

PEMBUATAN KARBON AKTIF DARI KULIT BUAH MAHONI DENGAN PERLAKUAN PERENDAMAN DALAM LARUTAN KOH

Siti Salamah

Program Studi Teknik Kimia Universitas Ahmad Dahlan
Kampus III UAD, Jl Prof. Dr . Soepomo Janturan Yogyakarta 55164
Email : salamah@mail.ugm.ac.id

Abstrak

Pohon mahoni (Swietenia macrophylla King) selama ini dikenal sebagai penyejuk jalan dan bahan untuk membuat segala furniture. Salah satu upaya peningkatan nilai ekonomis pohon mahoni terutama kulit buahnya dapat dilakukan dengan mengolahnya menjadi karbon aktif. Penelitian ini dibuat dari kulit buah mahoni, dilakukan untuk mempelajari pengaruh perlakuan perendaman larutan Kalium Hidroksida. Kulit buah mahoni digiling dan diayak sehingga diperoleh serbuk kulit buah mahoni. Dimasukan ke dalam furnace dengan suhu 400°C selama 1 jam. Setelah dingin, arang yang dihasilkan dihaluskan 100 mesh kemudian siap diaktivasi. Dibuat larutan KOH (kalium hidroksida) konsentrasi 1,2 dan 3 N. Ditimbang arang karbon masing-masing 15 gram, kemudian direndam dalam larutan KOH (Kalium Hidroksida) pada tiap-tiap konsentrasi dengan variasi waktu masing-masing 1, 2, 3, 4 dan 5 jam dan diaduk dengan stirer magnetik. Arang hasil rendaman ditiriskan dan dibiarkan di wadah terbuka pada temperatur kamar selama 2-3 hari. Sampel yang sudah diperoleh dimasukkan pada reaktor Fluidized Bed dengan pemanasan pada suhu 300°C dan aliran CO₂ 20 ml/menit selama 1 jam dengan berat karbon 15 gram. Hasil karbon aktif disimpan dalam wadah plastik yang tertutup dengan baik kemudian dilakukan analisis meliputi kadar air, berat jenis dan daya serap larutan iodium. Analisis dilakukan untuk mengetahui konsentrasi dan kondisi optimum waktu perendaman. Dari hasil penelitian dihasilkan karbon aktif dalam bentuk butiran halus berwarna hitam dan kering. Pengujian daya serap didapatkan hasil optimum pada konsentrasi larutan KOH 3 N dan lama perendaman 4 jam dengan kadar penyerapan 73,284 % dengan surface area 3,843872m²/g 2.

Kata kunci : Karbon Aktif, Kulit Buah Mahoni, Surface area

PENDAHULUAN

Pohon mahoni (*Swietenia macrophylla King*) selama ini dikenal sebagai penyejuk jalan dan bahan untuk membuat segala *furniture*. Pada tahun 1990an buah mahoni banyak digunakan sebagai vitamin dan obat-obatan yang pertama kali ditemukan oleh Doktor Larry Brookes seorang ahli biokimia.[9,11]. Salah satu upaya peningkatan nilai ekonomis pohon mahoni terutama kulit buahnya yaitu dapat dilakukan dengan mengolahnya menjadi karbon aktif. Dalam dunia industri karbon aktif sangat diperlukan karena dapat mengabsorpsi bau, warna, gas, dan logam. Pada umumnya karbon aktif digunakan sebagai bahan penyerap dan penjernih. Kebutuhan Indonesia akan karbon aktif untuk bidang industri masih relatif tinggi disebabkan semakin meluasnya pemakaian karbon aktif pada sektor industri. (5). Kebutuhan karbon aktif terus meningkat[3] Menurut Direktorat Perdagangan, Departemen Perdagangan RI saat ini, Indonesia masih

mengimport karbon aktif sebesar 12.250 ton/th. Sehingga pembuatan karbon aktif dari kulit buah mahoni mempunyai prospek yang sangat cerah bagi perkembangan industri yang dalam prosesnya menggunakan karbon aktif.

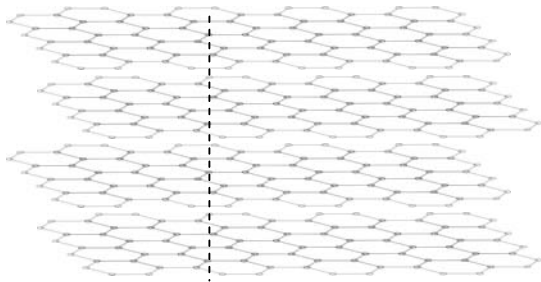
Dari uraian di atas, salah satu alternatif yang dapat dimanfaatkan untuk mengurangi ketergantungan terhadap impor karbon aktif, meningkatkan produksi karbon aktif di Indonesia dan menambah nilai ekonomis pohon mahoni adalah dengan memproses kulit buah mahoni menjadi karbon aktif. Selanjutnya karbon aktif dapat diaplikasikan sebagai bahan penjernih air sumur yang tercemar untuk menarik unsur kation, yaitu besi (Fe), seng (Zn) dan mangan (Mn). Beberapa penelitian pembuatan karbon aktif antara lain oleh Salamah 2001 tentang pembuatan karbon aktif dari tempurun kelapa dengan perendaman dalam larutan natrium bikarbonat. Nurdianto dkk (4) meneliti Perbandingan mutu karbon aktif dari serbuk gergaji batang kelapa dengan zat aktivasi CaCl₂ dan ZnCl₂. Sariawan dkk [7] membuat Arang aktif dari

jerami padi . Dalam penelitian ini akan dilakukan pembuatan karbon aktif dari kulit buah Mahoni dengan perendaman dalam KOH dengan tujuan Mengetahui pengaruh konsentrasi larutan KOH dan lama perendaman pada kondisi operasi optimum dalam pembuatan karbon aktif dari kulit buah mahoni. Tan ad All meneliti Optimasi kondisi preparasi aktivasi carbón dari tempurung kelapa dengan menggunakan metode *respon surface* [9].

TINJAUAN PUSTAKA

Karbon aktif adalah karbon yang mempunyai rumus kimia C dan berbentuk amorf, yang dapat dihasilkan dari bahan-bahan yang mengandung karbon atau dari arang yang diperlakukan dengan cara khusus untuk mendapatkan permukaan yang lebih luas. Luas permukaan karbon aktif berkisar antara 300 – 2000 m²/gram dan ini berhubungan dengan struktur pori internal yang menyebabkan karbon aktif mempunyai sifat sebagai adsorben (9). Karbon aktif dapat mengadsorbsi gas dan senyawa-senyawa kimia tertentu atau sifat adsorbsinya selektif, tergantung pada besar atau volume pori-pori dan luas permukaan. Daya serap arang aktif sangat besar, yaitu 25-1000% terhadap berat karbon aktif. (7)

Karbon aktif adalah karbon yang diproses sedemikian rupa sehingga mempunyai daya adsorbsi yang tinggi. Karbon aktif berbentuk amorf. Karbon ini terdiri dari pelat-pelat datar yang atom C-nya terikat secara kovalen dalam suatukisi heksagon. Pelat-pelat ini bertumpuk satu sama lainnya membentuk kristal-kristal dengan sisa hidrokarbon yang tertinggal pada permukaan. Dengan menghilangkan hidrokarbonnya menyebabkan permukaan menjadi aktif. (6,8)



Gambar. 1 Struktur Grafit

Struktur dasar karbon aktif adalah menyerupai struktur grafis murni, (dapat dilihat pada gambar 1 di atas). Kristal grafis terdiri dari lapisan-lapisan bidang heksagonal yang tersusun dari atom-atom karbon yang menyerupai cincin-cincin aromatis dalam senyawa organik.

Bahan baku karbon aktif pada umumnya berasal dari senyawa-senyawa organik seperti : tempurung kelapa, sekam padi, tongkol jagung, serbuk gergaji, dan lain-lain. Selain itu juga karbon aktif berasal dari hewan, tumbuh-tumbuhan, limbah ataupun mineral yang mengandung karbon dapat dibuat menjadi arang aktif,

antara lain: tulang, kayu lunak, sekam, tongkol jagung, tempurung kelapa, sabut kelapa, ampas penggilingan tebu, ampas pembuatan kertas, serbuk gergaji, kayu keras dan batubara [7].

Proses yang berlangsung selama pembuatan arang aktif pada dasarnya adalah penghilangan air (*dehidrasi*), pemecahan senyawa-senyawa organik dan dekomposisi tar yang sekaligus memperluas pori-pori. Proses pembuatan karbon aktif dapat dibagi dua:

1. Proses Kimia

Bahan baku dicampur dengan bahan-bahan kimia tertentu, kemudian dibuat padatan. Selanjutnya padatan tersebut dibentuk menjadi batangan dan dikeringkan serta dipotong-potong. Aktivasi dilakukan pada temperatur 100°C. Arang aktif yang dihasilkan, dicuci dengan air selanjutnya dikeringkan pada temperatur 300 °C. Dengan proses kimia, bahan baku dapat dikarbonisasi terlebih dahulu, kemudian dicampur dengan bahan-bahan kimia.

2. Proses Fisika

Bahan baku terlebih dahulu dibuat arang. Selanjutnya arang tersebut digiling, diayak untuk selanjutnya diaktivasi dengan cara pemanasan pada temperatur 1000 °C yang disertai pengaliran uap. Proses fisika banyak digunakan dalam aktivasi arang antara lain:

a. Proses Briket

Bahan baku atau arang terlebih dahulu dibuat briket, dengan cara mencampurkan bahan baku atau arang halus dengan ter. Kemudian, briket yang dihasilkan dikeringkan pada 550°C untuk selanjutnya diaktivasi dengan uap.

b. Destilasi kering

Merupakan suatu proses penguraian suatu bahan akibat adanya pemanasan pada temperatur tinggi dalam keadaan sedikit maupun tanpa udara. Dengan cara destilasi kering, diharapkan daya serap arang aktif yang menghasilkan dapat menyerupai atau lebih baik dari pada daya serap arang aktif yang diaktifkan dengan menyertakan bahan-bahan kimia. Dengan cara ini, pencemaran lingkungan sebagai akibat adanya penguraian senyawa-senyawa kimia dari bahan-bahan pada saat proses pengarangan dapat dihindari(8).

Dalam pembuatan karbon aktif terdiri dari tiga tahap yaitu:

a. Dehidrasi:

proses penghilangan air. Bahan baku dipanaskan sampai temperatur 170 °C.

b. Karbonisasi:

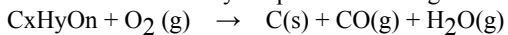
pemecahan bahan-bahan organik menjadi karbon. Karbonasi dilakukan pada suhu 400-900°C hasilnya didinginkan dan dicuci, untuk

menghilangkan dan mendapatkan kembali bahan kimia pengaktif, disaring dan dikeringkan (4). Temperatur diatas 170°C akan menghasilkan CO, CO₂ dan asam asetat. Pada temperatur 275°C, dekomposisi menghasilkan tar, metanol dan hasil sampingan lainnya. Pembentukan karbon terjadi pada temperatur 400-600 °C.

c. Aktivasi:

Dekomposisi tar dan perluasan pori-pori. Dapat dilakukan dengan uap atau CO₂ sebagai aktivator.

Karbon dihasilkan dari pembakaran tidak sempurna. Secara umum reaksinya dapat ditulis sebagai berikut:



Pembakaran tidak sempurna tidak terjadi bila hidrokarbon berlebih atau kekurangan oksigen pada penukaran sempurna hanya dihasilkan CO₂ dan H₂O, sedangkan pada pembakaran tidak sempurna selain dihasilkan CO₂ dan H₂O juga dihasilkan CO dan C (4).

Tujuan proses aktivasi karbon yaitu untuk memperbesar luas permukaan arang dengan membuka pori-pori yang tertutup sehingga memperbesar daya serapnya. Proses aktivasi arang atau karbon dikenal dua macam yaitu:

Proses aktivasi dengan menggunakan bahan kimia anorganik

Bahan kimia anorganik yang ditambahkan pada bahan baku untuk menurunkan atau menghilangkan senyawa organik selama karbonasi atau kalsinasi. Bahan kimia yang dapat digunakan sebagai pengaktif adalah HNO₃, H₃PO₄, Sianida, Ca(OH)₂, CaCl₂, Ca₃(PO₄), NaOH, Na₂SO₄, SO₂, ZnCl₂, dan Na₂CO₃

Proses aktivasi karbon aktif menurut (4) secara kimia pada umumnya dipengaruhi oleh faktor-faktor sebagai berikut:

- Jenis zat aktivasi

Kenaikan daya serap karbon yang dihasilkan berbeda untuk tiap jenis zat aktivasi.

- Konsentrasi zat aktivasi

Semakin besar konsentrasi zat aktivasi maka daya serap karbon yang dihasilkan semakin besar, tetapi pada penggunaan konsentrasi yang terlalu tinggi akan mendegradasi atau merusak selulosa yang mengakibatkan daya serap karbon aktif menurun.

- Ukuran bahan baku

Semakin kecil ukuran bahan baku yang diaktifkan semakin baik karena luas kontak antara bahan dengan larutan aktivasi semakin besar.

- Suhu penggarangan atau suhu karbonasi

Penggunaan suhu karbonasi yang berbeda akan menghasilkan karbon aktif dengan daya serap yang berbeda.

- Waktu karbonasi

Penggunaan Karbon Aktif

Penggunaan karbon aktif dibagi atas 2 tipe yaitu: karbon aktif sebagai pemucat dan sebagai penyerap uap.

1. Karbon aktif sebagai pemucat

Karbon aktif sebagai pemucat biasanya berbentuk powder yang sangat halus, diameter pori mencapai 1000 Å, digunakan dalam fase cair, berfungsi untuk memindahkan zat-zat pengganggu yang menyebabkan warna dan bau yang tidak diharapkan, membebaskan pelarut dari zat-zat pengganggu dan kegunaan lain yaitu pada industri kimia dan industri farmasi. Diperoleh dari serbuk-serbuk gergaji, ampas pembuatan kertas atau dari bahan baku yang mempunyai densitas kecil dan mempunyai struktur yang lemah.

2. Karbon aktif sebagai penyerap uap

Karbon aktif sebagai penyerap uap biasanya berbentuk granular atau pellet yang sangat keras diameter pori berkisar antara 10-200 Å, tipe pori lebih halus, digunakan dalam fase gas, berfungsi untuk memperoleh kembali pelarut, katalis, pemisahan dan pemurnian gas. Diperoleh dari tempurung kelapa, tulang, batu bata atau bahan baku yang mempunyai bahan baku yang mempunyai struktur keras. (5) Penggunaan karbon aktif dalam Industri pangan dan bukan pangan. [4]

1. Penggunaan dalam Industri pangan:

- a. Pemurnian minyak goreng
- b. Pemurnian gula
- c. Penjernihan air

2. Penggunaan dalam industri bukan pangan:

- a. Industri kimia dan farmasi
- b. Katalis

Kapasitas serap arang aktif merupakan kemampuan arang aktif dalam menyerap substansi yang ada dalam lapisan kapasitas arang aktif. Semakin besar kapasitas serap arang aktif berarti arang aktif tersebut semakin baik digunakan sebagai adsorber. (6)

METODOLOGI PENELITIAN

Proses Pembuatan Karbon Aktif Kulit Buah Mahoni.

1. Kulit buah mahoni dimasukan kedalam *furnace* dengan suhu 300°C selama 30 menit. Setelah dingin, arang yang dihasilkan dihaluskan lolos 100 mesh kemudian siap diaktivasi.

2. Dibuat larutan KOH (kalium hidroksida) dengan konsentrasi 1,2 dan 3 N.

3. Ditimbang arang karbon masing-masing 15 gram, kemudian direndam dalam larutan KOH (1,2 dan 3 N) dan diaduk dengan *stirer magnetik*. Pada perendaman tiap-tiap konsentrasi KOH dengan variasi waktu masing-masing 1, 2 ,3 ,4 dan 5 jam.

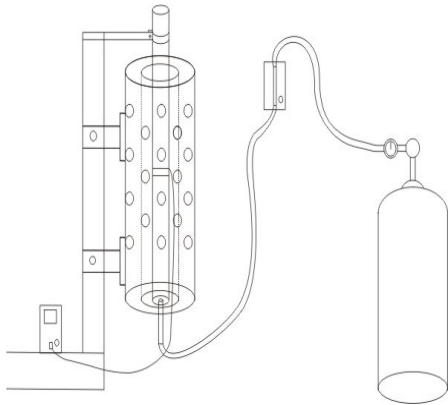
4. Arang hasil rendaman ditiriskan dan dibiarkan pada temperatur kamar selama 2-3 hari.

5. Sampel yang sudah diperoleh diaktivasi yaitu dimasukkan pada reaktor *Fluidized Bed* dengan

pemanasan pada suhu 300°C dan aliran CO₂ 20 ml/menit selama 1 jam.

6. Hasil karbon aktif disimpan dalam wadah plastik yang tertutup rapat kemudian dilakukan analisis meliputi kadar air, berat jenis, daya serap larutan iodium, dan analisis luas permukaan spesifik dengan BET di PPPT BATAN Yogyakarta.

Rangkaian alat dalam penelitian ini ditunjukkan oleh Gambar 1.



Gambar1. Reaktor Fluidized Bed

Keterangan gambar:

- | | |
|---------------------------|---------------------------|
| 1. Furnace | 7. Furnace |
| 2. Slongsong karbon aktif | 8. Slongsong karbon aktif |
| 3. Tabung CO ₂ | 9. Tabung CO ₂ |
| 4. Thermo Couple | 10. Thermo Couple |
| 5. Baro meter | 11. Baro meter |
| 6. Pengukur tekanan | 12. Pengukur tekanan |

Penentuan Daya serap (absorpsi) terhadap I₂

Ditimbang kurang lebih 0,5 gram karbon aktif dan dimasukkan ke dalam erlenmeyer, kemudian ditambahkan 25 ml larutan I₂ yang terlarut dalam KI dan dilakukan pengadukan dengan *sitter magnetic* selama 10 menit. Selanjutnya disaring dan diambil 10 ml filtratnya, kemudian dititrasikan dengan larutan Na₂S₂O₃ standar (0,168 N), sebagai indikator digunakan larutan amilum 5 %, volume penitris yang digunakan dicatat. Untuk menentukan konsentrasi larutan I₂ mula-mula digunakan larutan blangko dengan cara yang sama. Titrasi dilakukan sebanyak tiga kali. Daya serap terhadap I₂ dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$\text{Daya serap} = \frac{(a - b) \times 0,168 \times 126,9 \times 25}{Mk \times 1000 \times 5} \times 100\%$$

Dengan:

- Mk = berat karbon (gram)
- a = volume Na₂S₂O₃ yang diperlukan untuk titrasi sebelum absorpsi
- b = volume Na₂S₂O₃ yang diperlukan untuk titrasi sesudah absorpsi
- 126,9 = berat atom iodium

Analisis bahan baku.

Kadar air

Gelas arloji dibersihkan, dipanaskan dalam oven selama 10 menit dengan suhu 110°C didinginkan dalam eksikator. Setelah dingin ditimbang hingga konstan. Kulit buah mahoni yang telah dihaluskan dimasukkan dalam gelas arloji kemudian di timbang. Setelah itu dimasukkan ke oven dengan suhu 110°C selama 3 jam. Lalu di dinginkan dalam eksikator kemudian ditimbang. Kadar air dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$\text{Kadar air} = \frac{(\text{berat bahan mula-mula}) - (\text{berat bahan bebas air})}{\text{berat bahan mula-mula}} \times 100\%$$

Analisis produk:

Analisis hasil / Prosentasi produk

Arang hasil aktivasi ditimbang untuk diketahui beratnya

$$\text{Prosentasi hasil arang} = \frac{\text{berat arang}}{\text{berat kulit buah mahoni bebas air}} \times 100\%$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Karbon dari Kulit Buah Mahoni.

1. Kadar Air = 13,310%
 2. Absorpsi terhadap larutan Iodium = 20,253%
- Dari analisis diketahui bahwa karbon dari kulit buah mahoni sebelum diaktivasi mempunyai:
 Spesifik luas area = 0,918223 m²/gram.

Hasil Pembuatan KarbonAktif dari Kulit Buah Mahoni.

Hubungan antara konsentrasi larutan dengan daya absorpsi pada pembuatan karbonaktif dari kulit buah tampak pada Tabel 1.

Tabel 1. Hubungan antara konsentrasi larutan dengan daya absorpsi

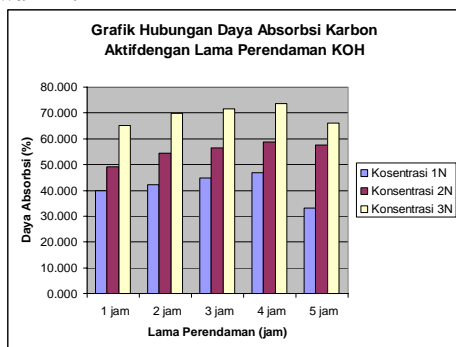
NO	Normalitas KOH	Waktu (Jam)	Daya Absorpsi Terhadap Larutan I ₂ Iodium (%)
1	1 N	1	39,974
		2	42,194
		3	44,770
		4	46,902
		5	33,044
2	2 N	1	49,034
		2	54,364
		3	56,496
		4	58,628
		5	57,562
3	3 N	1	65,095
		2	69,820
		3	71,419
		4	73,551
		5	66,090

Dari tabel.1 terlihat bahwa semakin besar konsentrasi larutan KOH maka absorpsinya semakin besar, hal ini disebabkan karena semakin besar konsentrasi KOH maka kemampuan mencegah timbunan hidrokarbon pada permukaan karbon semakin besar, disamping hal tersebut semakin besar konsentrasi larutan pengaktivasi

semakin mampu membuka pori dari karbon aktif sehingga daya serap karbon yang dihasilkan semakin besar. Hasil karbon aktif yang optimum terdapat pada konsentrasi 3 N dengan waktu perendaman 4 jam dengan absorpsi 73,551% dari hasil ini nampak bahwa karbon aktif yang telah diaktivasi mempunyai luas permukaan spesifik 3,843872m²/g. Naiknya luas permukaan karbon aktif sesudah peredaman dengan KOH menunjukkan bahwa aktivasi akan membuka luas pori dari karbon aktif.

Pengaruh Lama Perendaman Larutan KOH dengan Daya Absorpsi Karbon Aktif.

Peranan waktu lama perendaman karbon aktif dalam larutan KOH (Kalium Hidroksida) sangat berpengaruh terhadap kemampuan daya absorpsi karbon aktif yang dihasilkan, sebagaimana terlihat dalam gambar dibawah ini.



Gambar 2 Hubungan Lama Perendaman Larutan KOH dengan Daya Absorpsi Karbon Aktif.

Dari Gambar 2 Dapat dilihat bahwa proses perendaman larutan KOH dengan konsentrasi 1, 2, 3 N dan perendaman selama 1, 2, 3, 4, dan 5 jam, kondisi optimum didapat pada konsentrasi larutan KOH 3 N dan lama perendaman 4 jam, semakin lama perendaman daya serapnya semakin besar hingga pada waktu 4 jam, namun semakin lama waktu perendaman daya serapnya semakin menurun hal ini dikarenakan semakin lama waktu perendaman, semakin banyak larutan KOH yang terserap oleh karbon kulit buah mahoni sehingga pada kondisi yang maksimal kondisinya jenuh dengan kata lain permukaan poriporinya tertutup oleh KOH yang terserap sehingga daya absorpsi karbon aktif tersebut semakin menurun.

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian ini dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Karbon aktif dapat dibuat dari kulit buah mahoni dengan cara perlakuan perendaman dengan larutan KOH
2. Semakin besar konsentrasi larutan KOH maka absorpsi terhadap larutan Iodium semakin besar, hasil optimum didapat pada konsentrasi 3 jam dan

lama waktu perendaman empat jam sebesar 73,551%.

3. Berdasarkan hasil analisa dengan BET menunjukkan luas permukaan spesifik karbon sebelum diaktivasi sebesar 0,918223m²/g dan setelah diaktivasi pada kondisi optimum sebesar 3,843872m²/g dengan tingkat kenaikan 318,627%

UCAPAN TERIMAKASIH:

Penulis mengucapkan terimakasih pada Nano dan Kus Apit yang membantu dalam mengumpulkan data untuk penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [17] Achmad, Z dan Kuntaarsa, A. [1994]. *Pembuatan Arang Aktif dari Tempurung Kelapa*. Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, UPN "Veteran" Yogyakarta.
- [18] Anonymous. 1979. *Mutu dan Cara Uji Arang Aktif, Standar Industri Indonesia*. No.0258-79. Departemen Perindustrian RI:1-2
- [19] Fuad, Karim, A., 2005,. *Analisis Peluang Pengembangan Industri Arang Aktif di kabupaten Ogam Komering ULU*.
- [20] Nurdianto, Eko.N dan Sudewi, luh Made Tirta, 2004, *Perbandingan Mutu Karbon Aktif dari Serbuk Gergaji Batang Kelapa dengan Zat Aktivasi CaCl₂ dan ZnCl₂*. Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, UPN "Veteran" Yogyakarta.
- [21] Pujiarti, R., J.P. Gentur, Sutapa. [2005]. *Mutu Arang Aktif dari Limbah Kayu Mahoni (Swietenia macrophylla King) sebagai Bahan Penjernih Air*. Jurusan Teknologi Hasil Hutan, Fakultas Kehutanan UGM, Yogyakarta.
- [22] Salamah, S. [2001]. *Pembuatan Karbon Aktif dari Tempurung Kelapa dengan Perlakuan Karbonat*. Prosiding Seminar Nasional "Kejuangan" Teknik Kimia, Yogyakarta.
- [23] Sariawan, N.R dan Wahyu, Arief.M. [2005]. *Pembuatan Arang Aktif dari Jerami Padi Sebagai Adsorbent*. Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, UPN "Veteran" Yogyakarta.
- [24] Sembiring, Sinaga, 2003, *Arang Aktif (Pengalasan dan Proses Pembuatannya)*. Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Sumatera Utara.
- [25] Tan, I., A.W., Ahmad, A.L., Hamed, B.I., 2007, "Optimization of Preparation Condition for activated Carbon from Coconut Husk, Chemical Engineering Journal, USM Malaysia. P. 1 - 32
- [26] www.dephut.go.id/informasi/PRL/RRL/IFSP/swietenia_mahoni.pdt
- [27] www.pikiranrakyat.com/cetak/2005/0805/04/cakra wala/