

## SINTESIS KARBON AKTIF DARI BATANG KELAPA SAWIT MENGGUNAKAN AKTIVATOR ASAM FOSFAT ( $H_3PO_4$ )

### ACTIVE CARBON SYNTETIC FROM PALM OIL TRUNK USING ACTIVATOR PHOSPHORIC ACID ( $H_3PO_4$ )

Sulton Amna<sup>1)</sup>, Aliyah Shahab<sup>2)</sup>, Maryana<sup>3)</sup>

<sup>1,2)</sup> Program Studi Teknik Pengolahan Migas Politeknik Akamigas Palembang, 30257, Indonesia

<sup>3)</sup> Program Studi Teknik Pertambangan Batubara Politeknik Akamigas Palembang, 30257, Indonesia

Corresponding Author E-mail: *sulton@pap.ac.id*, *aliyah@pap.ac.id* dan *maryana@pap.ac.id*

**Abstract:** An adsorbent is a material or substance that has the ability to attract and collect molecules or particles to its surface through an adsorption process. Palm oil trunks are one of the palm oil plantation wastes that are currently not widely used. The selection of oil palm stems is used as active carbon, due to oil palm stems that are no longer productive will become waste, so research needs to be carried out so that they can be useful. The high content of lignin, cellulose and hemicellulose makes the process of making carbon from palm oil trunks more effective. Synthesis of activated carbon is carried out through several stages, namely cleaning, drying, carbonization, activation and characterization. Activation of activated carbon was carried out with  $H_3PO_4$  concentrations of 5%, 10% and 15%. Characterization of activated carbon that has been made uses volatile matter tests, water content, ash content, bound carbon content. The research results show that increasing the  $H_3PO_4$  concentration by 5%, 10% and 15% produces volatile matter values of 3,09%; 1,12%; 0,06%, respectively. This shows that the higher the concentration of  $H_3PO_4$ , the volatile value will decrease. The water content test produced values of 2,55%; 0,42%; 0,62% for  $H_3PO_4$  concentrations of 5%, 10% and 15%. The ash content test produced values of, 0,64%; 1,18%; 3,17%. Bound carbon test produces 97,48%; 99,50%; and 94,58%.

Keywords: Palm oil trunk, activated carbon, adsorbent, phosphoric acid.

**Abstrak:** Adsorben merupakan material atau zat yang memiliki kemampuan untuk menarik dan mengumpulkan molekul atau partikel ke permukaannya melalui proses adsorpsi. Batang kelapa sawit merupakan salah satu limbah perkebunan sawit yang saat ini belum banyak digunakan. Pemilihan batang kelapa sawit digunakan sebagai karbon aktif, karena batang kelapa sawit yang sudah tidak produktif akan menjadi limbah, sehingga perlu untuk dilakukan penelitian agar dapat bermanfaat. Kandungan lignin, selulosa dan hemiselulosa yang tinggi membuat proses pembuatan karbon dari batang kelapa sawit akan lebih efektif. Sintesis karbon aktif dilakukan melalui beberapa tahapan, yaitu pembersihan, pengeringan, karbonisasi, aktivasi dan karakterisasi. Aktivasi karbon aktif dilakukan dengan konsentrasi  $H_3PO_4$  5%, 10% dan 15%. Karakterisasi karbon aktif yang sudah dibuat menggunakan uji volatile matter, kadar air, kadar abu, kadar karbon terikat. Hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi  $H_3PO_4$  sebesar 5%, 10% dan 15% menghasilkan nilai volatile matter, berturut-turut 3,09%; 1,12%; 0,06%. Hal ini menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi  $H_3PO_4$  maka nilai volatile nya akan menurun. Uji kadar air menghasilkan nilai 2,55%; 0,42%; 0,62% untuk konsentrasi  $H_3PO_4$  5%, 10% dan 15%. Uji kadar abu menghasilkan nilai 0,64; 1,18%; 3,17%. Uji karbon terikat menghasilkan 97,48%; 99,50%; dan 94,58%.

Kata kunci: Batang kelapa sawit, karbon aktif, adsorben, asam fosfat.

## 1. PENDAHULUAN

Kelapa sawit merupakan salah satu tanaman unggulan di Provinsi Sumatera Selatan, dengan luas 866.763 hektar dengan komposisi pengusahaan tanaman yakni sebesar 55,14% diusahakan oleh perkebunan yang dimiliki perusahaan, sebesar 29,52% yang diusahakan oleh petani yang tergabung dalam program plasma perkebunan kelapa sawit, dan

sebesar 15,34 persen yang diusahakan rakyat secara bebas. Total produksi tandan buah segar (TBS) yang dihasilkan di Provinsi Sumatera Selatan pada Tahun 2011 mencapai sekitar 2,11 juta ton (Asmani, 2014). Tanaman kelapa sawit merupakan tanaman perkebunan yang berperan penting di Indonesia selaku negara penghasil minyak nabati dunia. Namun batang kelapa sawit tua paska produk masih

merupakan hasil sampingan yang belum diberdayakan secara ekonomis.

Batang kelapa sawit dihasilkan dari tanaman jenis monokotil yang memiliki beberapa kelemahan diantaranya berat jenis dan kekuatan yang relatif rendah, kadar air yang sangat tinggi, kandungan pati yang relatif tinggi sehingga sangat rentan terhadap serangan kapang (*mold*), jamur pewarna (*blue stain*), jamur pelapuk dan serangga. Berdasarkan hasil penelitian terdahulu diketahui bahwa batang kelapa sawit memiliki sifat yang sangat beragam dari bagian luar ke pusat batang dan sedikit variasi dari bagian pangkal ke ujung batang. Maka dari itu, pengetahuan mengenai sifat-sifat dasar batang kelapa sawit terutama sifat fisis dan mekanis harus diketahui sebelum memanfaatkan batang kelapa sawit tersebut menjadi bahan konstruksi maupun produk furnitur. Komposisi batang kelapa sawit memiliki senyawa hidrokarbon yang tinggi yaitu lignin (12,50%), selulosa (25,88%), hemiselulosa (16,40%), holoselulosa (12,28%) dan pentosa (10,06%) yang dapat dijadikan sebagai bahan karbon aktif (Khair, 2020).

Karbon aktif dapat dipergunakan untuk berbagai industri, antara lain yaitu industri obat-obatan, makanan, minuman, pengolahan air (penjernihan air) dan lain- lain. Hampir 70% produk karbon aktif digunakan untuk pemurnian dalam sektor minyak kelapa, farmasi dan kimia. Bahan baku yang dapat dibuat menjadi karbon aktif adalah semua bahan yang mengandung karbon, baik yang berasal dari tumbuh- tumbuhan, binatang ataupun barang tambang. Menurut Zulfadhil dan Iriany (2017) karbon aktif dari bahan lignoselulosa, khususnya karbon aktif yang diproduksi dari limbah pertanian bersifat terbarukan, melimpah, tersedia, dan tidak mahal. Saat ini, hutan dan limbah pertanian dianggap adsorben yang menjanjikan. Hal ini yang membuat penulis tertarik untuk melakukan penelitian lebih lanjut terhadap potensi batang kelapa sawit agar dapat dibuat menjadi karbon aktif dan digunakan sebagai adsorben.

## 2. TEORI DASAR

### 2.1 Potensi kelapa sawit

Saat ini Indonesia merupakan produsen minyak sawit mentah (Crude palm oil, CPO) terbesar di dunia. Pada 2012, luas lahan perkebunan diperkirakan sebesar 9 juta hektar, dengan produksi CPO 24 juta ton pertahun, dengan komposisi 5 jutaton dikonsumsi di dalam negeri, sementara 80% sisanya di ekspor, Industri kelapa sawit memiliki prospek yang baik karena memiliki daya saing sebagai industri minyak nabati, sawit adalah salah satu sumber yang paling kompetitif di dunia untuk biofuels, dan aplikasi teknis dan yang paling penting adalah sebagai sumber makanan.



**Gambar 2.1** Kelapa Sawit

### 2.2 Batang Kelapa Sawit

Batang kelapa sawit dihasilkan dari tanaman jenis monokotil yang memiliki beberapa kelemahan diantaranya berat jenis dan kekuatan yang relatif rendah, kadar air yang sangat tinggi dan kandungan pati yang relatif tinggi kelapa sawit adalah salah satu tumbuhan industri yang penting di Indonesia, minyak dari tanaman ini bisa dikonsumsi dan juga bisa digunakan untuk bahan bakar, serta produk-produk turunan lainnya, Selain itu, tanaman ini juga merupakan sumber minyak nabati terbesar yang dibutuhkan oleh industri dunia, Perkebunan kelapa sawit pun menghasilkan keuntungan yang besar, Besarnya keuntungan yang diperoleh dari perkebunan kelapa sawit ini menyebabkan

banyak lahan hutan dan lahan jenis lainnya yang dialihfungsikan untuk lahan perkebunan ini, kelapa sawit dapat didefinisikan sebagai salah satu tanaman perkebunan yang dapat tumbuh baik di Indonesia, yaitu di daerah-daerah yang memiliki ketinggian kurang dari 500 mdpl, Jika tanaman ini ditanam pada ketinggian lebih dari 500 mdpl, maka tanaman ini akan mengalami pertumbuhan yang lambat, sehingga umur untuk produksi (panen) pertama akan terlambat dan akan meningkatkan biaya perawatan.

Batang kelapa sawit dihasilkan dari tanaman jenis monokotil yang memiliki beberapa kelemahan diantaranya berat jenis dan kekuatan yang relatif rendah, kadar air yang sangat tinggi, kandungan pati yang relatif tinggi sehingga sangat rentan terhadap serangan kapang (*mold*), jamur pewarna (*blue stain*), jamur pelapuk dan serangga, batang kelapa sawit memiliki kandungan 48,78%, PK 5,3%, hemiselulosa 21,1%, selulosa 27,9%, SK 31,09%, abu 4,48%, bahan ekstrak tanpa nitrogen (BETN) 51,87%, lignin 16,9% dan silika 0,6% (Ardiansyah, 2014).

### 2.3 Karbon aktif

Karbon aktif adalah arang yang dapat digunakan sebagai adsorben dengan pengolahan lebih lanjut pada suhu tinggi menggunakan CO<sub>2</sub>, steam, atau bahan kimia yang bertujuan untuk membuka pori-porinya dan dapat digunakan sebagai adsorben (Zuhroh, 2015). Karbon aktif memiliki struktur amorphous atau mikrokristalin yang sebagian besar terdiri dari karbon dengan permukaan dalam (*internal surface*), biasanya diperoleh dengan perlakuan khusus dan memiliki luas permukaan berkisar antara 300-2.000 m<sup>2</sup>/g (Zuhroh, 2015). Luas permukaan inilah yang merupakan sifat fisik terpenting dari karbon aktif yang memungkinkan adsorpsi fisik gas, uap, dan zat terlarut atau terdispersi dari cairan (Khah dan Ansari, 2009). Karbon aktif bermuatan (+) sehingga dapat mengikat polutan anion seperti NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, NO<sub>2</sub><sup>-</sup>, PO<sub>4</sub><sup>-</sup> pada permukaan matriks karbon melalui pembentukan ikatan ion dan mengikat kation

seperti ion Pb<sup>2+</sup>, Fe<sup>2+</sup>, Cu<sup>2+</sup>, dan Mn<sup>2+</sup> melalui mekanisme pertukaran ion (Wang dkk., 2014).



**Gambar 2.2** Karbon Aktif

Perbedaan antara karbon aktif dan karbon yang belum diaktivasi terdapat pada sifat permukaannya. Permukaan pada karbon masih ditutupi oleh deposit hidrokarbon yang dapat menghambat keaktifannya, sedangkan pada karbon aktif permukaannya relatif telah bebas dari deposit sehingga memiliki daya adsorpsi karena permukaannya yang luas dan pori-porinya telah terbuka (Maulinda, dkk., 2017). Permintaan dunia akan karbon aktif berkisar sekitar 1,1 juta ton per tahun, dan diperkirakan akan terus meningkat lebih dari 10% /tahun selama 5 tahun ke depan.

Karbon aktif dapat dimanfaatkan sebagai adsorben karena memiliki pori. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Apriani dkk. (2013), karbon aktif dapat menyerap Fe (II) di air gambut. Hasil penelitian Apriani, dkk. (2013) menunjukkan bahwa kapasitas adsorpsi Fe (II) pada air gambut menggunakan karbon aktif kulit durian yang telah diaktivasi dengan larutan KOH 25% (m/v) adalah sebanyak 85,38%, dari 2,6 mg/l menjadi 0,38 mg/l. Selain itu, penggunaan karbon aktif sebagai adsorben juga dapat digunakan untuk mengurangi kadar bahan organik pada air limbah industri dengan efisiensi 94,45% (Aluyor dan Badmus, 2008). Luas permukaan arang aktif berkisar antara 300-3.500 m<sup>2</sup> /gram dan hal ini berhubungan dengan struktur pori internal yang menyebabkan arang aktif bersifat sebagai adsorben. Arang aktif dapat mengadsorpsi gas dan senyawa-senyawa kimia tertentu (adsorpsinya bersifat selektif), bergantung pada besar atau volume pori-pori, dan luas

permukaan. Daya jerap arang aktif sangat besar, yaitu 25-1000% terhadap berat arang aktif. Arang aktif (karbon aktif) digunakan untuk berbagai tujuan.

Sebagai penghilang warna, karbon aktif yang memiliki luas permukaan yang sangat besar, demikian pula volume porinya, jauh lebih efisien daripada arang tanpa aktivasi. Karbon aktif juga dapat terbuat dari biomaterial diantaranya kulit hazelnut (Cimono, dkk., 2000)

## 2.4 Pembuatan karbon aktif

Proses pembuatan karbon aktif melibatkan dua tahap utama, karbonisasi material utama yang mengandung unsur karbon dan aktivasi arang yang dihasilkan. Karbonisasi terdiri dari dua tahap penting yang menentukan sifat-sifat produk akhir. Tahap pertama adalah tahap pelunakan dan tahap kedua adalah tahap penyusutan. Pada tahap pertama karbonisasi, yaitu tahap pelunakan, laju pemanasan yang rendah mendukung pembentukan pori-pori, karena gas dapat dilepaskan secara perlahan tanpa hancur atau terdeformasi. Di sisi lain, laju pemanasan yang rendah mendorong karbonisasi tahap kedua, yaitu tahap penyusutan, menghasilkan arang yang lebih padat dan lebih keras, yang mengurangi volume pori (Tay, dkk., 2001).

Karbonisasi melalui pemanasan pada suhu 300-800°C dengan oksigen terbatas pada waktu tertentu (Manurung, dkk., 2019). Suhu pemanasan yang terlalu rendah tidak dapat menghasilkan karbon aktif dengan porositas yang baik. Suhu tinggi meningkatkan pengembangan porositas produk, namun suhu di atas 600°C mampu menyebabkan penurunan yang signifikan, yang mungkin disebabkan oleh efek sintering yang menghancurkan dinding pori antara pori-pori yang berdekatan dan melebarkan mikropori ke meso- atau makropori (Tay, dkk., 2001).

Berdasarkan penjelasan sebelumnya, penting untuk mencari suhu yang tepat pada proses karbonisasi dikarenakan proses karbonisasi merupakan salah satu proses krusial yang mampu mempengaruhi kemampuan karbon aktif dalam menyerap

senyawa-senyawa. Arang yang dihasilkan dari proses karbonisasi memiliki sifat lentur (elastis), namun memiliki luas permukaan yang rendah dan daya adsorpsi yang sangat kecil, sehingga diperlukan tahapan selanjutnya berupa aktivasi kimia agar memperbesar luas permukaan dan porositasnya (Manurung, dkk., 2019).

Aktivasi pada arang bertujuan untuk menghilangkan atau melarutkan senyawa sisa hasil pemanasan yang menyumbat pori-pori arang sehingga menyebabkan daya adsorpsi arang menjadi kecil (Manurung, dkk., 2019). Aktivasi pada arang terdiri dari 2 jenis metode, yaitu aktivasi fisik dan kimia. Aktivasi secara fisik dilakukan dengan menggunakan temperatur tinggi dan dialiri gas inert seperti CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, atau uap air. Sedangkan aktivasi secara kimia dapat menggunakan bahan kimia bersifat asam, basa, atau garam seperti HCl, H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>, KOH, K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, dan ZnCl<sub>2</sub>. Beberapa keunggulan yang terdapat pada aktivasi kimia dibandingkan dengan aktivasi fisik adalah rendemen yang lebih tinggi, proses karbonisasi dan aktivasi yang dilakukan hanya pada satu tahap, suhu aktivasi lebih rendah, struktur pori lebih baik, waktu lebih singkat, dan lebih banyak variasi agen aktivator (Yuliusman, dkk., 2020). Aktivasi secara fisik dan kimia dapat dikombinasikan dalam proses pembuatan karbon aktif dari pada hanya menggunakan salah satu metode, baik aktivasi kimia atau fisik saja.

Karbon aktif memiliki banyak aplikasi untuk pemurnian produk industri kimia, makanan, dan farmasi. Kegunaannya antara lain untuk menghilangkan rasa, warna, bau, dan kotoran lain yang tidak diinginkan seperti kotoran yang dapat memperlambat kristalisasi gula, menghilangkan kotoran organik dalam bak *electroplating*, dan untuk memulihkan zat yang berguna dari aliran gas dan cairan (Khah dan Ansari, 2009). Akan tetapi, karbon aktif yang tersedia secara komersial masih cenderung mahal harganya karena penggunaan bahan awal yang tidak terbarukan seperti batu bara, yang tidak dapat dibenarkan dalam aplikasi pengendalian polusi sehingga perlu adanya suatu terobosan pembaharuan dalam

hal bahan baku yang murah, mudah ditemukan, dapat diperbaharui, dan memiliki efektivitas penyerapan yang tinggi sehingga dapat diaplikasikan dalam pengolahan air, salah satunya yaitu batang kelapa sawit.

## 2.5 Adsorben

Adsorben adalah material atau zat yang memiliki kemampuan untuk menarik dan mengumpulkan molekul atau partikel dari fase cair atau gas ke permukaannya melalui proses adsorpsi. Adsorben memiliki permukaan yang luas dan aktif yang memungkinkan interaksi dengan molekul atau partikel target. Permukaan adsorben dapat memiliki berbagai karakteristik, seperti luas permukaan spesifik yang tinggi, keberadaan situs aktif atau pori-pori yang berbeda, dan kelengkungan permukaan yang berkontribusi pada daya tarik dan kapasitas adsorpsi. Adsorben berinteraksi dengan molekul atau partikel yang akan diadsorpsi melalui gaya-gaya antarmolekul. Interaksi ini dapat meliputi gaya van der Waals, gaya elektrostatis, ikatan hidrogen, atau interaksi kovalen lemah. Sifat interaksi ini bergantung pada sifat kimia adsorben dan molekul target.



**Gambar 2.3** Adsorben

Kapasitas adsorpsi mengacu pada jumlah maksimum molekul atau partikel yang dapat diadsorpsi oleh satu unit massa atau volume adsorben pada kondisi tertentu. Kapasitas adsorpsi dipengaruhi oleh sifat fisik dan kimia adsorben, seperti luas permukaan spesifik, porositas, kekuatan interaksi, dan sifat fisik molekul target. Adsorben atau kebanyakan zat pengadsorpsi adalah bahan-bahan yang sangat berpori, dan adsorpsi berlangsung terutama pada dinding-dinding pori atau pada daerah tertentu di dalam

partikel itu. Karena pori-pori adsorben biasanya sangat kecil maka luas permukaan dalamnya menjadi beberapa kali lebih luas dari permukaan luar. Suatu adsorben dipandang sebagai suatu adsorben yang baik untuk adsorpsi dilihat dari sisi waktu. Lama operasi terbagi terbagi menjadi dua, yaitu waktu penyerapan hingga komposisi diinginkan dan waktu regenerasi/pengeringan adsorben. Makin cepat dua variabel tersebut, maka semakin baik unjuk kerja adsorben tersebut.

*Isotherm* adsorpsi adalah hubungan antara konsentrasi atau tekanan molekul target dalam fase cair atau gas dengan jumlah yang diadsorpsi pada permukaan adsorben pada suhu dan tekanan tertentu. *Isotherm* ini dapat digunakan untuk menggambarkan sifat adsorpsi adsorben, seperti kapasitas adsorpsi, afinitas, dan mekanisme adsorpsi. Adsorben dapat memiliki selektivitas terhadap molekul atau partikel tertentu berdasarkan perbedaan sifat kimia, ukuran, atau polaritas. Selektivitas ini dapat dimanfaatkan untuk memisahkan atau menghilangkan zat tertentu dari campuran, seperti dalam proses pemurnian atau penghilangan pencemar.

Adsorben dapat mengalami kejenuhan adsorpsi ketika kapasitasnya terpenuhi oleh molekul atau partikel yang diadsorpsi. Namun, adsorben sering dapat diregenerasi atau dibersihkan dengan menggunakan metode seperti pemanasan, penghembusan, atau penggunaan larutan pelarut yang sesuai. Proses regenerasi ini memungkinkan adsorben untuk digunakan kembali dalam aplikasi adsorpsi. Adsorben digunakan dalam berbagai aplikasi, termasuk pengolahan air dan air limbah, pemurnian gas, penghilangan pencemar, pengolahan minyak dan gas, industri farmasi, dan banyak lagi. Pemilihan adsorben yang sesuai untuk setiap aplikasi didasarkan pada sifat.

## 2.6 Adsorpsi

Menurut Pambudi (2013), adsorpsi adalah suatu peristiwa penyerapan pada lapisan permukaan atau antar fasa, dimana molekul dari suatu materi terkumpul pada bahan pengadsorpsi atau adsorben. Proses

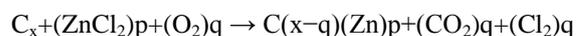
adsorpsi dapat terjadi pada seluruh permukaan benda, tetapi yang sering terjadi adalah bahan padat menyerap partikel yang berada pada limbah cair. Bahan yang diserap disebut adsorbat atau solute, sedangkan bahan penyerapnya disebut adsorben.

Material-material yang dapat digunakan sebagai adsorben diantaranya adalah asam humat, tanah diatomae, bentonit, biomassa, mikroorganisme air, karbon aktif, alumina, silika gel, dan zeolit. Adsorpsi yang terjadi pada permukaan zat padat disebabkan oleh adanya gaya tarik atom atau molekul pada permukaan zat padat. Energi potensial permukaan molekul turun dengan mendekatnya molekul ke permukaan. Molekul teradsorpsi dapat dianggap membentuk fasa dua dimensi dan biasanya terkonsentrasi pada permukaan atau antar muka (Purwaningsih, 2009). Adsorpsi dibatasi terutama oleh proses *film diffusion* atau *pore diffusion*, tergantung besarnya pergolakan dalam sistem (Syauqiah, dkk., 2011). Jika pergolakan yang terjadi relatif kecil maka lapisan film yang mengelilingi partikel akan menjadi tebal sehingga adsorpsi berlangsung lambat. Sebaliknya, jika dilakukan pengadukan yang menyebabkan pergolakan yang cukup, maka kecepatan difusi film akan meningkat (Syauqiah, dkk., 2011). Metode adsorpsi memiliki beberapa kelebihan di antaranya adalah prosesnya relatif sederhana, efektivitas dan efisiensinya relatif tinggi serta tidak memberikan efek samping berupa zat beracun (Kardiman, dkk., 2019).

Mekanisme adsorpsi dibedakan menjadi dua, yaitu secara fisika (fisiosorpsi) dan secara kimia (kemisorpsi) (Syauqiah, dkk., 2011). Pada proses fisiosorpsi, gaya van der Waals membuat adsorbat terikat dengan adsorben. Molekul yang terikat sangat lemah dan energi yang dilepaskan pada adsorpsi fisika relatif rendah sekitar 20 kJ/mol (Syauqiah, dkk., 2011). Sedangkan kemisorpsi melibatkan interaksi antara adsorbat dan adsorben melalui pembentukan ikatan kimia yang diawali dengan adsorpsi fisik, dilanjutkan dengan melekatnya partikel pada permukaan dengan membentuk ikatan kovalen

dan cenderung mencari tempat yang dapat memaksimalkan bilangan koordinasi dengan substrat. Adsorpsi kimia menghasilkan pembentukan lapisan monomolekular adsorbat pada permukaan melalui gaya-gaya dari valensi sisa dari molekul-molekul pada permukaan. Mekanisme proses adsorpsi dapat digambarkan sebagai proses dimana molekul meninggalkan larutan dan menempel pada permukaan zat adsorben secara kimia dan fisika (Syauqiah, dkk., 2011).

Menurut (Namasivayam dan Sangeetha, 2004), proses adsorpsi oleh karbon aktif yang diaktivasi secara kimia dengan aktivator  $ZnCl_2$  berlangsung dengan mekanisme reaksi sebagai berikut:



dimana  $x$  merupakan jumlah molekul karbon yang diperoleh dari bahan berkarbon yang dibutuhkan untuk langkah aktivasi,  $p$  mewakili jumlah molekul  $ZnCl_2$  yang digunakan dalam proses aktivasi, dan  $q$  mewakili jumlah molekul oksigen terbatas yang ada dalam rongga bahan yang sedang diaktifkan.

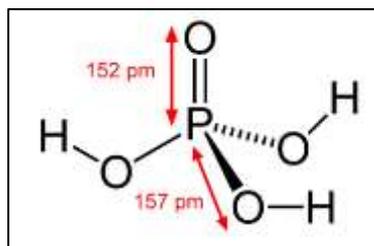
Pada adsorpsi padat-cair, mekanisme adsorpsi bergantung pada faktor-faktor seperti gaya interaksi antara molekul adsorbat dengan permukaan, gaya interaksi antara molekul pelarut dengan permukaan adsorben, dan gaya interaksi antara molekul dari komponen larutan dengan lapisan permukaan adsorben dan pori-porinya. Kecepatan adsorpsi sangat dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain konsentrasi, luas permukaan, suhu, ukuran partikel, pH dan waktu kontak. Konsentrasi kesetimbangan permukaan terbentuk dengan cepat dan perlahan berdifusi ke dalam partikel karbon. Laju adsorpsi keseluruhan dikendalikan oleh laju di mana molekul zat terlarut berdifusi ke dalam pori-pori kapiler partikel karbon. Laju adsorpsi bervariasi seiring dengan akar pangkat dua dari waktu kontak dengan adsorben.

Faktor terpenting dalam proses adsorpsi adalah luas permukaan. Suatu molekul pada antarmuka mengalami ketidakseimbangan gaya. Akibatnya, molekul

molekul pada permukaan ini mudah sekali menarik molekul lain, sehingga keseimbangan gaya akan tercapai (Zuhroh, 2015). Faktor-faktor yang mempengaruhi proses adsorpsi antara lain (Syauqiah, dkk., 2011) sifat fisik dan kimia adsorben, sifat fisik dan kimia adsorbat, jenis adsorbat, luas permukaan adsorben, konsentrasi adsorben dalam larutan, temperature, pH, kecepatan pengadukan, waktu kontak dan waktu tinggal. Diharapkan dengan luas permukaan karbon aktif yang tinggi, akan dapat meningkatkan daya serap karbon aktif terhadap molekul-molekul pengotor dari suatu bahan.

## 2.7 Asam fosfat ( $H_3PO_4$ )

Asam fosfat (juga dikenal sebagai asam ortofosfat atau asam fosfat (V) bahasa inggris: *phosphoric acid*, *orthophosphoric acid*, *phosphoric (V) acid*) merupakan asam mineral (anorganik) yang memiliki rumus kimia  $H_3PO_4$ .



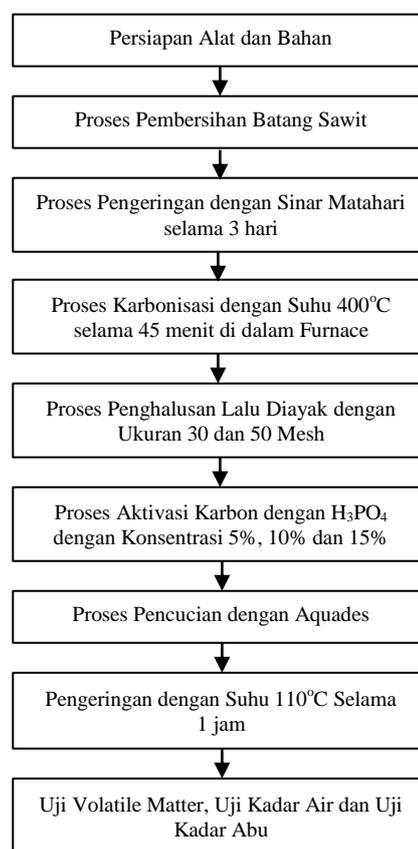
**Gambar 2.4** Struktur Kimia Asam Fosfat

Asam ortofosfat mengacu pada asam fosfat, yang merupakan nama IUPAC untuk senyawa ini. Awalan orto digunakan untuk membedakan asam ini dari asam fosfat yang terkait, yang disebut asam polifosfat. Asam ortofosfat adalah asam non-toksik, yang dalam bentuk murni adalah padat pada suhu dan tekanan kamar. Basa konjugat dari asam fosfat adalah ion dihidrogen fosfat,  $H_2PO_4^-$ , yang pada gilirannya memiliki basa konjugat hidrogen fosfat,  $HPO_4^{2-}$ , yang memiliki basa konjugat fosfat,  $PO_4^{3-}$ . Fosfat bergizi untuk semua bentuk kehidupan. Selain menjadi reagen kimia, asam fosfat memiliki berbagai macam kegunaan, termasuk sebagai inhibitor karat, aditif makanan, etchant gigi dan ortopedik, elektrolit, fluks, pendispersi,

*etchant* industri, bahan baku pupuk, dan komponen produk pembersih rumah. Asam fosfat dan fosfat juga penting dalam biologi. Sumber yang paling umum dari asam fosfat adalah larutan air 85%; larutan tersebut tidak berwarna, tidak berbau, dan non-volatil.

## 3. METODOLOGI PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah eksperimental korelasi dengan menyajikan beberapa data yang didapatkan dari proses percobaan di laboratorium dan membandingkannya dengan hasil yang sudah ada. Bagan alir metode penelitian yang dilakukan dapat dilihat pada gambar 3.1.



**Gambar 3.1** Diagram Alir Penelitian

### 3.1 Pembuatan karbon aktif

Batang kelapa sawit dibersihkan lalu dikeringkan dibawah sinar matahari sampai selama 3 hari. Kemudian dikarbonisasi pada suhu  $400^{\circ}C$  selama 45 menit dalam *furnace*. Karbon yang terbentuk dihaluskan, lalu diayak hingga ukuran partikel yang sesuai 30 dan 50

mesh. Setelah itu, karbon aktif di aktivasi dengan melakukan perendaman ke dalam larutan  $H_3PO_4$  dengan konsentrasi 5 %, 10 %, dan 15 % selama 24 jam. Setelah itu, karbon dicuci dengan menggunakan aquades hingga filtrat netral dan disaring. Karbon aktif yang telah disaring lalu dikeringkan menggunakan oven pada temperatur  $110\text{ }^\circ\text{C}$  selama 1 jam.

### 3.2 Tahap uji karbon aktif

Berdasarkan SNI 06-3730-1995 tentang arang aktif teknis, arang aktif berbentuk serbuk yang berkualitas baik memiliki kadar air maksimal sebesar 15%, kadar zat mudah menguap maksimal 25%, kadar abu maksimal 10% dan kadar karbon minimal 65%. Dari pengujian dibawah ini agar di dapat karbon aktif yang sesuai dengan SNI 06-3730-1995.

#### a. Uji bagian mudah menguap (*volatile matter*)

Karbon aktif sebanyak 1 g dimasukkan ke dalam cawan porselen, kemudian dipanaskan hingga suhu  $950\text{ }^\circ\text{C}$  dalam oven. Setelah suhu tercapai, karbon dibiarkan dingin dalam oven dengan tidak berhubungan dengan udara luar. Setelah dingin dimasukkan ke dalam desikator dan ditimbang.

$$\text{Bagian yang mudah menguap} = \frac{(a-b)}{a} \times 100\%$$

Dimana:

- a = berat karbon aktif mula-mula (gram)  
 b = berat karbon aktif setelah dipanaskan (gram)

#### b. Uji kadar air

Karbon aktif ditimbang seberat 1 g dan dimasukkan ke dalam cawan porselen yang telah dikeringkan. Setelah itu, dimasukkan ke dalam oven pada suhu  $105\text{ }^\circ\text{C}$  selama 1 jam, kemudian karbon aktif didinginkan dalam desikator dan ditimbang. Kadar air dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$\text{Kadar air} = \frac{(a-b)}{a} \times 100\%$$

Dimana:

- a = berat karbon aktif mula-mula (gram)  
 b = berat karbon aktif setelah dikeringkan (gram)

#### c. Uji kadar abu

Karbon aktif yang ditimbang seberat 1 g dimasukkan ke dalam cawan porselen yang telah diketahui beratnya. Lalu diabukan dalam furnace secara perlahan pada suhu  $600\text{ }^\circ\text{C}$  selama 2 jam. Bila seluruh karbon telah menjadi abu, dinginkan dalam desikator lalu ditimbang hingga diperoleh bobot tetapnya.

$$\text{Kadar abu} = \frac{\text{berat abu}}{\text{berat sampel}} \times 100\%$$

#### d. Uji kadar karbon terikat

Kadar karbon murni pada karbon aktif diperoleh dari hasil pengurangan terhadap kadar zat mudah menguap dan kadar abu.

$$\text{Karbon aktif murni} = 100\% - (A+B)$$

Dimana:

- A = kadar abu (%)  
 B = kadar zat mudah menguap (%)

## 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari hasil pembuatan karbon aktif dari batang kelapa sawit dengan beberapa pengujian yaitu bagian mudah menguap (*volatile matter*), kadar air, kadar abu, kadar karbon terikat. Setelah dilakukan aktivasi menggunakan larutan asam fosfat ( $H_3PO_4$ ) didapatkan hasil seperti tabel 4.1.

**Tabel 4.1** Data Pengujian Karbon Aktif

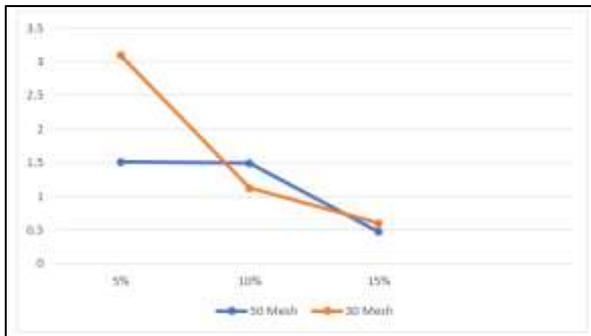
No.	Variabel		Hasil Analisa			
	$H_3PO_4$ (%)	Mesh	Volatile Matter (%)	Kadar Air (%)	Kadar Abu (%)	Kadar Karbon Terikat (%)
1	5	30	3,09	2,55	0,64	97,48
2	10	30	1,12	0,41	1,18	99,50
3	15	30	0,60	0,62	3,17	99,38
4	5	50	1,51	2,57	0,65	94,71
5	10	50	1,49	1,12	1,56	99,56
6	15	50	0,47	0,65	3,21	97,24

Dari hasil pengujian karbon aktif diatas menunjukkan bahwa karbon aktif yang di buat dapat memenuhi standar mutu karbon SNI 06-3730-1995 dengan kadar zat mudah menguap, kadar air, kadar abu dan kadar karbon terikat tidak melebihi persyaratan yang ditentukan.

#### a. Hasil uji *volatile matter*

Pengujian *volatile matter* dilakukan untuk mengetahui kandungan zat yang mudah menguap di dalam karbon aktif yang telah dibuat. Pengujian ini dilakukan dengan

merujuk pada SNI dengan kadar maksimal 25%.

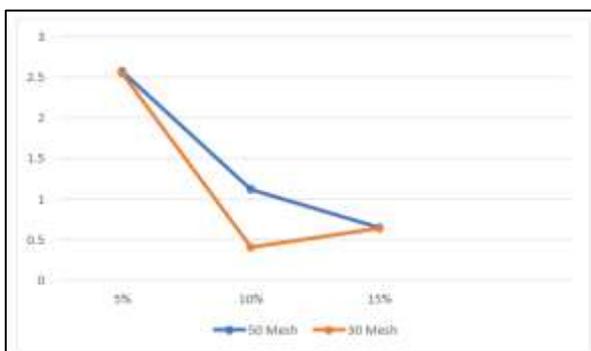


**Gambar 4.1** Grafik *Volatille Matter*

Dari grafik *volatille matter* pada Gambar 4.1 menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi asam fosfat, kadar zat yang menguap akan semakin menurun. Hal ini dikarenakan semakin tinggi konsentrasi, maka akan meningkatkan perluasan permukaan karbon aktif, ini juga sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh (Adawi, dkk., 2021) bahwa semakin tinggi kadar asam fosfat yang digunakan sebagai aktivator pembuatan arang aktif dari cabang bambu duri, bahwa penambahan aktivator dapat melindungi arang aktif dari suhu tinggi.

#### b. Hasil uji kadar air

Pengujian kadar air dilakukan untuk mengetahui sifat higroskopis karbon aktif (Sahara, dkk., 2017) yang telah dibuat. Nilai kadar air yang telah dibuat secara keseluruhan telah memenuhi standar mutu arang aktif menurut SNI, yaitu maksimal 15%.



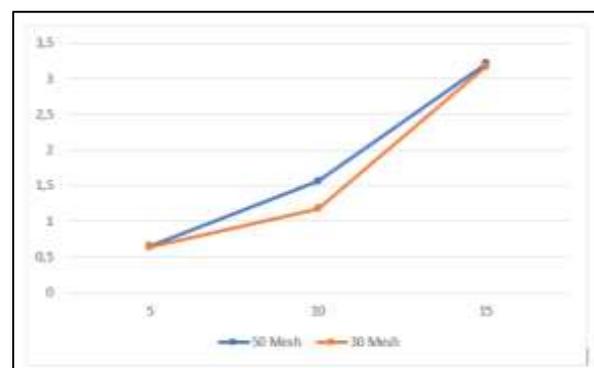
**Gambar 4.2** Grafik Hasil Uji Kadar Air

Dari grafik pada Gambar 4.2 dapat dilihat bahwa terjadi perbedaan yang cukup

signifikan dimana karbon aktif ukuran 50 *mesh* dengan konsentrasi H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> 5% menghasilkan kadar air 2,57%, karbon aktif ukuran 50 *mesh* dengan konsentrasi H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> 10% menghasilkan kadar air 1,49%, karbon aktif ukuran 50 *mesh* dengan konsentrasi H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> 15% menghasilkan kadar air 0,65% dan untuk karbon aktif ukuran 30 *mesh* dengan konsentrasi H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> 5% menghasilkan kadar air 2,55%, karbon aktif ukuran 30 *mesh* konsentrasi H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> 10% menghasilkan kadar air 1,18%, karbon aktif ukuran 30 *mesh* dengan konsentrasi 15% menghasilkan kadar air 0,62%. Untuk kadar air ukuran 50 *mesh* dan 30 *mesh* perbedaannya tidak terlalu signifikan ini dikarenakan proses pengeringan yang optimal.

#### c. Hasil uji kadar abu

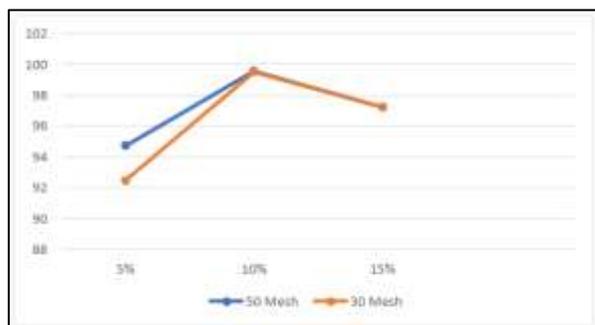
Kadar abu yang terdapat dalam arang aktif merupakan sisa mineral yang tertinggal pada proses karbonisasi (Pane & Hamzah, 2018). Berdasarkan hasil penelitian (Tabel 4.1), semakin tinggi konsentrasi H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> yang digunakan, kadar abu arang aktif batang kelapa sawit juga semakin meningkat. Hal ini disebabkan proses pembentukan pori terjadi selama proses pembakaran bidang permukaan dari arang aktif yang menghasilkan abu, sehingga semakin banyak pori yang dihasilkan menyebabkan kadar abu yang dihasilkan juga semakin tinggi. Semakin tinggi kadar abu yang terdapat pada arang aktif menyebabkan kemampuan arang aktif dalam mengadsorpsi juga semakin rendah karena pori arang aktif tertutup oleh mineral seperti K, Na, Ca, dan Mg yang menempel pada permukaan arang aktif (Pari, dkk., 2009).



**Gambar 4.3** Grafik Hasil Uji Kadar Abu

#### d. Hasil uji kadar karbon terikat

Kadar karbon terikat adalah parameter penting dalam karakterisasi karbon aktif karena menentukan kemampuan karbon aktif dalam menyerap zat-zat terlarut dan mempengaruhi kapasitas adsorpsi karbon aktif. Semakin tinggi kadar karbon terikat, semakin efektif karbon aktif dalam menyerap zat-zat dari media.



**Gambar 4.4** Grafik Hasil Uji Kadar Karbon Terikat

Dapat dilihat dari grafik pada Gambar 4.4 bahwa karbon aktif dengan aktivasi zat kimia berupa  $H_3PO_4$  ukuran 50 mesh menghasilkan kadar karbon terikat dengan konsentrasi 5%, 10%, dan 15% sebesar 94,71%; 99,56%; dan 97,24%. Sedangkan karbon aktif dengan aktivasi kimia berupa  $H_3PO_4$  ukuran 30 mesh dengan konsentrasi 5%, 10% dan 15% menghasilkan kadar karbon terikat berturut-turut sebesar 97,48%; 99,50%; dan 99,38%.

## 5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan sintesis karbon aktif dari batang kelapa sawit dengan aktivator asam fosfat, dapat disimpulkan bahwa:

1. Limbah batang kelapa sawit yang sebelumnya tidak bermanfaat setelah dilakukan *treatment* / olah dapat dijadikan produk berupa karbon aktif yang bermanfaat bagi masyarakat.
2. Ada beberapa tahap proses pembuatan karbon aktif dari batang kelapa sawit, yaitu tahap dehidrasi, karbonisasi aktivasi, dan pengujian.

3. Hasil yang didapatkan pada pengujian karbon aktif menggunakan aktivator asam fosfat ( $H_3PO_4$ ) menunjukkan bahwa semakin tinggi nilai konsentrasi aktivatornya akan meningkatkan nilai kadar abu dan kadar karbon terikat, sebaliknya dengan peningkatan konsentrasi aktivator makan akan menurunkan nilai *volatile matter* dan kadar air.

## DAFTAR PUSTAKA

- Adawi, T.F., Aji, I.M.L., & Rini, D.S. 2021. *Pengaruh Suhu dan Konsentrasi Asam Fosfat ( $H_3PO_4$ ) Terhadap Kualitas Arang Aktif Cabang Bambu Duri (*Bambusa blumeana* Bi. Ex. Schult. F.)*. Jurnal Penelitian Kehutanan Faloak, 5(1):62-73.
- Aluyor, E. O., & Badmus, O. A. M. 2008. *COD Removal From Industrial Wastewater Using Activated Carbon Prepared From Animal Horns*. African Journal of Biotechnology, 7(21), 3887–3891.
- Apriani, R., Faryuni, I. D. & Wahyuni, D. 2013. *Pengaruh Konsentrasi Aktivator Kalium Hidroksida (KOH) Terhadap Kualitas Karbon Aktif Kulit Durian Sebagai Adsorben Logam Fe Pada Air Gambut*. Prisma Fisika, 2(1), 82-86.
- Ardiansyah. 2014. *Perubahan Kandungan Nutrisi Pelepah Dan Daun Sawit Melalui Fermentasi Dengan Kapang Phanerochaete Chrysosporium*. Jurnal Penelitian Universitas Taman Siswa. Padang.
- Asmani, dkk. 2014. *Efisiensi Adsorpsi Arang Batang Kelapa Sawit (*Cocos ucifera* L) Dalam menurunkan Kadar BOD, COD, TSS, Dan pH Pada Limbah Cair Detergen Rumah Tangga*. Jurnal Lingkungan Dan Sumber Daya Alam. Vol. 5 (1)
- Cimino, G.; Passerini, A.; Toscano, G.. 2000. *Removal of Toxic Cations and Cr(VI) From Aqueous Solution By Hazelnut Shell*. Water Research. Vol. 34(11), 2955-2962.

Kardiman, K., La Ifa, L. I., & Rasyid, R. 2020. *Pembuatan Adsorben Dari Sabut Kelapa Sebagai Penyerap Logam Berat Pb(II)*. ILTEK : Jurnal Teknologi, 14(2), 2083–2087.

Khair. dkk. 2020. *Pembuatan Karbon Aktif melalui Karbonisasi Batang kelapa Sawit*. Chemistry Journal Of State University Of Padang, Vol. 9 No. 1. Universitas Negeri Padang.

Mohammad-Khah, A., & Ansari, R. 2009. *Activated Charcoal: Preparation, Characterization And Applications: A Review Article*. International Journal of ChemTech Research, 1(4), 859–864

Manurung, M., Sahara, E., Sihombing, P.S., 2019. *Pembuatan dan Karakterisasi Arang Aktif Dari Bambu Apus (Gigantochloa Apus) Dengan Aktivator H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>*. J. Kim. 13, 16.

Maulinda, L., Nasrul ZA., dan Nurbaity. 2017. *Hidrolisis Asam Lemak Dari Buah Sawit Sisa Sortiran*. Jurnal Teknologi Kimia Unimal. 6(2).

Pambudi, A. P. 2014. *Adsorpsiion Cu(II) menggunakan pasir laut teraktivasi H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> dan Tersalut Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>*. Jurnal MIPA , 53-61.

Pane, G.C., & Hamzah, F. 2018. *Pemanfaatan Kulit Buah Durian Pada Pembuatan Arang Aktif Dengan Metode Aktivasi Fisika-Kimia Menggunakan Asam Fosfat*. Jurnal JOM Faperta 5, 1-14.

Pari, G., Widayati, D.T., & Yoshida, M. 2009. *Mutu Arang Aktif Dari Serbuk Gergaji Kayu*. Jurnal Penelitian Hasil Hutan, 27(4), 381-398

Purwaningsih, D.. 2009. *Adsorpsi Multi Logam Ag(I), Pb(II), Cr(III), Cu(II) dan Ni(II) pada Silika dari Abu Sekam Padi*. Jurnal Penelitian Saintek, Vol. 14, No. 1, April

Pusat Dokumentasi Dan Informasi Ilmiah, LIPI. 1997. *Standar Kualitas Karbon Aktif*. Jakarta

Sahara, E., Sulihngtyas. W.D., & Mahardika, I.P.A.S. 2017. *Pembuatan Dan Karakterisasi Arang Aktif Dari Batang Tanaman Gumitir (Tagates erecta) yang Diaktivasi dengan H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>*. Jurnal Kimia, 11(1),1-9.

Syauqiah, Isna., Amalia, Mayang. Hetty. 2011. *Analisa Variasi Waktu Dan Kecepatan Pengadukan Pada Proses Adsorpsi Limbah Logam Berat Dengan Arang Aktif*. Jurnal Info Teknik, Vol.12 No. 1

SNI 06-3730-1995 Karbon Aktif. *Standar Nasional Indonesia. 6889.11:2004. Cara Uji Derajat Keasaman (pH)*. Badan Standarisasi Nasional.

Tay, J. H.; Chen X. G.; Jeyaseelan S. dan Graham N.. 2001. *Optimising the Preparation of Activated Carbon from Digested Sewage Sludge and Coconut Husk*, Chemosphere. 44(1), 45-51.

Wang, X.H., J.T. Dai, J.P. Wang and X.H. Wu. 2014. *Enhacement Extraction of Quercetin from Suaeda glauca Bge. Using Ionic Liquid as Solvent*. Asian Journal of Chemistry, 26 (4).

Yuliusman, Purwanto, W. W., dan Nughoro, Y. S. 2013. *Pemilihan Adsorben untuk Penjerapan Karbon Monoksida Menggunakan Model Adsorpsi Isotermis Langmuir*. Reaktor, 14(3), 225–233.

Zuhro, Miatuz. 2015. *Pengaruh Lama Perendaman dan Suhu Pengeringan Terhadap Sifat Fisik – Kimia Tepung Kimpul (Xanthosoma sagittifolium)*. Skripsi. Universitas Sriwijaya.

Zulfadhli,M., & Iriany. 2017. *Pembuatan Karbon Aktif Dari Cakang Buah Karet (Hevea brasilliensis) Dengan Aktivator H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> dan Aplikasinya Sebagai Penjerap Cr (VI)*. Jurnal Teknik Kimia USU, 6(1), 43–48.