbon aktif adalah sejenis adsorbent (penyerap) yang berwarna hitam dan berbentuk granule, bulat, pelat ataupun bubuk. Pori-pori dalam karbon aktif biasanya diisi oleh tar, hidrokarbon, dan zat-zat organik lainnya yang terdiri dari fixed carbon, abu, air, serta persenyawaan yang mengandung nitrogen dan sulfur (Pratiwi, 2014). Karbon aktif mengalami proses karbonisasi menggunakan temperatur tinggi namun pada proses ini pori yang terbentuk masih tertutup oleh hidrokarbon dan komponen lain seperti abu, nitrogen dan sulfur yang menyebabkan kemampuan penyerapannya kurang baik. Agar kemampuan penyerapannya tinggi, perlu dilakukan proses aktivasi yang bertujuan untuk mengembangkan pori-pori karbon. Mekanisme proses aktivasi adalah dengan memecah ikatan hidrokarbon dan oksidasi molekul pada permukaan sehingga karbon aktif berubah strukturnya baik secara fisika maupun kimia (Jamilatun *et al.*, 2015).

Umumnya karbon aktif mempunyai luas permukaan berkisar 300 - 3500 m² /g, luas permukaan ini memiliki hubungan dengan struktur pori pada karbon aktif sehingga karbon aktif memiliki sifat sebagai adsorben. Karbon aktif memiliki beberapa fungsi di antaranya pada proses adsorpsi dimana karbon aktif dapat mengadsorpsi zat padat maupun gas. Selain itu, karbon aktif juga dapat digunakan dalam pengolahan limbah industri untuk menghilangkan warna, bau, zat-zat organik dan zat kontaminan seperti logam berat (Jamilatun *et al.*, 2015). Pada dasarnya unsur penyusun karbon biomassa adalah unsur C yang berperan didalam kemampuan suatu adsorben untuk mengadsorpsi adsorbat. Unsur lain dapat terkandung dapat berasal dari beberapa faktor seperti lingkungan sekitar tempat sampel biomassa berasal dan juga kandungan aktivator karbon yang menempelkan usurnya dalam karbon aktif.

2.2.6.1 Syarat Mutu Karbon Aktif

Karbon aktif berfungsi sebagai adsorben tentunya memiliki parameter terhadap bahan karbon aktif yang dihasilkan. Oleh sebab itu untuk mencapai kualitas karbon aktif yang baik dalam pembuatan karbon aktif harus mencapai

syarat mutu karbon aktif. Kualitas suatu karbon aktif yang dinilai berdasarkan persyaratan Standar Nasional Indonesia (SNI) 06-3730-1995 pada **Tabel 2.6** berikut ini.

Tabel 2. 6 Persyaratan Arang Aktif Teknis Berdasarkan SNI 06-3730-1995

| Uraian | Syarat Kualitas | |
|---|-----------------|-------------|
| | Butiran | Serbuk |
| Bagian yang hilang pada pemanasan 950 °C | Maks. 15 | Maks. 25 |
| Kadar Air (%) | Maks. 4,4 | Maks. 15 |
| Kadar Abu (%) | Maks. 2,5 | Maks. 10 |
| Bagian tidak mengarang | 0 | 0 |
| Daya serap terhadap I ₂ (mg/g) | Min. 750 | Min. 750 |
| Karbon Aktif Murni (%) | Min. 80 | Min. 65 |
| Daya serap terhadap benzena (%) | Min. 25 | - |
| Daya serap terhadap biru metilen (mg/g) | Min. 60 | Min.120 |
| Kerapatan jenis curah (g/mg) | 0,45 – 0,55 | 0,30 – 0,35 |
| Lolos ukuran mesh 325 (%) | - | Min. 90 |
| Jarak mesh (%) | 90 | - |
| Kekerasan (%) | 80 | - |

(SNI 06-3730-1995 Arang Aktif Teknis, 1995)

2.2.6.2 Daya Serap Iodin

Daya serap iodin dapat digunakan sebagai indikator relatif porositas dalam karbon aktif. Bilangan iodin tidak selalu memberikan ukuran kemampuan karbon untuk menyerap suatu spesies, namun dapat memperkirakan luas permukaan untuk beberapa jenis karbon aktif (Evila et al., 2022). Bilangan iodin dapat digunakan untuk memperkirakan luas permukaan, volume mikropori, dan volume total pori karbon aktif. Atau dapat dikatakan sebagai indikator kapasitas adsorpsi dari karbon

aktif (Evila *et al.*, 2022). Luas permukaan sangat penting untuk menentukan kualitas karbon aktif sebagai adsorben. Daya adsorpsi dapat dilihat dengan besarnya angka iodin. Semakin besar nilai iodin maka semakin besar pula kemampuannya dalam mengadsorpsi.

2.2.6.3 Kadar Air

Kadar air dalam sebuah bahan merupakan kandungan air yang terkandung dalam suatu bahan tersebut (Immaduddin *et al.*, 2021). Uji kadar air dilakukan untuk mengetahui sifat higroskopis sebuah bahan. Bertambahnya luas permukaan karbon aktif akan meningkatkan sifat higroskopis. Air dari udara diserap oleh karbon aktif sehingga meningkat, akibatnya kadar air pada karbon aktif juga meningkat (Legiso *et al.*, 2019).

2.2.6.4 Kadar Abu

Kadar abu yaitu banyaknya kandungan oksida logam yang terdiri atas mineral-mineral dalam suatu bahan yang tidak dapat menguap pada proses penguapan. Kandungan abu dalam suatu bahan juga mempengaruhi titik nyala dari karbon yang merupakan hal penting dalam proses adsorpsi suatu pelarut sehingga menurunkan efisiensi reaktivitas karbon aktif. Semakin rendah kandungan abu maka semakin baik kualitas karbon aktif jika digunakan sebagai adsorben (Evila *et al.*, 2022).

2.2.7 Aktivator KMnO_4

Karbon aktif merupakan senyawa karbon yang telah ditingkatkan daya adsorpsinya dengan tahapan karbonisasi dan dilanjutkan dengan tahapan aktivasi (Habiba *et al.*, 2023). Aktivasi adalah suatu proses yang bertujuan untuk mengubah memperbesar luas permukaan karbon aktif dengan cara memecah ikatan hidrokarbon atau mengoksidasi molekul permukaan sehingga karbon mengalami perubahan yaitu luas permukaannya bertambah besar dan berpengaruh terhadap daya adsorpsi (Ranti, 2018).

Pada penelitian ini, metode aktivasi karbon aktif dilakukan dengan menggunakan kalium permanganat (KMnO₄). Menurut Pang *et al.*, (2015). Karbon aktif teraktivasi (KMnO₄) menunjukkan kapasitas adsorpsi yang lebih tinggi dan rongga pori akan terbuka. Hal ini dikarenakan (KMnO₄) mampu melarutkan zat pengotor pada adsorben kalium permanganat (KMnO₄) merupakan senyawa kimia organik yang merupakan oksidator kuat dan merupakan salah satu bahan yang dapat digunakan untuk mengoksidasi gas etilen (Widayanti, 2016). Proses ini melibatkan proses aktivasi karbon dengan KMnO₄, KMnO₄ berperan sebagai agen oksidasi yang mengoksidasi zat organik pada permukaan karbon aktif dan mengubahnya menjadi senyawa-senyawa yang lebih mudah larut, sehingga permukaan karbon aktif menjadi lebih reaktif terhadap gas yang akan teradsorpsi. Gugus fungsi aktivator KMnO₄ secara fisik MnO₄ meningkatkan gugus fungsi yang mengandung oksigen disebabkan fungsinya yang lebih kuat dikarenakan efek oksidasi (Zheng *et al.*, 2021). Proses aktivasi menghasilkan lebih banyak gugus fungsi –OH, C=O, dan C-O.

2.2.7.1 *Material Safety Data Sheet (MSDS) Aktivator Kalium Permanganat (KMnO₄)*

Material safety data sheet (MSDS) adalah informasi penting yang berisi tentang informasi penggunaan bahan kimia. Identifikasi bahan kimia KMnO₄ digunakan sebagai penunjang keselamatan dalam menggunakan bahan kimia kalium permanganat (KMnO₄). KMnO₄ merupakan senyawa kimia organik yang merupakan oksidator kuat, oleh karenanya KMnO₄ dapat dijadikan salah satu bahan yang dapat digunakan untuk mengoksidasi gas etilen (Widayanti, 2016). Berikut ini merupakan tabel identifikasi dan informasi toksikologi kalium permanganat (KMnO₄)

Tabel 2. 7 Identifikasi Kalium Permanganat (KMnO₄)

| | |
|---------------|---|
| Bentuk Produk | : Zat |
| Nama Zat | : Kalium Permanganat (KMnO ₄) |
| CAS-No. | : 7722-64-7 |

| | |
|-------------|--|
| Kode Produk | : LC19850 |
| Formula | : KMnO_4 |
| Sinonim | : Permanganat kalium / garam kalium asam permanganat |

(Chem, 2018).

Tabel 2. 8 Informasi Toksikologi Kalium Permanganat (KMnO_4)

| | |
|---|---|
| Korosi/iritasi kulit | : Tidak diklasifikasikan pH: 7,0 - 8,5 (1,6 %) |
| Kerusakan/iritasi mata yang serius | : Tidak diklasifikasikan pH: 7,0 - 8,5 (1,6 %) |
| Sensitisasi pernapasan atau kulit | : Tidak diklasifikasikan |
| Mutagenisitas pada sel nutfah | : Tidak diklasifikasikan |
| Karsinogenisitas | : Tidak diklasifikasikan |
| Toksisitas terhadap reproduksi | : Tidak diklasifikasikan |
| Toksisitas pada organ sasaran spesifik - paparan tunggal | : Tidak diklasifikasikan |
| Toksisitas pada organ sasaran spesifik - paparan berulang | : Tidak diklasifikasikan |
| Bahaya aspirasi | : Tidak diklasifikasikan |

(Chem, 2018).

2.2.8 Gugus Fungsi pada Karbon Aktif

Gugus fungsi dapat terbentuk pada karbon aktif ketika dilakukan aktivasi, yang disebabkan terjadinya interaksi radikal bebas pada permukaan karbon dengan atom-atom seperti oksigen dan nitrogen, yang berasal dari proses pengolahan ataupun atmosfer. Gugus fungsi ini menyebabkan permukaan karbon aktif menjadi reaktif secara kimiawi dan mempengaruhi sifat adsorpsinya (As'ari Dan & Hendriawan, 2016).

Gugus fungsi karbon tidak teraktivasi dan teraktivasi dapat diidentifikasi menggunakan pengujian FTIR (*Fourier Transform Infra Red*). Keberadaan dan

jenis gugus fungsi oksigen dalam karbon aktif yang dibuat diuji menggunakan FTIR. Menurut Rahmah (2021) pengujian FTIR yang dilakukan untuk mengidentifikasi gugus fungsional pada masing-masing sampel yang teraktivasi dan yang tidak teraktivasi.

2.2.9 Morfologi dan Struktur Permukaan Pori Karbon Aktif

Pengujian karakteristik fisik pada karbon aktif bertujuan untuk mengetahui sifat fisik serta keadaan permukaan adsorben karbon aktif. Karakteristik sifat fisik dilakukan melalui pengujian SEM (*Scanning Electron Microscopy*) untuk mengetahui kondisi topografi adsorben karbon aktif. Metode pencitraan permukaan dari SEM mampu untuk menampilkan ukuran, distribusi ukuran, pembentukan, dan morfologi dari partikel sintesis ukuran mikro dan nano (Rahayu *et al.*, 2023). Menurut Mentari *et al.*, (2018) pembentukan dan pembesaran pori disebabkan oleh penguapan komponen selulosa yang terdegradasi dan lepasnya zat terbang. Pori-pori pada arang aktif memiliki beberapa jenis, yaitu antara lain mikropori dengan ukuran diameter di bawah 5 μm , mesopori dengan ukuran diameter antara 5-25 μm , dan makropori dengan ukuran diameter di atas 25 μm (Alimah, 2021). Penggunaan SEM bersamaan dengan EDX akan dapat menguji morfologi struktur dan menganalisis secara langsung unsur penyusun karbon.

2.2.10 Adsorpsi

Adsorpsi adalah suatu fenomena permukaan dimana terjadi penambahan konsentrasi komponen tertentu pada permukaan antara dua fase. Ada perbedaan antara adsorpsi fisik dan kimia, dimana adsorpsi fisik memiliki ikatan intermolekularnya relatif lemah (ikatan Van der Waals) dibandingkan dengan adsorpsi kimia, dimana terbentuk ikatan kimia antara molekul adsorbat dengan molekul yang terikat pada permukaan adsorben. Adsorpsi terbagi lagi menjadi adsorpsi disosiatif dan asosiatif. Adsorpsi adalah suatu fenomena permukaan dimana terjadi penambahan konsentrasi komponen tertentu pada permukaan antara dua fase. Dikatakan adsorpsi asosiatif jika molekul yang diadsorpsi terurai menjadi

molekul lain yang lebih kecil, dikatakan adsorpsi disosiatif jika terjadi hal sebaliknya yaitu molekul teradsorpsi tidak terurai menjadi molekul lain yang lebih kecil (Widayanti, 2016). Kemampuan adsorben dalam menarik adsorbat disebut sebagai daya adsorpsi. Daya penyerap dapat diukur melalui pengukuran konsentrasi adsorbat sebelum dan sesudah perlakuan, dimana daya adsorpsi itu sendiri dipengaruhi oleh luas permukaan adsorben, konsentrasi kesetimbangan zat terlarut atau tekanan adsorpsi gas, suhu dan sifat adsorbat/adsorben itu sendiri (Rahmah, 2021).

2.2.11 Proses Penjerapan Gas Etilen (C₂H₄)

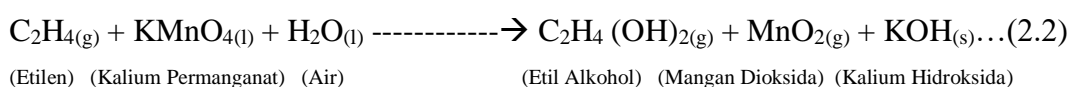
Adsorben karbon aktif sebagai penjerap gas etilen (C₂H₄) untuk memperpanjang umur simpan termasuk dalam kategori penyerap (absorber). Contoh dari adsorben yang dapat memperpanjang umur simpan buah adalah gas etilen adsorber yang berbentuk *sachet* dengan bahan reaksi (reagents) seperti KMnO₄. Etilen adsorber dapat digunakan untuk menghilangkan maupun mengurangi konsentrasi gas etilen (Rahmah, 2021). Beberapa penelitian telah mengkaji penggunaan *ethylene adsorber* untuk mempertahankan umur simpan buah. Gas etilen (C₂H₄) dapat dioksidasi oleh kalium permanganat (KMnO₄), karena kalium permanganat (KMnO₄) memecah ikatan rangkap yang ada pada senyawa gas etilen (C₂H₄) menjadi bentuk gas etilen glikol dan mangan dioksida (Napitupulu, 2013).

2.2.12 Proses Oksidasi Gas etilen (C₂H₄) dengan Adsorben Karbon Aktif Teraktivasi Kalium Permanganat (KMnO₄)

Oksidasi adalah reaksi yang mengalami peningkatan bilangan oksidasi dan penurunan atau penghilangan satu atau lebih elektron dalam suatu zat. Proses oksidasi digambarkan melalui reaksi yang terjadi antara dua reaktan yaitu A dan B yang akan menghasilkan produk C dengan laju yang dipengaruhi oleh suatu koefisien. Gambaran proses oksidasi yang terjadi dapat dilihat pada persamaan berikut:



Dimana reaktan A merupakan gas etilen (C₂H₄) dan B adalah kalium permanganat (KMnO₄). KMnO₄ sebagai pengoksidasi dapat bereaksi atau mengikat C₂H₄ dengan cara memecah ikatan rangkap yang ada pada senyawa etilen. Reaksi oksidasi inilah yang dapat mengikat dan menurunkan konsentrasi etilen selama pengujian efektivitas adsorben pengoksidasi etilen. KMnO₄ bereaksi dengan cara memecah ikatan rangkap pada senyawa etilen sehingga terbentuk senyawa etilen glikol dan mangan dioksida. Kedua senyawa baru yang terbentuk memiliki sifat yang berbeda dengan etilen. Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut:



2.3 Hipotesis

Dugaan sementara yang dapat diambil dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Karakteristik karbon aktif pada ukuran 100 *mesh* yang tidak teraktivasi dan yang teraktivasi KMnO₄ 5% dan 10% yang berupa kadar air, kadar abu, daya serap iodin sesuai dengan standar SNI 06-3730-1995 karbon aktif.
2. Karakteristik karbon aktif pada ukuran 200 *mesh* yang tidak teraktivasi dan yang teraktivasi KMnO₄ 5% dan 10% yang berupa kadar air, kadar abu, daya serap iodin sesuai dengan standar SNI 06-3730-1995 karbon aktif.
3. Karakteristik karbon aktif ukuran 100 dan 200 *mesh* tanpa aktivasi memiliki gugus fungsi karbon tanpa aktivasi memiliki kandungan oksigen yang lebih kecil di bandingkan karbon aktif teraktivasi KMnO₄ 5% dan 10% yang mengandung gugus fungsi oksigen seperti –OH, C=O, dan C-O dengan efek adsorbansinya yang lebih besar, morfologi struktur permukaan pori mikropori dengan ukuran dibawah 5µm yang akan semakin mengecil seiring dengan bertambahnya konsentrasi aktivator KMnO₄ dan unsur penyusun karbon C meningkat seiring dengan penambahan konsentrasi aktivator KMnO₄.

4. Kemampuan adsorben karbon aktif dalam menjerap gas etilen (C_2H_4) bertambah jika terjadi peningkatan konsentrasi aktivator $KMnO_4$.
5. Kemampuan adsorben karbon aktif dalam menjerap gas etilen (C_2H_4) bertambah jika meningkatnya berat adsorben karbon aktif.