

## BAB I

### PENDAHULUAN

#### A. Latar Belakang

Sampah merupakan salah satu sumber masalah terbesar di Indonesia. Berat timbunan sampah di Indonesia secara nasional mencapai 200 ribu ton per hari atau setara dengan 73 juta ton per tahun. Sampah yang dihasilkan per individu setiap harinya sebesar 0,8 kilogram. Jumlah timbunan sampah rata-rata harian di kota metropolitan, di mana jumlah penduduknya lebih dari 1 juta jiwa dan kota besar yang jumlah penduduknya 500 ribu sampai 1 juta jiwa, masing-masingnya adalah 1.300 ton dan 480 ton. Berbagai cara telah dilakukan oleh Pemerintah untuk mengatasi masalah tersebut salah satunya melalui perancangan Undang-Undang Nomor 18 Tahun 2008 tentang Pengelolaan Sampah. Pada pasal 20 ayat 2 menyatakan bahwa Pemerintah akan memfasilitasi penerapan teknologi yang ramah lingkungan salah satunya dengan membangun Pembangkit Listrik Tenaga Sampah (PLTSA).

Pembangkit Listrik tenaga sampah (PLTSA) adalah sebuah fasilitas pembangkitan listrik berkapasitas 7MW yang menggunakan sampah sebagai bahan bakarnya. Pembangkit listrik tenaga sampah (PLTSA) dengan teknologi fermentasi metana dilakukan dengan metode sanitary landfill yang akan menghasilkan produk sampingan dari proses dekomposisi dari timbunan sampah yang terdiri dari unsur 50% metana ( $\text{CH}_4$ ), 50% karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ), dan <1% non-methane organic compound (NMOCs).

Gas karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ) yang berasal dari hasil pembakaran Pembangkit Listrik tenaga sampah (PLTSA) akan meningkatkan kadar  $\text{CO}_2$ , sehingga udara tercemar. Apabila kadar  $\text{CO}_2$  di udara terus meningkat dan melebihi batas toleransi yaitu melebihi 0,0035% serta tidak segera diubah oleh tumbuhan menjadi oksigen, maka dapat menyebabkan terbentuknya gas rumah kaca yang efeknya akan meningkatkan pemanasan global suhu bumi (Global warming). Hal tersebut terjadi karena sebagian sinar matahari yang masuk ke bumi dipantulkan keluar angkasa. Karena tertahan oleh adanya rumah kaca, maka sinar

tersebut tetap berada dipermukaan bumidan akan meningkatkan suhu bumi.Pemanasan global ini dapat mengakibatkan bahaya kekeringan yan hebat yan mengganggu manusia dan mencairnya es dikutub utara.

Metana(CH<sub>4</sub>) adalah salah satu gas rumah kaca.Metana(CH<sub>4</sub>)terbentuk dekat permukaan bumi,terutama karena aktivitas mikroorganisme(dilakukan oleh bakterimetanogen.Gas ini kemudian terbawa ke strosfer oleh udara yang naik di iklim tropis. Karena banyaknya aktivitas manusia yang menghasilkan metana sehingga menyebabkan metana(CH<sub>4</sub>) menjadisalah satu ggasrumah kaca yangdapat menyebabkan pemanasan global.Metana di atmosfer bumi merupakan salah satu merupakan salah satu gas rumah kaca yang utama,dengan potensi pemanasan global 25kali lebih besar daripada CO<sub>2</sub>dalam periode 100 tahun.

Non-metahane organic compound(NMOCs) adalahsenyawa organic(Senyawa yang mengandung karbon),terjadi secara alami dari proses kimia sintetis.NMOCs paling sering ditemukan di tempat pembungan sampah termasuk acrylonitrite,benzene,1,1-dikholoroetana,dikloroetilen,1,2-cis,diklrometana,toluen e,trichloroethylene,vinilklorida,dan xilena.

Pisang kepok merupakan komoditas sumber daya alam tersebar di Indonesia sehingga limbah dari kulit pisang ini mampu menyebabkan pencemaran lingkungan.Kulit pisang kapok mengandung karena kandungan kulit pisang kapok sangat baik dan mampu mengurangi pencemaran lingkungan dari limbah sisa pembakaran Pembangkit listrik tenaga sampah(PLTSa),maka kami membuat karya tulis ilmiah ini dengan judul “Pemanfaatan kulit pisang kapok dalam menanggulangi limbah sisa pembakaran pembangkit listrik tenaga sampah(PLTSa).

## B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut, adapun rumusan masalah penelitian ini adalah:

1. Apa saja kandungan dalam pisang kepok (*Musa ascuminata* L.) yang dapat digunakan dalam menanggulangi limbah pembakaran PLTSa?

2. Bagaimanakah cara pemanfaatan pisang kepok (*Musa ascuminata* L.) untuk menanggulangi limbah pembakaran PLTSa?
3. Apa keunggulan dari pisang kepok (*Musa ascuminata* L.) dalam menanggulangi limbah pembakaran PLTSa dibanding yang lainnya?

#### C. Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Untuk mengetahui kandungan dalam pisang kepok (*Musa ascuminata* L.) yang dapat digunakan dalam menanggulangi limbah pembakaran PLTSa
2. Untuk mengetahui cara pemanfaatan pisang kepok (*Musa ascuminata* L.) untuk menanggulangi limbah pembakaran PLTSa
3. Untuk mengetahui keunggulan dari pisang kepok (*Musa ascuminata* L.) dalam menanggulangi limbah pembakaran PLTSa dibanding yang lainnya

#### D. Manfaat

Manfaat dari penelitian ini adalah untuk membuat suatu inovasi yang dapat mengurangi pencemaran lingkungan dengan pemanfaatan teknologi industry 4.0.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### A. Sampah

Secara umum masyarakat mengenal sampah sebagai sesuatu benda yang dihasilkan dari berbagai benda yang telah digunakan dan tidak diperlukan lagi oleh manusia. Sampah adalah barang yang dianggap sudah tidak terpakai dan dibuang oleh pemilik/pemakai sebelumnya, tetapi bagi sebagian orang masih bisa dipakai jika dikelola dengan prosedur yang benar (Nugroho, P. 2013). Sampah adalah sebagian dari sesuatu yang tidak dipakai, tidak disenangi atau sesuatu yang harus dibuang yang umumnya berasal dari kegiatan yang dilakukan oleh manusia (termasuk kegiatan industri), tetapi bukan biologis karena (*human waste*) tidak termasuk di dalamnya (Azwar A, 1979).

Sampah adalah sesuatu yang tidak digunakan, tidak dipakai, tidak disenangi, atau sesuatu yang dibuang yang berasal dari kegiatan manusia dan tidak terjadi dengan sendirinya. Berdasarkan rumusan pengertian dan pendapat diatas, maka dapat disimpulkan bahwa yang dimaksud dengan sampah ialah semua jenis benda atau barang bangunan/kotoran manusia, hewan atau tumbuh-tumbuhan atau yang berasal dari aktivitas kehidupan manusia dalam memenuhi kebutuhan hidupnya yang dapat menimbulkan dan atau mengakibatkan pengotoran terhadap air, tanah dan udara sehingga dapat menimbulkan pengrusakan lingkungan hidup manusia. (Mochtar, M. 1987)

Penumpukan sampah disebabkan oleh beberapa faktor, di antaranya adalah volume sampah yang sangat besar sehingga melebihi kapasitas daya tampung tempat pembuangan sampah akhir (TPA). Pengelolaan sampah yang terjadi selama ini dirasakan tidak memberikan dampak positif kepada lingkungan serta kurangnya dukungan kebijakan dari pemerintah.

Berdasarkan sifat kimianya, sampah dibagi menjadi dua jenis yaitu:

1. Sampah Organik, terdiri dari bahan-bahan penyusun tumbuhan dan hewan yang berasal dari alam.

2. Sampah Anorganik, berasal dari sumber daya alam tak terbarui seperti mineral dan minyak bumi, atau dari proses industri.

Berdasarkan sifat fisiknya, sampah dibagi menjadi dua jenis yaitu:

1. Sampah Basah, yaitu sampah yang terdiri dari bahan organik dan mempunyai sifat mudah membusuk.
2. Sampah Kering, yaitu sampah yang tersusun dari bahan organik dan bahan anorganik, sifatnya lambat atau tidak membusuk dan dapat dibakar.  
(Damanhuri, E. 2010)

Jenis sampah dapat digolongkan sebagai berikut: Di lihat dari asal zat-zat yang dikandungnya yaitu sampah organik (sisa sayur, sisa buah) dan sampah nonorganik (kaca, plastik); Sumber sampah yaitu sampah rumah tangga (sisa makanan), sampah industri (limbah industri), dan sampah makhluk hidup (tinja). Sifat sampah beraneka ragam tergantung jenisnya yaitu antara lain: Sampah lapuk (sisa makanan); Sampah tak mudah lapuk (kayu, kaleng) yang terdiri dari sampah lapuk yang mudah terbakar (kayu, kertas) dan sampah lapuk yang sulit terbakar (besi, kaleng); Sampah sulit lapuk (plastik, kaca).  
(Eddi,S. 2014)

Penggolongan macam-macam sampah adalah sebagai berikut: Penggolongan sampah berdasarkan asalnya (Sampah dari hasil kegiatan rumah tangga. Termasuk dalam hal ini adalah sampah dari asrama, rumah sakit, hotel-hotel dan kantor); Sampah dari hasil kegiatan industri/pabrik; Sampah dari hasil kegiatan pertanian (limbah hasil-hasil pertanian). Kegiatan pertanian meliputi perkebunan, kehutanan, perikanan, dan peternakan; Sampah dari hasil kegiatan perdagangan, misalnya sampah pasar, sampah toko; Sampah dari hasil kegiatan pembangunan; Sampah jalan raya. (Hadiwiyoto,S. 1983).

Sampah digolongkan dalam 4 (empat) kelompok antara lain meliputi:

1. *Human excreta*, merupakan bahan buangan yang dikeluarkan dari tubuh manusia, meliputi tinja (*faeces*), dan air kencing (*urine*).
2. *Sewage*, merupakan air limbah yang di buang oleh pabrik maupun rumah tangga, contohnya adalah air bekas cucian pakaian yang masih mengandung larutan deterjen.

3. *Refuse*, merupakan bahan pada sisa proses industri atau hasil sampingan kegiatan rumah tangga. *Refuse* dalam kehidupan sehari-hari di sebut sampah. Contoh : panci bekas, kertas bekas pembungkus bumbu dapur, sendok kayu yang sudah tidak di pakai lagi dan dibuang, sisa sayuran, nasi basi, daun-daun tanaman, dan masih banyak lagi.
4. *Industrial waste*, merupakan bahan-bahan buangan dari sisa-sisa proses industri (Damanhuri, E. 2010).

#### B. PLTSa (Pembangkit Listrik Tenaga Sampah)

Pembangkit listrik tenaga sampah merupakan pembangkit listrik yang memanfaatkan sampah sebagai bahan bakar. Sampah ini nantinya akan digunakan untuk memanaskan air dalam boiler. Uap panas yang dihasilkan boiler ini dimasukan ke turbin uap yang akan memutar generator sehingga menghasilkan energi listrik.

Ada beberapa tahapan dalam proses PLTSa yaitu:

1. Sampah dari TPS diangkut oleh truk-truk pengangkut sampah ke PLTSa. Truk yang tiba akan ditimbang terlebih dahulu sebelum membuang sampah ke bunker sampah. Truk kosong yang keluar dari bunker sampah juga ditimbang agar diketahui berat bersih sampah yang dibuang ke dalam bunker berdinding beton. Ruang bongkar sampah ini merupakan ruangan tertutup dan udara dalam ruangan dihisap oleh kipas udara sehingga bau sampah tidak menyebar keluar ruangan tetapi terhisap kipas udara dan selanjutnya disalurkan ke tungku pembakaran. Dimensi bunker harus dapat menampung kebutuhan sampah 5-10 hari. Sampah basah didalam bunker ditiriskan 3-5 hari, kemudian air lindi disalurkan ke IPAL supaya tidak mencemari lingkungan sekitar. Sampah yang sudah didiamkan beberapa hari mempunyai nilai kalor 800-1400 kkal/kg dan kadar air 50-60 %.
2. Sampah yang sudah mengering ini kemudian diangkut ke tungku pembakaran dengan grabber yang terpasang pada overhead traveling crane yang dikendalikan dari jarak jauh dari ruang kendali. Sampah dari grabber

dijatuhkan sedikit demi sedikit kedalam hopper tungku, sampah kemudian dimasukkan ke dalam tungku pembakaran melalui mekanisme pemasukan sampah pada tungku. Tungku dirancang agar sampah dapat terbakar pada suhu 8500 -9000C dalam waktu yang lama sehingga seluruh sampah dapat terbakar sempurna serta menghilangkan gasgas beracun yang terbentuk seperti dioksin dan furan. Pada saat awal pembakaran diperlukan bahan bakar pembantu seperti minyak bakar, gas atau batu bara. Sisa pembakaran berupa abu bawah (*Bottom Ash*) dikeluarkan secara otomatis dan dikumpulkan sebelum diangkut untuk dimanfaatkan lebih lanjut, debu yang dihasilkan dari sisa pembakaran 20% dari berat sampah awal.

3. Gas panas hasil pembakaran kemudian dimanfaatkan untuk menguapkan air yang berada pada pipa-pipa ketel (Boiller). Saluran gas panas dari tungku diatur agar temperatur gas panas ketika mengenai boiller tidak tertalu tinggi. Demikian juga tekanan dan temperatur uap di dalam pipa diatur agar perbedaan temperatur antara gas panas dan uap air tidak menyebabkan pengembunan gas pada pipa-pipa boiller yang berakibat korosi pada pipa-pipa boiller. Pipa-pipa boiller dilengkapi dengan penyemprot gas asitilen untuk menghilangkan kerak pada pipa-pipa boiller.
4. Uap bertemperatur dan bertekanan tinggi yang dihasilkan, digunakan untuk memutar turbin yang terhubung dengan generator pembangkit listrik. Jumlah air yang diperlukan untuk memutar turbin dan menghasilkan listrik bergantung pada karakteristik turbin yang dihasilkan. Uap yang dihasilkan tidak langsung dibuang tetapi diembunkan di kondensor, dan dialirkan kembali ke ketel. Meskipun air disirkulasikan kembali, diperlukan penambahan air ketel sebesar 10-15% untuk mengkompensasi kebocoran uap yang terjadi.
5. Setelah panasnya dimanfaatkan untuk membangkitkan uap gas hasil pembakaran dialirkan ke pengolah gas buang untuk menghilangkan gas-gas asam seperti Sox, HCL, NOx, logam berat dan dioksin. Gas bertemperatur rendah yang keluar dari alat penghilang gas asam kemudian dilewatkan penyaring debu. Penyaring debu dapat berupa penyaring debu biasa atau

dikombinasi dengan electrostatic precipitator (EP). Perlu dilengkapi juga alat katalis penghilang NOx dan penghilang dioxin.

### C. Pisang Kepok

Pisang kepok merupakan jenis pisang berkulit tebal dengan nilai komersial yang sangat tinggi sebagai pisang olahan. Pada umumnya terdapat dua buah jenis pisang kepok berdasarkan warna dagingnya, yaitu pisang kepok kunin dan pisang kepok putih. Pisang kepok kuning pada umumnya lebih disukai oleh konsumen dikarenakan kulit buah dan dagingnya yang tebal dan daging buahnya yang akan berwarna kuning bila matang.

Deskripsi morfologi pisang kepok adalah sebagai berikut:

Tinggi rata-rata	3 m
Panjang rata-rata tandan buah	30-60 cm
Jumlah rata-rata sisir per tandan	9-17 sisir
Jumlah rata-rata buah per sisir	10-20 buah
Berat rata-rata per tandan	14-22 kg
Bentuk buah	Berpenampang segitiga, segiempat ataupun bulat.
Daging buah	Berwarna putih kekuningan atau kuning

Dalam 100 gram daging buah pisang kepok terdapat kandungan zat gizi, antara lain:

Kalori	79 kkal
Karbohidrat	21,2 gram
Protein	1,1 gram
Lemak	0,2 gram
Air	75,5 gram

Vitamin A	0,022 gram
Vitamin C	0,0094 gram
Tiamin	0,001 gram
Ribovlavin	0,002 gram

Pisang kepok pada umumnya memiliki jumlah sisir per tandan hingga 17 sisir dengan jumlah buah per sisir antara 13-18 buah dan jumlah buah per tandan antara 150-250 buah. Cita rasa daging buah pisang ini manis dan merupakan pisang olahan varietas utama. Daya simpannya pada suhu kamar mencapai 15-21 hari.

Menurut Herbarium Medanense (2011), klasifikasi pisang kepok, adalah sebagai berikut:

Kingdom	Plantae
Divisi	Magnoliophyta
Class	Liliopsida
Ordo	Musales
Famili	Musaceae
Genus	<i>Musa</i>
Spesies	<i>Musa paradisiaca. L.</i>
Nama Lokal	Pisang Kepok

Kulit pisang kepok sangat berbeda dengan dagingnya yang banyak dimanfaatkan. Kulit pisang kepok biasanya menjadi limbah yang tidak ada harga jualnya. Oleh karena itu penulis melihat peluang dalam pemanfaatan kulit pisang kepok untuk dimanfaatkan dalam menanggulangi limbah pembakaran PLTSa. Menurut Susilawaty et al. (2015), kulit pisang kepok (*Musa acuminata*) merupakan salah satu bahan biomaterial yang dapat menyerap ion logam. Salah satu senyawa yang terkandung dalam kulit pisang kepok yaitu selulosa. Kulit pisang kepok (*Musa acuminata L.*) mengandung

senyawa selulosa sebesar 14,4%. Selulosa sendiri merupakan polimer sederhana yang menyerap bahan-bahan disekelilingnya, sehingga dapat dimanfaatkan sebagai material penyerap bahan berbahaya bagi lingkungan (Nasir, dkk., 2014). Keberadaan selulosa ini yang menyebabkan kulit pisang kepok dapat menyerap ion logam. Ion logam yang bermuatan positif akan terikat oleh gugus hidroksil yang kaya dengan elektron. Limbah kulit pisang kepok dapat menurunkan kadar  $Fe^{2+}$  dalam larutan berair. Kulit pisang kepok juga dapat mengikat ion mangan dalam air sumur (Thuraidah et al., 2015).

### BAB III

#### METODOLOGI PENELITIAN

Uji pendahuluan penelitian ini dimulai dari uji pengaplikasian Pembangkit listrik tenaga sampah(PLTSa) untuk mengetahui kelebihan dan kekurangan yang terdapat pada Pembangkit listrik tenaga sampah(PLTSa) dan dilanjutkan dengan uji kandungan kulit pisang kapok untuk mengetahui kandungan kulit pisang kapok yang dapat digunakan sebagai karbon aktif dalam mengatasi masalah pencemaran lingkungan akibat limbah sisa pembakaran Pembangkit listrik tenaga sampah(PLTSa).

Sampah dapur serta air seni, serta isi septic tank diolah dengan fermentasi gas metana dan diambil biomasnya untuk menghasilkan listrik, lebih lanjut panas yang ditimbulkan juga turut dimanfaatkan. Sedangkan residunya dapat digunakan untuk pembuatan kompos. Karena sampah dapur mengandung air 70–80%, sebelum dibakar, kandungan air tersebut perlu diuapkan. Di sini, dengan pembagian berdasarkan sumber penghasil sampah dapur serta fermentasi gas metana, dapat dihasilkan sumber energi baru dan ditingkatkan efisiensi termal secara total. Pemanfaatan Gas dari Sampah untuk Pembangkit Listrik dengan teknologi fermentasi metana dilakukan dengan metode sanitary landfill yaitu, memanfaatkan gas yang dihasilkan dari sampah (gas sanitary landfill/LFG). Landfill Gas (LFG) adalah produk sampingan dari proses dekomposisi dari timbunan sampah yang terdiri dari unsur 50% metan ( $\text{CH}_4$ ), 50% karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ) dan <1% non-methane organic compound (NMOCs). Jika tidak dikelola dengan baik LFG akan menimbulkan smog (kabut gas beracun), pemanasan global dan kemungkinan terjadi ledakan gas, sistem sanitary landfill dilakukan dengan cara memasukkan sampah kedalam lubang selanjutnya diratakan dan dipadatkan kemudian ditutup dengan tanah yang gembur demikian seterusnya hingga membentuk lapisan-lapisan.

Untuk memanfaatkan gas yang sudah terbentuk, proses selanjutnya adalah memasang pipa-pipa penyalur untuk mengeluarkan gas. Gas selanjutnya dialirkan menuju tabung pemurnian sebelum pada akhirnya dialirkan ke

generator untuk memutar turbin. Gas buang yang dilepaskan ke udara melalui cerobong asap akan dimodifikasi dengan membelokkan cerobong asap ke arah danau. Dalam menanggulangi bahaya akibat limbah sisa pembakaran pembangkit listrik tenaga sampah (PLTSA), penulis menggunakan karbon aktif yang terkandung pada kulit pisang kapok.

Karbon aktif merupakan suatu padatan yang berpori yang mengandung 85 – 95 % karbon, dihasilkan dari bahan-bahan yang mengandung karbon dengan pemanasan pada suhu tinggi sehingga diperoleh luas permukaan yang sangat besar, dimana ukurannya berkisar antara 300 – 2000 m<sup>2</sup> /gr. Luas permukaan yang besar dari struktur dalam pori-pori karbon aktif dapat terus dikembangkan, struktur ini memberikan kemampuan karbon aktif menyerap (adsorb) gas-gas dan uap-uap dari gas dan juga dapat menguraikan zat-zat dari liquid. (Kirk-Othmer, 1992)

Saat ini, arang aktif telah digunakan secara luas dalam industri kimia, makanan/minuman dan farmasi. Pada umumnya arang aktif digunakan sebagai bahan penyerap, dan penjernih. Dalam jumlah kecil digunakan juga sebagai katalisator.

Menurut Standart Industri Indonesia (SII No. 0258-88) yang dikeluarkan oleh Departemen Perindustrian, persyaratan karbon aktif adalah sebagai berikut:

1. Bagian yang hilang pada suhu 9500 C = 25 %
2. Air = 15.
3. Abu = 10 %
4. Bagian yang tidak diperarang = tidak ada
5. daya serap 12 = minimal 20%

(<http://www.dekindo.com/content/teknologi/PembuatanArangAktifDariTempurungKelapa.htm> - LIPI, 1998/1999)

Ada dua bentuk karbon aktif yang diklasifikasikan sesuai dengan sifat dan kegunaannya:

- a. Bentuk powder / serbuk Merupakan bubuk hitam yang biasanya digunakan untuk keperluan adsorpsi dalam fase liquid untuk proses pemurnian larutan.

- b. Bentuk granulat / butiran Tipe granulat tidak hanya efektif untuk proses adsorpsi gas tetapi juga efektif untuk adsorpsi fase liquid. (Kirk Othmer, 1964)

Faktor yang mempengaruhi daya serap arang aktif adalah:

- 1) Sifat fisika dan kimia dari arang antara lain luas permukaannya dan ukuran lubang
- 2) Sifat fisika dan kimia dari adsorbant ( gas / larutan yang akan diberi arang aktif ) antara lain ukuran molekul, muatan molekul susunan komposisi kimia
- 3) Konsentrasi adsorbant dalam fase liquid
- 4) Sifat karakteristik dalam keadaan liquid antara lain pH dan temperatur
- 5) Waktu tinggal ( Cheremisinoff, 1978)

Proses Karbonisasi

Karbonisasi adalah pemecahan atau penguraian selulosa menjadi karbon karena pemanasan pada suhu berkisar 275o C. Pelepasan bahan “volatile” atau devolatilasi dalam karbonisasi kulit pisang dapat dibagi menjadi beberapa fase,yaitu:

1. Fase pemanasan awal (20o C-120o C) Pada suhu ini kandungan air bahan mulai terlepas dan terbentuk karbon monoksida (CO) dan karbon dioksida (CO<sub>2</sub>).
2. Fase pengeringan (120o C-200o C) Pada suhu ini air yang teradsorpsi oleh partikel kulit pisang akan terdesak keluar. Pembentukan karbon monoksida (CO) dan karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) masih berlanjut, bahan volatile yang keluar masih banyak.
3. Fase karbonisasi awal (200o C-400o C) Sampai dengan suhu 280o C, tar yang terbentuk mulai banyak, demikian juga gas-gas hydrogen, metana dan hidrokarbon lainnya, seperti methanol, fenol, asam asetat, ammonia, aseton dan sejumlah kecil karbon monoksida dan karbon dioksida.
4. Fase karbonisasi utama (400o C-520o C) Dengan naiknya suhu, jumlah bahan volatile yang dihasilkan akan semakin banyak. Produk utama yang

berupa gas adalah CH<sub>4</sub>, H dan CO. Tar yang terbentuk jumlahnya lebih sedikit dari fase sebelumnya. Kadar O dan H dalam residu akan berkurang.

5. Fase Past Karbonisasi (520o C-700o C) Pada fase ini terjadi perengkahan sekunder pada bahan-bahan volatile yang dihasilkan (Widodo,M, 2008).

Proses pembuatan karbon aktif ada dua tahap yaitu proses karbonisasi dan proses aktivasi. Proses karbonisasi atau pengarangan dilakukan dengan membakar bahan baku dalam situasi yang kurang oksigen. Karbonisasi sangat dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu:

1. Waktu karbonisasi Bila waktu pemanasan diperpanjang maka reaksi pirolisis makin sempurna sehingga hasil arang semakin turun tapi cairan dangas meningkat. Waktu pemanasan berbeda-beda tergantung pada jenis bahan yang diolah misalnya kulit pisang memerlukan waktu 2 jam.
2. Suhu pemanasan Pada suhu 100-200o C akan terjadi reaksi endotermis yang mengakibatkan terurainya bahan organik yang mudah menguap selanjutnya pada 225- 275o C akan menjadi reaksi eksotermis sehingga lignoselulosa akan terurai. Semakin tinggi suhu, arang yang diperoleh semakin berkurang sedangkan gas yang dihasilkan semakin meningkat. Hal ini disebabkan makin banyaknya zat-zat terurai dan teruapkan.
3. Kadar air Bila kadar air dalam bahan tinggi, pembakaran berjalan kurang baik dan bara yang terbentuk mudah mati sehingga memerlukan waktu yang semakin panjang. Hal ini disebabkan karena uap yang dihilangkan semakin banyak
4. Ukuran bahan Ukuran bahan berpengaruh sekali pada perataan panas. Makin kecil ukuran bahan makin cepat perataan keseluruhan umpan sehingga pirolisis berjalan lebih sempurna. Proses aktivasi yaitu proses membuka pori-pori agar arang menjadi luas biasanya dengan menggunakan uap air atau melalui proses kimia seperti ZnCl<sub>2</sub>, CaCl<sub>2</sub>, NaCl.

Menurut Arindyah Kusmartanti pada penelitiannya Pengaruh Suhu Terhadap Penurunan Kadar Abu Tepung Beras Dengan Menggunakan Alat Furnace, menyimpulkan bahwa semakin tinggi suhu pemanasan maka semakin kecil pula kadar abu yang dihasilkan (Arindyah Kusmartanti.2007). Dimana

pada jurnal Pemanfaatan Kulit Kemiri Untuk Pembuatan Arang Aktif Dengan Cara Pirolisis oleh Sutiyono,dkk, juga menyatakan bahwa dalam pengarangan, semakin lama waktu yang digunakan akan menyebabkan bahan menjadi arang yang kemudian berubah menjadi abu. Abu ini berwarna keabu-abuan yang banyak sedikitnya dipengaruhi oleh waktu proses pengarangan. Dengan demikian waktu pengarangan itu akan berpengaruh pada arang yang akan dihasilkan, semakin lama waktu yang digunakan maka semakin berkurang arang yang dihasilkan. (Sutiyono,dkk.2006)

#### II.4 Proses Aktivasi

Pengaktifan karbon aktif merupakan hasil kerja aktifator yang memberikan ion-ion dan menyerap ke dalam bahan baku sampai menjadi karbon aktif. Metode aktivasi ada 2 macam yaitu:

- a) Aktivasi secara fisika Aktivasi secara fisika dilakukan dengan memasukkan bahan baku pada reaktor suhu tinggi ( 600 – 1000 o C ) dan proses ini terjadi saat karbon bereaksi dengan uap air / udara dimana akan dihasilkan oksida karbon yang tersebar pada permukaan karbon secara merata. Terbentuknya struktur pori di dalam material karbon tersebut merupakan hasil kerja aktifator. Reaksi mulamula pada karbon amorf dan menyebabkan pori yang tertutup akan terbuka. Proses oksidasi lebih jauh menyebabkan pori-pori terbentuk semakin banyak dalam material karbon
- b) Aktivasi secara kimia Aktivasi secara kimia dilakukan dengan pengisian bahan kimia seperti  $ZnCl_2$ ,  $CaCl_2$ ,  $H_2SO_4$ , dan  $NaOH$ . Prinsip kerjanya adalah pengikisan karbon menggunakan bahan kimia untuk mengintensifkan proses aktivasi tersebut dapat dilakukan dengan pemanasan. Pada cara ini activating yang digunakan reagen sebagai bahan kimia dimana sebelum proses karbonisasi dilakukan, dengan demikian cara aktivasi kimia ini lebih mudah dilakukan. Mutu arang aktif yang dihasilkan tergantung dari bahan baku, bahan pengaktif, dan cara pembuatannya. Untuk menaikkan aktivasi daya adsorpsi arang banyak digunakan bahan

kimia. Menurut Othmer, 1940, bahan kimia yang baik digunakan adalah  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ,  $\text{CaCl}_2$ ,  $\text{HNO}_3$ ,  $\text{ZnCl}_2$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , dll. (Jeanette M, dkk, 1996)

Dalam penelitian, digunakan beberapa aktifator antara lain:

a)  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (Asam Sulfat) Asam sulfat,  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , merupakan asam mineral (anorganik) yang kuat. Zat ini larut dalam air pada semua perbandingan. Asam sulfat mempunyai banyak kegunaan dan merupakan salah satu produk utama industri kimia. Kegunaan utamanya termasuk pemrosesan bijih mineral, sintesis kimia, pemrosesan air limbah dan pengilangan minyak. Asam sulfat murni yang tidak diencerkan tidak dapat ditemukan secara alami di bumi oleh karena sifatnya yang higroskopis. Rumus Molekul :  $\text{H}_2\text{SO}_4$  Massa molar : 98,08 gr/mol

b) Sifat Fisik : cairan bening, tak berwarna, dan tak berbau Densitas : 1,84g/cm<sup>3</sup> , cair Kelarutan dalam air : tercampur penuh (Anonim. 2012).

Menurut penelitian Pembuatan Karbon Aktif dari Tanah Gambut oleh Sani, menyimpulkan bahwa hasil optimum pengujian daya serap pada konsentrasi larutan  $\text{H}_2\text{SO}_4$  2N. (Sani,2011) b) KOH (Kalium Hidroksida) Kalium hidroksida adalah senyawa anorganik dengan rumus KOH. Seiring dengan natrium hidroksida, padat berwarna ini adalah prototipe "basa kuat". Ini memiliki banyak industri dan aplikasi niche. Kebanyakan aplikasi mengeksploitasi reaktivitas terhadap asam dan bersifat korosif. (Anonim.2012).

Kualitas karbon aktif dengan activator HCl lebih baik dibandingkan karbon aktif dengan aktivator KOH (dengan konsentrasi yang sama 2,5 M). Hal ini dikarenakan asam kuat memiliki struktur pori yang lebih kecil di bandingkan basa kuat yang mengakibatkan luas permukaan semakin besar sehingga daya serap juga semakin besar. (Nurul Kurniati, 2011) Sedangkan Siti Salamah pada Pembuatan Karbon Aktif Dari Kulit Buah Mahoni Dengan Perlakuan Perendaman Dalam Larutan KOH, menyimpulkan dari hasil penelitian untuk pengujian daya serap didapatkan hasil optimum pada konsentrasi larutan KOH 3N. (Siti Salamah,2008)

c)  $\text{ZnCl}_2$  (Zinc Clorida) Zinc clorida juga merupakan zat pengaktif selain pengaktif diatas. Zinc clorida juga merupakan aktivator yang terbaik. Senyawa

ini bersifat molekuler dan Zinc clorida digunakan sebagai katalis, zat penghidrasi fluks untuk solder keras, pengawetan materi organic dan sebagai bahan berwarna karena mudah terserap dalam materi organic. Anhydrous Zinc clorida dapat dibuat dengan reaksi logam dengan chlorine atau chloride biasanya dijual 47,7% (spesifik gravity 1,53) larutan, tetapi biasanya diproduksi lebih jauh dalam solid.

d) Sifat-sifat dari zinc klorida adalah sebagai berikut:

- Berbentuk kristal putih
- Titik leleh 290o C
- Titik didih 732o C

(Anonim.2012).

Menurut peneliti Sani pada Pembuatan Karbon Aktif Dari Tanah Gambut, penentuan konsentrasi aktifator dan waktu aktivasi memegang peranan penting dalam proses aktivasi. Pada hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai daya serap karbon aktif meningkat seiring dengan meningkatnya jumlah konsentrasi dari aktifator. Hal ini menunjukkan bahwa penambahan aktifator, cenderung dapat mengikat zat-zat volatile yang masih tertinggal dan menutupi sebagian dari pori-pori arang selama proses karbonisasi dan mendorongnya keluar melewati mikro pori-pori. Waktu aktivasi juga memegang peranan penting dalam proses aktivasi. Jika waktu yang dibutuhkan terlalu sebentar dikhawatirkan bahan aktifator tidak terlepas sempurna dari karbon aktif. Sedangkan jika terlalu lama maka struktur karbon aktif bisa rusak. Peningkatan waktu aktifasi juga mempengaruhi daya serap dari karbon aktif. Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin lama waktu aktivasi, daya serap terhadap Iodine cenderung semakin tinggi. (Sani,2011) .

Adsorbsi adalah peristiwa penyerapan-penyerapan molekul solute di antara partikel pada permukaan adsorben. Proses adsorbsi dapat terjadi karena adanya gaya tarik menarik atom / molekul pada permukaan adsorben yang tidak seimbang. Gaya yang menggerakkan terjadinya adsorbsi adalah kombinasi dari faktor:

1. Afinitas adsorbat terhadap pelarut

2. Afinitas adsorbat terhadap adsorben Adsorpsi pada umumnya terjadi pada suhu rendah dan makin tinggi suhunya maka tingkat penyerapannya semakin kecil. Daya adsorpsi karbon aktif dapat terjadi karena:
  - a. Adanya pori-pori yang sangat banyak sehingga dapat menimbulkan gaya kapiler yang menyebabkan timbulnya daya serap
  - b. Permukaan yang luas dari arang aktif
  - c. Pada kondisi yang bervariasi yang mempunyai daya serap pada permukaan yang aktif saja karena permukaan arang aktif bersifat heterogen
  - d. Sifat fisika dan kimia adsorbent antara lain: ukuran permukaan, ukuran pori-pori, komposisi kimia
  - e. Konsentrasi dari adsorbent f. Sifat fase cair seperti pH dan suhu g. Lamanya proses adsorpsi berlangsung (Bakti,1998)

Adsorpsi ada 2 macam:

1. Physisorption (adsorpsi fisika) Terjadi ketika gaya tarik molekul antara larutan dan permukaan media lebih besar daripada gaya tarik substansi terlarut dan larutan, maka substansi terlarut akan diadsorpsi oleh permukaan media. Contoh : Adsorpsi oleh karbon aktif. Aktivasi karbon aktif pada temperatur yang tinggi akan menghasilkan struktur berpori dan luas permukaan adsorpsi yang besar. Semakin besar luas permukaan, maka semakin banyak substansi terlarut yang melekat pada permukaan media adsorpsi.
2. Chemisorption (adsorpsi kimia) Chemisorption terjadi ketika terbentuknya ikatan kimia antara substansi terlarut dalam larutan dengan molekul dalam media. Contoh : Ion exchange Adsorbat  $\rightleftharpoons$  substansi yang akan disisihkan Adsorben  $\rightleftharpoons$  padatan dimana di permukaannya terjadi pengumpulan substansi yang disisihkan. (Atkins, P.W., 1997)

Secara umum, faktor-faktor yang mempengaruhi proses adsorpsi adalah sebagai berikut:

- Luas permukaan Semakin luas permukaan adsorben, maka makin banyak zat yang teradsorpsi. Luas permukaan adsorben ditentukan oleh ukuran partikel dan jumlah dari adsorben
- Jenis adsorbat o Peningkatan berat molekul adsorbat dapat meningkatkan kemampuan adsorpsi o Adsorbat dengan rantai yang bercabang biasanya lebih mudah diadsorb dibandingkan rantai yang lurus.
- Struktur molekul adsorbat Hidroksil dan amino mengakibatkan mengurangi kemampuan penyisihan sedangkan Nitrogen meningkatkan kemampuan penyisihan
- Konsentrasi Adsorbat semakin besar konsentrasi adsorbat dalam larutan maka semakin banyak jumlah substansi yang terkumpul pada permukaan adsorben
- Temperatur o pemanasan atau pengaktifan adsorben akan meningkatkan daya serap adsorben terhadap adsorbat menyebabkan pori-pori adsorben lebih terbuka o pemanasan yang terlalu tinggi menyebabkan rusaknya adsorben sehingga kemampuan penyerapannya menurun • pH pH larutan mempengaruhi kelarutan ion logam, aktivitas gugus fungsi pada biosorben dan kompetisi ion logam dalam proses adsorpsi
- Waktu Kontak Penentuan waktu kontak yang menghasilkan kapasitas adsorpsi maksimum terjadi pada waktu kesetimbangan.

( Wawan Junaidi.2009)

II.6 Mekanisme Reaksi Karbon dihasilkan dari pembakaran selulosa dari kulit pisang yang tidak sempurna. Secara umum reaksinya dapat ditulis sebagai berikut : Pembakaran tidak sempurna akan menghasilkan CO, H<sub>2</sub>O dan C. Unsur C ini yang dihasilkan selanjutnya diaktifasi. Yang dimaksud dengan aktifasi adalah suatu perlakuan terhadap arang yang bertujuan untuk memperbesar pori-pori yang tertutup sehingga memperbesar daya serapnya. Mekanisme reaksi aktivasi: Arang H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> OH O CH<sub>2</sub>OH OH OH O OH HO S O OH O H<sub>2</sub>O O CH<sub>2</sub>OH OH OH O O S O O OH H<sub>2</sub>OH OH O O Arang Aktif OH O CH<sub>2</sub>OH OH OH O Cl Cl Zn Cl<sub>2</sub>O OH O CH<sub>2</sub>OH OH OH O Arang

Aktif Zn OH O H<sub>2</sub>OH OH O O Arang ZnCl<sub>2</sub>. Prinsip dasar mekanisme adsorpsi yaitu campuran yang akan dipisahkan berkontak dengan fase yang tak larut lainnya antara fase adsorpsi pada permukaan padat dan lapisan fluida akan terjadi pemisahan. Proses pemisahan terjadi akibat perbedaan molekul atau perbedaan berat molekul. Proses regenerasi dari adsorbent dapat pula dilakukan untuk mendapatkan konsentrasi adsorbat yang tinggi. (Sri Sulastri,2005)

#### II.7 Landasan teori Faktor yang mempengaruhi aktivasi:

1. Waktu perendaman Perendaman dengan bahan aktivasi dimaksudkan untuk menghilangkan atau membatasi pembentukan lignin karena adanya lignin dapat membentuk senyawa tar. Senyawa tar ini yang menutup pori-pori sehingga mengurangi daya serap karbon aktif.
2. Kadar atau konsentrasi larutan kimia Semakin tinggi konsentrasi larutan kimia aktivasi maka semakin kuat pengaruhnya larutan kimia tersebut mengikat senyawa-senyawa tar sisa karbonisasi untuk keluar melewati mikro pori-pori dari karbon sehingga permukaan karbon semakin porous, dimana mengakibatkan semakin besar daya adsorpsi karbon aktif tersebut. Tetapi daya adsorpsi karbon aktif cenderung mengalami penurunan saat konsentrasi kimia aktivasi mengalami penurunan terlalu tingginya konsentrasi larutan aktivasi mengakibatkan terlalu cepatnya transfer massa larutan kimia aktivasi yang mengikat sisa tar untuk keluar dari mikro poripori karbon sehingga sisa-sisa tar mengumpul pada permukaan mikro poripori karbon yang akibatnya menurunkan daya adsorpsi karbon aktif.
3. Ukuran bahan baku Semakin kecil ukuran bahan baku yang diaktifkan maka akan semakin baik karbon aktif yang dihasilkan karena luas kontak antara bahan baku dengan larutan aktivasi semakin besar.
4. Suhu dan lama aktivasi Suhu dan lama aktivasi untuk tiap jenis bahan baku berbeda satu dengan yang lain. Pada bahan baku ampas tebu digunakan 250o C, pada aktivasi arang sekam padi suhu optimum didapatkan pada suhu 250o

Menurut penelitian dari Corneliuss aktivasi diatas 30 menit tidak optimum karena semakin lama aktivasi yang dilakukan semakin berkurang jumlah karbon yang terbentuk. (Cornelius, 1997) II.8 Hipotesis Kulit pisang sebagai salah satu limbah yang jarang dimanfaatkan, dimana kulit pisang tersebut dapat diolah kembali dengan cara karbonisasi sehingga menghasilkan arang aktif. Dengan menggunakan waktu perendaman dan jenis aktifator pada kondisi yang dijalankan agar mendapatkan karbon aktif terbaik dengan daya serap yang maksimal.

Bahan-bahan Yang Diperlukan Untuk proses aktivasi, diperlukan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, KOH, dan ZnCl<sub>2</sub> (masingmasing 2N) dan aquadest sebagai penetralisir. Kondisi Yang Ditetapkan Suhu pirolisis : 4000 C Waktu karbonisasi : 1,5 jam Ukuran karbon aktif : 100 mesh Hak Cipta Berat karbon aktif : 60 gram Konsentrasi aktifator (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, KOH, dan ZnCl<sub>2</sub>) : 2 N Volume aktifator : 300 ml

III.4.2 Kondisi Yang Dikerjakan Jenis Aktifator : H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, KOH, dan ZnCl<sub>2</sub>  
Waktu perendaman aktifator (jam) : ½ , 1, 1 ½ , 2, 2 ½

### III.5.1 Prosedure Kerja

1. Kulit pisang dipotong-potong ± 3cm, kemudian dijemur di bawah sinar matahari hingga kering udara.
2. Kulit pisang tersebut dikarbonisasi pada suhu 4000 C dalam ± 1,5 jam dengan sedikit udara sampai terbentuk karbon yang ditandai dengan terbentuknya asap.
3. Kulit pisang tersebut ditumbuk halus dan usahakan ukurannya seragam.
4. Setelah ditumbuk, direndam dengan beberapa jenis aktifator.
5. Setelah itu powder karbon aktif tersebut dikeringkan selama 2 jam.
6. Setelah itu didinginkan dan kemudian dicuci dengan aquadest sampai pH netral.
7. Kemudian disaring dan dikeringkan dalam oven (2000 C)

8. Hasil dianalisa, dimana akan diketahui nilai kadar air, nilai kadar abu, dan nilai karbon (C)
9. Untuk menguji daya serap dari karbon aktif digunakan larutan iod, larutan kalium iodida dan natrium thiosulfat 0,1N.

## BAB IV PEMBAHASAN

### A. Kandungan Kulit Pisang Kepok

Kulit pisang kepok sangat berbeda dengan dagingnya yang banyak dimanfaatkan. Kulit pisang kepok biasanya menjadi limbah yang tidak ada harga jualnya. Oleh karena itu penulis melihat peluang dalam pemanfaatan kulit pisang kepok untuk dimanfaatkan dalam menanggulangi limbah pembakaran PLTSA. Menurut Susilawaty et al. (2015), kulit pisang kepok (*Musa acuminata*) merupakan salah satu bahan biomaterial yang dapat menyerap ion logam. Salah satu senyawa yang terkandung dalam kulit pisang kepok yaitu selulosa. Kulit pisang kepok (*Musa acuminata* L.) mengandung senyawa selulosa sebesar 14,4%. Selulosa sendiri merupakan polimer sederhana yang menyerap bahan-bahan disekelilingnya, sehingga dapat dimanfaatkan sebagai material penyerap bahan berbahaya bagi lingkungan (Nasir, dkk., 2014). Keberadaan selulosa ini yang menyebabkan kulit pisang kepok dapat menyerap ion logam. Ion logam yang bermuatan positif akan terikat oleh gugus hidroksil yang kaya dengan elektron. Limbah kulit pisang kepok dapat menurunkan kadar  $Fe^{2+}$  dalam larutan berair. Kulit pisang kepok juga dapat mengikat ion mangan dalam air sumur (Thuraidah et al., 2015).

Cara pemanfaatan kulit pisang kepok (*Musa acuminata* L.) untuk menanggulangi limbah pembakaran PLTSA

#### IV.1 Hasil Analisa Awal

Pada pembuatan karbon aktif dilakukan analisa kadar air, kadar abu, dan volatile matter terhadap bahan awal limbah kulit pisang yang telah dikeringkan. Hasil analisa awal limbah kulit pisang No Analisis Hasil (%) 1 Kadar Air 9,57 2 Kadar Abu 8,11 3 Volatile Matter (VM) 11,65 4 Fixed Carbon 70,67 Dalam penelitian karbon aktif dari kulit pisang, yang sudah dikeringkan kemudian dikarbonisasi dengan pirolisis. Hasil analisa limbah kulit pisang setelah karbonisasi No Analisis Hasil (%) 1 Kadar Air 7,87 2 Kadar Abu 9 3 Volatile Matter (VM) 14,89 4 Fixed Carbon 68

## IV.2 Hasil Penelitian dan Pembahasan

Pengolahan Limbah Kulit Pisang sebagai karbon aktif. Hasil penelitian yang dilakukan terhadap karbon aktif dengan beberapa aktivator dan waktu aktivasi yang dijalankan dengan tujuan mengetahui kemampuan adsorpsi dengan mengikuti persyaratan SII untuk karbon aktif, diperoleh hasil sebagai berikut: .

Hasil analisa Kadar Air karbon aktif dalam % berat Waktu aktivasi (jam) Aktifator (2N) KOH H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> ZnCl<sub>2</sub> ½ 3,288 0,0197 2,916 1 3,186 0,108 5,76 1 ½ 6,489 0,862 5,172 2 6,94 2,6 6,359 2 ½ 8,928 3,06 6,97

### 1. Hubungan antara Waktu Aktivasi (jam) dengan % Kadar Air Waktu Aktivasi (jam) % Kadar Air

Pembahasan semakin lama waktu aktivasi, kadar air cenderung semakin tinggi. Besarnya kadar air ini selain disebabkan terjadinya peningkatan sifat higroskopis arang aktif terhadap uap air, juga disebabkan terjadinya pengikatan molekul air oleh 6 atom karbon yang telah diaktivasi. Apabila hasil ini dibandingkan dengan arang aktif komersial sebesar 10,105%, maka kadar air hasil penelitian masih lebih rendah. Syarat mutu karbon aktif untuk kadar air adalah maksimal 15% (SII 0258-88) sedangkan hasil analisa kadar air karbon aktif kulit pisang, berkisar antara 0,0197% - 8,928%. Hasil analisa Uji Daya Serap terhadap Iod karbon aktif dalam % berat Waktu aktivasi (jam) Aktifator (2N) KOH H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> ZnCl<sub>2</sub> ½ 22,842 22,842 22,842 1 30,456 30,456 21,319 1 ½ 34,26 38,07 22,842 2 30,456 43,78 26,649 2 ½ 38,07 45,684 30,456

### 2. Hubungan antara Waktu Aktivasi (jam) dengan % Uji Daya Serap Terhadap Iod

Pembahasan: kemampuan adsorpsi karbon aktif cenderung meningkat, hal ini dikarenakan semakin lama waktu aktivasi maka semakin kuat pengaruhnya larutan aktivator tersebut mengikat senyawa-senyawa tar sisa karbonisasi untuk keluar melewati mikro pori-pori dari kulit pisang. Proses perendaman dengan aktivator pada dasarnya dilakukan untuk mengurangi kadar tar, sebagai akibatnya pori-pori pada arang aktif semakin besar atau dengan kata lain luas permukaan arang aktif semakin bertambah. Semakin luas permukaan arang aktif maka semakin tinggi daya adsorpsinya. Hal tersebut dibuktikan dengan semakin

meningkatnya daya adsorpsi arang terhadap iod. Pada hasil uji daya serap iodine menunjukkan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> memiliki kemampuan adsorpsi yang mengalami peningkatan lebih tampak, jika dibandingkan dengan KOH nilai bilangan iodinenya lebih kecil. Sedangkan jika dibandingkan dengan ZnCl<sub>2</sub>, ZnCl<sub>2</sub> memiliki sifat korosif sehingga kemampuan adsorpsinya terhambat. Syarat mutu karbon aktif untuk daya serap terhadap I<sub>2</sub> adalah minimal 20% (SII 0258-88) , sedangkan hasil analisa daya serap terhadap I<sub>2</sub> untuk karbon aktif dari kulit pisang berkisar antara 22,842% - 45,684%. Jika dibandingkan dengan arang aktif komersial sebesar 21,784% maka hasil uji daya serap terhadap I<sub>2</sub> dalam penelitian masih lebih besar. Dalam penelitian Pembuatan Waktu Aktivasi (jam) % Uji Daya Serap Terhadap Karbon Aktif dari Tanah Gambut oleh Sani didapatkan nilai daya serap terhadap I<sub>2</sub> sebesar 21,88% dapat disimpulkan bahwa karbon aktif dari limbah kulit pisang memiliki kemampuan adsorpsi yang lebih maksimal. Hasil analisa Volatile Matter karbon aktif dalam % berat Waktu aktivasi (jam) Aktifator (2N) KOH H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> ZnCl<sub>2</sub> ½ 9,212 11,518 9,584 1 11,814 12,392 8,526 1 ½ 9,398 15,805 10,212 2 11,242 16,630 7,926 2 ½ 11,072 16,170 9,697 Gambar 4.

### 3. Hubungan antara Waktu Aktivasi (jam) dengan % Volatile Matter Waktu Aktivasi (jam) % Volatile Matter

Pembahasan : semakin lama waktu aktivasi semakin meningkat volatille matternya. Tinggi rendahnya vollatile matter yang dihasilkan menunjukkan bahwa permukaan arang aktif masih ditutupi oleh senyawa non karbon sehingga mempengaruhi kemampuan daya serapnya. Dimana hasil arang aktif komersial sebesar 16,5%. Syarat mutu karbon aktif untuk vollatile matter (bagian yang hilang pada pemanasan 950o C) adalah maksimal 25% (SII 0258-88), sedangkan hasil analisa vollatile matter karbon aktif dari kulit pisang berkisar 7,926%-16,630%. Tabel 8. Hasil analisa Kadar Abu karbon aktif dalam % berat Waktu aktivasi (jam) Aktifator (2N) KOH H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> ZnCl<sub>2</sub> ½ 2 2,2 3,1 1 4,5 8 2,8 1 ½ 5 4 3 2 6,3 9,25 3,5 2 ½ 7 10

### 4. Hubungan antara Waktu Aktivasi (jam) dengan % Kadar Abu

Pembahasan : semakin lama waktu aktivasi semakin meningkat kadar abunya. Tingginya kadar abu yang dihasilkan, dapat mengurangi daya adsorpsi arang aktif,

karena pori arang aktif terisi oleh mineral-mineral logam seperti magnesium, kalsium, kalium. Peningkatan kadar abu ini menunjukkan adanya proses oksidasi lebih lanjut terutama dari partikel halus. Apabila hasil ini dibandingkan dengan arang aktif komersial sebesar 5,17%. Syarat mutu karbon aktif untuk kadar abu adalah maksimal 10% (SII 0258-88), sedangkan hasil analisa kadar abu karbon aktif dari kulit pisang berkisar 2%-10%. Waktu Aktivasi (jam) % Kadar Hasil analisa Fixed Carbon karbon aktif dalam % berat Waktu aktivasi (jam) Aktifator (2N) KOH H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> ZnCl<sub>2</sub> ½ 87,52 95,9503 86,685 1 84,02 89,8916 87,94 1 ½ 82,39 92,91 90,026 2 78,96 81,446 81,33 2 ½ 73,159 73,34 76,645

#### 5. Hubungan antara Waktu Aktivasi (jam) dengan % Fixed Carbon

Pembahasan kondisi fixed karbon terbaik pada waktu aktivasi ½ jam. Tinggi rendahnya kadar karbon terikat yang dihasilkan selain dipengaruhi oleh tinggi rendahnya kadar abu dan zat terbang juga dipengaruhi oleh kandungan selulosa dan lignin yang dapat dikonversi menjadi atom karbon. Apabila hasil ini dibandingkan dengan arang aktif komersial sebesar 68,225%, maka kadar karbon hasil penelitian masih lebih tinggi. Semakin Waktu Aktivasi (jam) % Fixed Carbon .Rendahnya kadar karbon ini menunjukkan banyak atom karbon yang bereaksi dengan uap air menghasilkan gas CO dan CO<sub>2</sub>. Hasil analisa fixed karbon dari kulit pisang berkisar 73,34%-95,9503%. Dari hasil karbonisasi kulit pisang didapatkan nilai kesempurnaan karbon 96,56%. Hal ini menunjukkan bahwa kulit pisang terkarbonisasi hampir sempurna karena waktu dan suhu karbonisasi yang ditetapkan sesuai dengan kondisi kulit pisang sebagai bahan baku.

#### C.Keunggulan Kulit Pisang Kepok dalam menanggulangi limbah sisa pembakaran Pembangkit listrik tenaga sampah (PLTSA)

Komposisi kimia pada kulit pisang kepok dapat dilihat pada Tabel 1 di bawah ini (Hernawati dan Aryani, 2007)

#### Komposisi Kimia Kulit Pisang Kepok

Unsur	Komposisi
Kadar air	11,0
Kadar abu	94,82
Kadar lemak	16,47
Kadar protein	5,99
Kadar serat kasar	20,96
kadarkarbohidrat	40,74
Kadar selulosa	17,04
Kadar lignin	15,3

Pada kulit pisang ambon terkandung komponen mineral, namun tidak sebanyak yang terdapat pada kulit pisang kepok. Kandungan yang terdapat pada kulit pisang ambon dapat dilihat pada Tabel 2 di bawah ini (Hikmah, 2015).

Tabel 2. Kandungan Nutrisi yang Terdapat pada Kulit Pisang Ambon

KANDUNGAN GIZI	JUMLAH KADAR
Air	68,9%
Pati	18,5%
Lemak	2,11%
Protein	0,32%
KALSIUM(mg/100 g)	715 mg
fosfor(mg/100 )	117mg
Besi (mg/100 )	1,60 mg
Vitamin B ( mg/100 )	0,12 mg
Vitamin C( mg/100)	17,5 mg

Bila dibandingkan dengan kulit pisang raja, kulit pisang kepok memiliki kadar selulosa yang lebih tinggi daripada yang terkandung di dalam kulit pisang raja yaitu sebesar 17,04 %, dimana kadar selulosa yang terdapat pada kulit pisang raja yaitu 8,4 nmol/L atau  $2,982 \times 10^{-10}$  % yang dapat dilihat pada Tabel 5 di bawah ini yang menunjukkan komposisi karbohidratnya secara lebih rinci (Jamal dkk. dalam Ongelina, 2013)

Tabel 3. Komposisi Karbohidrat pada Kulit Pisang Raja

SUMBER KARBON	KONSENTRASI
Glukosa(nmol/L)	2,4
Fruktosa(nmol/L)	6,2
Sukrosa(nmol/L)	2,6
Maltosa(nmol/L)	0

Pati(nmol/L)	1,2
Selulosa(nmol/L)	8,4
Gula total(nmol/L)	29
Lignin(%)	6-12
Pektin(%)	10-21
Hemiselulosa(%)	6,4-9,4

## BAB V PENUTUP

### a. Kesimpulan

Penelitian ini meneliti tentang pemanfaatan kulit pisang kepok dalam menanggulangi limbah pembakaran PLTSa. Di mana kulit pisang akan terlebih dahulu diolah kemudian dijadikan sebagai filter untuk sisa-sisa pembakaran PLTSa. Berdasarkan penelitian tentang pemanfaatan kulit pisang kepok dalam menanggulangi limbah pembakaran PLTSa, dapat disimpulkan bahwa sampah adalah suatu benda yang dihasilkan dari berbagai benda yang telah digunakan dan tidak diperlukan lagi oleh manusia. Namun, hingga saat ini masalah sampah masih menjadi momok di Indonesia.

Oleh karena itu pemerintah telah berupaya menanggulangi masalah sampah ini dengan membangun PLTSa sebagai solusinya. Pembangkit listrik tenaga sampah merupakan pembangkit listrik yang memanfaatkan sampah sebagai bahan bakar. Sampah ini nantinya akan digunakan untuk memanaskan air dalam boiler. Uap panas yang dihasilkan boiler ini dimasukkan ke turbin uap yang akan memutar generator sehingga menghasilkan energi listrik.

Tetapi ternyata, dalam pelaksanaannya, PLTSa masih menghasilkan gas berbahaya bagi manusia, seperti CO, CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, dan SO<sub>x</sub>. Kemudian, dalam kehidupan sehari-hari masyarakat sering mengonsumsi pisang kepok namun membuang kulitnya begitu saja dan berakhir sebagai limbah. Padahal, kulit pisang kepok dapat menanggulangi pencemaran udara dari sisa pembakaran PLTSa berupa CO, CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, khususnya SO<sub>x</sub>. Kulit pisang kepok merupakan salah satu bahan biomaterial yang dapat menyerap ion logam. Salah satu senyawa yang terkandung dalam kulit pisang kepok yaitu selulosa. Kulit pisang kepok (*Musa acuminata L.*) mengandung senyawa selulosa sebesar 14,4%. Selulosa sendiri merupakan polimer sederhana yang menyerap bahan-bahan disekelilingnya, sehingga dapat dimanfaatkan sebagai material penyerap bahan berbahaya bagi lingkungan termasuk gas sisa pembakaran PLTSa.

b. Saran

Sebaiknya, masih diperlukan penelitian lebih lanjut tentang manfaat kulit pisang dalam mengatasi limbah sisa pembakaran PLTSa agar pembuatan medianya bisa lebih efisien. Dalam merealisasikan pemanfaatan kulit pisang kepok ini, perlu adanya campur tangan pemerintah dan lembaga terkait agar sisa pembakaran PLTSa dapat diatasi dengan sebagaimana mestinya.

## DAFTAR PUSTAKA

- <http://enviro.bppt.go.id> (Akses 1 Oktober 2019 Pukul 12.30)
- <http://eprints.polsri.ac.id> (Akses 1 Oktober 2019 Pukul 13.55)
- <http://eprints.upnjatim.ac.id> (Akses 1 Oktober 2019 Pukul 13.04)
- <http://e-journal.uajy.ac.id> (Akses 1 Oktober 2019 Pukul 14.42)
- <http://warstek> (Akses 1 Oktober 2019 Pukul 20.00)
- Anonim, 2012. at <http://repository.usu.ac.id> (Akses 1 Oktober 2019 Pukul 19.07)
- Bakti, 1998. “*Pemanfaatan Limbah Kulit Pisang Kepok (Musa acuminata L) sebagai Biosorben Ion Timbal(II)*”
- Junaidi, Wawan. 2009 <http://rangminang.web.id/2010/06/adsorpsi> (Akses 1 Oktober 2019 Pukul 14.15)
- Kurniati, Nurul. 2009. “*STUDI PERENCANAAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SAMPAH KAPASITAS 115 KW (STUDI KASUS KOTA TEGAL)*”
- SainETIn. 2016. *ANALISIS POTENSI SAMPAH SEBAGAI BAHAN BAKU PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SAMPAH (PLTSa) DI PEKANBARU*

