

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1. Pengeluaran Kelapa Sawit

Indonesia merupakan salah satu penghasil kelapa sawit terbesar di Dunia, dan juga penghasil Crude Palm Oil (CPO). Namun sangat disayangkan CPO yang dihasilkan tidak dapat di eksprt langsung oleh Indonesia ke Negara tujuan, tapi harus melalui Negara lain seperti Malaysia. Mengingat Indonesia kini sebagai penghasil kelapa sawit Dunia yang dapat bersaing dengan beberapa Negara antara lain : Malaysia, Nigeria, Papua New Geinue, dan lain-lain.

Tabel 1.1. Jumlah eksport minyak sawit dunia dari beberapa Negara penghasil dari tahun 1995 – 2000

No	Negara	Tahun					
		1995	1996	1997	1998	1999	2000
1.	Malaysia	6.512	7.212	7.490	7.465	8.914	9.081
2.	Indonesia	1.855	1.851	2.982	2.002	3.319	4.170
3.	Papua N G	220	267	275	235	254	294
4.	Cote D'Ivoire	120	99	73	102	105	110
5.	Colombia	21	29	61	86	90	86
6.	Singapura	399	269	298	241	292	293
7.	Hongkong	275	305	173	103	94	158
8.	Negara Lain	791	711	821	577	749	812
Jumlah		10.195	10.763	12.173	10.811	13.817	15.004

2.2. Hasil Sampingan Industri Kelapa Sawit

Dalam persaingan kelapa sawit, berbagai cara dan strategi serta pengkajian telah dilakukan seiring dengan perluasan atau perkembangan penanaman kelapa sawit di Indonesia. Salah satu strategic yang telah dilakukan ialah strategic "zero=waste" atau penghasilan pengeluaran kelapa sawit tanpa bahan buangan atau hasil sampingan dari industri kelapa sawit ini, melalui penukaran dan penggunaan hasil sampingan pada produk yang bernilai. Strategi ini telah memperkenalkan penggunaan hasil sampingan kelapa sawit pada pasaran, dimana hasil sampingan merupakan sumber lignoselulose terbaru dan alternative padapenggunaan kayu untuk menghasilkan perabot. Pada masa kini, kebanyakan industri berdasarkan kayu sangat bergantung sepenuhnya pada penggunaan kayu. Pesat perkembangan dan permintaan kayu yang tinggi berbanding dengan pengeluaran menyebabkan sumber kayu semakin berkurang. Dari pengamatan yang telah dilakukan pada tempurung kelapa sawit banyak digunakan sebagai bahan campuran aspal, bahan bakar, baik dalam bentuk tempurung kering maupun arang (karbon) tempurung.

Pesatnya perkembangan industri kelapa sawit di Indonesia, yang tidak dapat dikontrol oleh berbagai pihak yang diawali dari banyaknya pengkonversian hutan menjadi kebun kelapa sawit yang menyebabkan semakin banyak penghasil bahan sampigan dari industri kelapa sawit yang kaya dengan bahan selulosa dan organik antara lain : pelepah,

tempurung, tandan, batang, serabut buah yang di perah (serabut mesokap) endapan cairan PKS.

2.3. Bahan Mentah Untuk Penghasil Produk Karbon

Polimer yang dihasilkan dari industri petroleum merupakan bahan mentah yang lazim digunakan untuk pembuatan produk karbon. Salah satu produk karbon yang digunakan adalah produk karbon glasi. Untuk produk karbon glasi, bahan mentah yang digunakan adalah polimer *thermosetting* atau resin fenol (Choe et al. 1992; Satri et al 1993), selulosa (Davidson and Losty 1963), lignoselulosa (Emmerich and Luengo, 1993), alcohol polifurfural (Sonobe et al. 1990), poliarilasetilena (Economi et al. 1990) dan polifenilen atau poli-imede (Hashiyama et al. 1993). Ciri-ciri utama bahan ini ialah mempunyai struktur molekul yang saling mengikat dalam tiga dimensi, sehingga kesannya hanya akan terjadi pirolisis dalam keadaan pepejal. .

Bahan-bahan tumbuhan yang digunakan sangat sesuai untuk digunakan sebagai bahan pemula atau awal untuk menghasilkan produk karbon pepejal seperti di Amerika penyelidikan yang digalakkan atas bahan lignoselulosa dari pokok-pokok tumbuhan telah mendapatkan perhatian serius untuk membuat produk karbon daripada beberapa jenis spesies kayu (Byrne and Nagle 1997 a, b) Bahan-bahan buangan dari industri pertanian biasanya dijadikan bahan mentah untuk karbon aktif, seperti tempurung kelapa (Laine & Calafat 1991; Groszek et al. 1991;

Laine and Yunes 1992) aprikot, tempurung badam, batu ceri dan buah anggur (Gergoiva et al. 1994). Sedangkan kajian untuk menghasilkan produk karbon dari bahan buangan pertanian yaitu endokop kelapa babasu sebagai bahan mentah untuk produk karbon telah banyak dilakukan (Singer 1963; Lewis & Singer 1982; Emmerich 1991). Kelebihan bahan lignoselulosa adalah dari segi sumber bahannya dapat diperbaharui jika bahan petroleum akan habis pada suatu hari.

2.4. Jenis-jenis Karbon

Karbon bersifat polimorfisme karena berbagai struktur yang berbeda baik dari segi susunan atom maupun jenis ikatan yang terjadi (James & Thomas 1994), seperti hablur grafit dan intan yang masing-masing berdimensi dua dan tiga (Yoshinori Ando 1995), fullerenes C_{60} yang berdimensi sifar (Kratschmer 1990) atau dalam bentuk amorfus seperti karbon hitam dan karbon glasi serta Carbynes (bentuk metastabil) (Bundy et al, 1996). Salah satu karbon yang banyak digunakan ialah karbon glasi yang merupakan produk karbon pepejal (PKP) yang dihasilkan melalui karbonisasi bahan organik pada suhu 1000°C dalam atmosfer pemanasan morfologi makroskopik asalnya kekal tanpa melalui fasa pertengahan plastik (Jenkins & Kawamura 1971). Secara umum, semua polimer yang mempunyai kandungan karbon dapat dijadikan sebagai bahan mentah atau bahan awal untuk menghasilkan produk karbon. Karbon merupakan unsure kumpulan IV B. Karbon mempunyai berat atom 12.01 amu dengan

nomor atom 6. Karbon mempunyai konfigurasi electron $1s^2 2s^2 2p^2$ dengan nomor pengoksidasian 2 dan 4 Karbon terdiri dari 3 isotop yaitu karbon 12(^{12}C), karbon 13 (^{13}C), dan karbon 14 (^{14}C). Karbon pada suhu 300°K mempunyai densitas sebesar $2,52\text{gcm}^{-3}$ dengan titik lebur dan didihnya sebesar 4100°K dan 4470°K (James & Thomas 1994).

Secara umum jenis karbon dapat dibagi atas :

1. Karbon Polimerik
2. Karbon Glasi
3. Grafit
4. Fullerence

2.5. Karbon Tempurung Kelapa Sawit

Pada umumnya tempurung kelapa sawit dimanfaatkan sebagai bahan bakar, baik dalam bentuk tempurung kering maupun arang (karbon) tempurung. Tempurung kelapa sawit mengandung senyawa-senyawa pembentuk tempurung seperti selulosa, metoksil, pentosa dan lignin dalam jumlah yang cukup banyak. Hal ini menyebabkan kekerasan dari tempurung kelapa sawit semakin besar, karena kadar air yang dikandung tempurung kelapa sawit rendah, maka proses perambatan panas sewaktu pengarangan dapat berlangsung dengan baik dan merata (Untari, 2002).

Arang adalah bahan padat yang berpori-pori dan merupakan hasil pembakaran dari bahan yang mengandung unsur karbon. Sebagian besar dari pori-porinya masih tertutup dengan hidrokarbon dan senyawa organik

lainnya. Pada proses karbonisasi hampir semua unsur bukan karbon lepas dalam bentuk gas sedangkan karbon bebas bergabung membentuk susunan semacam kristal yang disebut kristal grafit. Susunan dalam kristal ini tidak teratur, sehingga terdapat celah-celah bebas yang pada akhirnya akan membentuk pori (Untari, 2002).

Secara umum ciri-ciri karbon tempurung kelapa sawit yang baik adalah:

- Berwama hitam dan tidak mengotori tangan bila dipegang.
- Bila dipotong mengkilat dibagian potongan.
- Bila dijatuhkan pada benda keras akan berdenting.
- Tidak terlalu cepat habis dibakar.

Pembuatan karbon dapat dilakukan dengan dua cara yaitu cara fisika dan cara kimia. Secara fisika dikenal dengan destilasi kering, maksudnya adalah pembuatan atau pembakaran dilakukan tanpa oksigen pada temperatur sangat tinggi sehingga terjadi penguraian senyawa kompleks yang merupakan komponen utama tempurung menjadi karbon kemudian menghasilkan tiga bentuk wujud yaitu padat, cair dan gas. Temperatur selama proses pembakaran atau karbonisasi adalah 200-800°C (Smisek, 1970). Pada penelitian telah menggunakan bahan sampingan dari kilang kelapa sawit yaitu tempurung kelapa sawit yang juga merupakan bahan lignoselulosa untuk menghasilkan produk karbon pepejal (PKP) dan menjadikannya sebagai bahan mentah pilihan / alternatif untuk pembuatan produk karbon pepejal (PKP) yang merupakan

sebagai saingan bahan mentah hasil industri petroleum yang banyak digunakan.

Karbon (C) merupakan contoh zat polimorf yang berbentuk grafit dan intan (Keenan, 1996). Pada sistem priodik berkala, karbon merupakan golongan IVA yang mempunyai kemiripan sifat dengan silikon (Si) dan boron yang merupakan unsur nonlogam sejati. Ketiga unsur diatas merupakan zat padat yang tegar yang biasa dianggap sebagai molekul-molekul raksasa yang terdiri dari banyak atom yang berikatan kovalen (Keenan et al, 1992).

2.6. Difraksi Sinar-x

Jika suatu benda penghalang diletakkan diantara sumber cahaya dan layar maka sinar-sinar yang jatuh pada layar merambat terdeviasi. Sinar-sinar yang terdeviasi ini disebut cahaya terdifraksi. Apabila seberkas sinar-x didifraksikan ke suatu bahan tertentu, maka akan timbul beberapa puncak yang sesuai dengan hukum bragg. Pola difraksi yang dihasilkan oleh suatu bahan akan memberikan ciri khas, dimana untuk bentuk kristal pola difraksinya akan berbeda dengan kristal yang mempunyai struktur yang lain. Dengan demikian apabila kita mengetahui posisi puncak-puncak pola difraksinya maka dapat diketahui struktur kristal bahan tersebut (Nurbaiti, 2002).

Gejala difraksi adalah interferensi yang disebabkan oleh objek yang berada pada jalan gelombang. Difraksi terjadi, jika dimensi objek yang

mendifraksikan itu hampir sama dengan panjang gelombang radiasi dan jika ada benda yang menghalangi rambatan cahaya tersebut (Atkins, 1997). Gejala difraksi sinar-x merupakan hasil proses hamburan oleh elektron-elektron suatu atom, tanpa merubah panjang gelombang dan frekuensi sinar-x tersebut. Pada hamburan ini akan dihasilkan sinar yang terdifraksi hanya jika kondisi geometri tertentu terpenuhi. Kondisi ini dapat dinyatakan dalam hukum bragg (Cullity, 1978). Bragg mengemukakan bahwa atom dalam kristal yang tersusun dapat dianggap sebagai bidang pemantulan terhadap sinar-x. Berkas sinar-x yang terpantul oleh dua bidang bragg sejenis akan saling menguatkan jika beda lintasan kedua berkas sama dengan kelipatan bilangan bulat dari panjang gelombang sinar-x. Bila suatu berkas sinar-x jatuh pada atom-atom kristal maka berkas sinar datang akan dihamburkan oleh atom-atom kristal tersebut, Menurut Bragg. gelombang-gelombang yang maksimum dan minimumnya terjadi bersama-sama dikatakan sefase. Bila sinar-x dipantulkan panjang gelombang yang sefase di ABC akan sefase pula waktu mencapai LMN. Ini mungkin hanya bila selisih jarak ARL dan BSM merupakan kelipatan bilangan bulat dari panjang gelombang λ .

Dalam gambar terlihat bahwa: $\sin \theta = \frac{FS}{d} = \frac{SG}{d} = \frac{1/2\lambda}{d}$ (2.1)

atau $\lambda = 2d \sin \theta$ (2.2)

Spektrum karakteristik besarnya digunakan untuk menentukan bahan atau kristal dan yang bukan kristal sempurna juga bisa ditentukan strukturnya.

Penentuan struktur kristal berbasis pada persamaan dibawah ini:

$$2d \sin \theta = n\lambda \dots\dots\dots (2.3)$$

Dimana: θ = Sudut hamburan atau sudut difraksi Bragg

λ = Panjang gelombang sinar-x karakteristik

d = Jarak antara bidang

n = Orde difraksi

2.6.1. Produksi Sinar-x

Pada tahun 1895 Wilhelm Rontgen menemukan sebuah sinar yang diberi nama sinar-x. Sinar-x terjadi apabila elektron berenergi kinetik tinggi mengenai permukaan suatu logam. Tempat dimana partikel-partikel bermuatan listrik tersebut menumbuk logam, akan merupakan sumber sinar dengan daya tembus yang luar biasa (Cullity, 1978). Radiasi elektromagnetik dalam selang panjang gelombang aproksimasi 1-100 Å pada waktu ini digolongkan sebagai sinar-x. Dari penelitian tentang sinar-x, Rontgen menyimpulkan bahwa sifat-sifat yang dimiliki sinar-x, yaitu:

- Merambat menurut garis lurus,
- Tidak terlihat,
- Tidak terpengaruh medan listrik maupun medan magnet,
- Bisa menghitamkan pelat foto,
- Dapat menyebabkan bahan-bahan tertentu berpendar ketika ditumbuk sinar-x,
- Memiliki daya tembus yang besar.

Adanya potensial yang tinggi antara kedua elektroda tabung sinar-x ini (antara katoda dan anoda) akan menarik elektron-elektron yang dipancarkan oleh filamen dengan cepat sekali ke anoda, sehingga terjadilah tumbukan antara elektron-elektron dengan anoda. Hasil dari tumbukan inilah yang menimbulkan pancaran sinar ke segala arah. Sinar inilah kemudian yang disebut dengan sinar-x atau sinar rontgen (Jenkins, 1987). Seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.2 dibawah ini:

Spektrum sinar-x dibagi menjadi dua bagian yaitu: spektrum kontinue biasanya dipakai dalam ilmu kedokteran, misalnya untuk melihat bagian-bagian dalam tubuh), dan spektrum karakteristik dipakai dalam bidang fisika yaitu untuk penentuan struktur kristal (Beiser, 1983).

Spektrum karakteristik terjadi karena adanya transisi elektron pada atom target, yaitu pada kulit K, L, M... dan seterusnya. Berkas elektron yang berenergi cukup besar mampu untuk mengeksitasikan elektron dari kulit K ke kulit L, M dan seterusnya. Elektron yang tereksitasi dari kulit K ke kulit L, M, N... ini beberapa saat kemudian akan kembali ke kulit K. Transisi elektron dari L ke kulit K menghasilkan radiasi monokromatis yang disebut spektrum karakteristik $K\alpha$, sedangkan transisi elektron dari kulit M ke kulit K menghasilkan spektrum karakteristik $K\beta$. Demikian pula transisi elektron dari kulit M ke kulit L menghasilkan spektrum karakteristik L dan seterusnya. Besarnya intensitas spektrum karakteristik ini adalah:

$$I = B i (V - V_k)^n \dots\dots\dots (2.4)$$

Dimana:

- I = Intensitas sinar-x
- B = Konstanta perbandingan
- i = Arus tabung sinar-x (Ampere)
- V_k = Tegangan eksitasi (Volt)
- n = Konstanta ≈ 1,5

Energi karakteristik sinar-x tergantung dari perbedaan energi antara kulit-kulit yang bertransisi. Panjang gelombang dari radiasi karakteristik sinar-x ini sesuai dengan nomor atom unsur tersebut, dan dari orbit berapa ke orbit berapa elektron tersebut berpindah. Ini dapat dirumuskan sesuai dengan hukum Moseley yaitu pada persamaan dibawah ini (Jenkins, 1988):

$$\frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2} \right) (Z - 1)^2 \dots\dots\dots (2.5)$$

- Dimana: λ = Panjang gelombang karakteristik sinar-x (Å)
- R = Konstanta Rydberg (1.097 x 10⁷ m⁻¹)
- n₁-n₂ = Nomor orbital eksitasi
- Z = nomor atom unsur Energi karakteristik radiasi sinar-x

dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

$$E = \frac{hc}{\lambda} \dots\dots\dots (2.6)$$

- Dimana: E = Energi dalam KeV
- h = Konstanta Planck (6.63 x 10⁻³⁴ Js)
- c = Kecepatan cahaya (3 x 10⁸ ms⁻¹)
- λ = Panjang gelombang dalam Å (10⁻¹⁰ m)

Dari informasi mengenai energi sinar-x karakteristik suatu sampel maka unsur-unsur penyusun sampel tersebut dapat diidentifikasi. Sedangkan dari informasi tentang intensitas sinar-x karakteristik yang dapat dipancarkan, maka dapat diketahui konsentrasi unsur-unsur dalam sampel.

2.6.2. Analysis Energy Dispersive Atomic X-Ray (EDAX)

Bila sebuah target ditembaki dengan foton atau partikel bermuatan maka terdapat kemungkinan bahwa elektron di kulit atom akan tereksitasi, Sehingga akan diikuti pemancaran sinar-x karakteristik. Energi dari sinar-x yang dipancarkan dapat diukur sehingga jenis unsur pemancarnya dapat ditentukan, hal ini disebut sebagai analisis kualitatif, sedangkan kuantitas sinar-x yang dipancarkan juga dapat dihitung untuk menentukan jumlah unsur pemancarnya, hal ini disebut analisis kuantitatif (Sekine, 2000).

Di dalam analisis EDAX, bahan yang akan dianalisa dieksitasi dengan foton. Pemilihan energi pengeksitasi yang terbaik yaitu sedikit di atas energi sinar-x K atau L dari bahan yang akan dianalisa, sebabampang lintang ionisasi kulit K untuk suatu elemen akan berkurang dengan bertambahnya energi di atas energi K atau L tersebut.

2.6.3. Analisis Kualitatif

Analisis kualitatif dilakukan untuk menentukan jenis unsur yang terdapat dalam sampel. Sebelum melakukan analisis kualitatif diperlukan kalibrasi energi yaitu mencari hubungan atau korelasi antara energi radiasi

yang dipancarkan dan posisi kanal pada spektrum yang diperoleh. Hal ini dilakukan dengan membuat spektrum energi radiasi dari suatu nuklida standar yang telah diketahui puncak energinya. Pengukuran sampel yang akan dianalisa jenis unsurnya harus dilakukan pada kondisi alat yang tepat sama dengan kondisi kalibrasi.

2.6.4. Analisa Kuantitatif

Intensitas sinar-x karakteristik yang dipancarkan pada metoda ini sebanding dengan kadar unsur pemancarnya, sehingga untuk menentukan kandungan suatu bahan diperlukan unsur standar yang telah diketahui kadarnya sebagai pembanding. Akan tetapi ternyata intensitas sinar-x yang dipancarkan tersebut juga sangat dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu jarak, intensitas radiasi pengekstasi, struktur matrik penyusun serta kadar kandungan unsurnya, maka faktor di atas harus diusahakan dalam kondisi yang sama, agar di dalam melakukan pengukuran kandungan unsur suatu bahan tidak mengalami kesulitan.