

Analisis Bahan Bakar Arang Tempurung Kelapa Sebagai Fungsi Suhu Dengan Teknik Resonansi Spin Elektron

Donny R. Wenas, Cyrke A.N. Bujung
Jurusan Fisika, Universitas Negeri Manado (UNIMA)
Jl. Kampus UNIMA Tonsaru, Tondano
E-mail: roy.wenas@yahoo.com

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengukur besaran tetapan Lande (g), waktu relaksasi spin-spin (T_2) dan rapat spin (spin/gram) pada bahan bakar arang tempurung kelapa dalam dan hibrida serta kegayutannya terhadap peubah suhu, lebih khusus lagi untuk melihat perbedaan besaran-besaran fisis bahan arang tempurung kelapa dalam dan kelapa hibrida, serta persentase kadar karbon (C) yang terkandung didalamnya.

Penelitian ini menggunakan spektrometer ESR (Electron Spin Resonance) tipe ER-200tt yang mempunyai rongga (cavity) segi empat beragam TE_{102} . Dibuat pemanas berupa kompor listrik yang dilengkapi dengan penutup, dan tombol pengatur suhu diatur secara kontinu.

Hasil penelitian menunjukkan kegayutan antara waktu relaksasi spin-spin (T_2) dan rapat spin (spin/gram) terhadap peubah suhu, sedangkan faktor Lande (g) tak gayut suhu. Waktu relaksasi spin-spin (T_2) dari kedua jenis bahan bakar arang tempurung kelapa berbanding terbalik terhadap kenaikan suhu sampai sekitar 200 C, dan antara 200 C sampai 300 C hampir konstan. Bahan bakar arang tempurung kelapa dalam memiliki waktu relaksasi spin-spin lebih kecil dibandingkan dengan kelapa hibrida. Kedua jenis bahan bakar arang tempurung kelapa ini memiliki nilai T_2 berorde 10^{-9} sampai 10^{-8} detik. Rapat spin (spin/gram) dari kedua jenis arang tempurung kelapa sebanding dengan kenaikan suhu sampai sekitar 250 C, dan hampir konstan antara 250 C sampai 300 C. Bahan bakar arang tempurung kelapa dalam memiliki nilai spin/gram lebih besar dibandingkan dengan kelapa hibrida. Nilai rapat spin dari kedua jenis bahan bakar arang tempurung kelapa ini berorde 10^{18} sampai 10^{19} spin/gram. Kandungan karbon (C) pada arang tempurung kelapa dalam sebesar 93% lebih besar dibanding arang tempurung kelapa hibrida sebanyak 70%.

Kata kunci: ESR, rapat spin.

1. Pendahuluan

Kajian tentang bahan bakar arang tempurung kelapa dengan menggunakan perangkat Resonansi Spin Elektron (ESR, *Electron Spin Resonance*) adalah sangat menarik untuk diangkat sebagai fokus penelitian. Akan dicari informasi kegayutan efek serapan resonansinya pada ESR terhadap perubahan suhu, sehingga diharapkan dapat diperoleh informasi lebih lengkap tentang parameter fisis dari sampel dan selanjutnya dapat diperoleh sifat khusus tertentu dari bahan arang tempurung kelapa dalam dan kelapa hibrida.

Indonesia merupakan salah satu negara penghasil berbagai jenis kelapa yang besar di dunia, bisa digali informasi fisis dari bahan-bahan ini. Arang tempurung kelapa yang merupakan komoditi ekspor Indonesia lebih khusus Sulawesi Utara perlu untuk dikembangkan secara optimal, untuk itu diperlukan informasi fisis dari bahan ini dan selanjutnya dapat diperoleh sifat-sifat fisis dan karakteristik dari bahan bakar arang tempurung kelapa ini.

Kajian Resonansi Spin Elektron dari bahan yang berkadar karbon (C) telah diselidiki oleh J. Smith pada tahun 1990, disimpulkan bahwa lebar spektrum turunan pertama (ΔB_{pp}) gayut kadar karbon (C) yakni nilai ΔB_{pp} bernilai tetap untuk kadar C 65 sampai 94% dan naik tajam untuk 95 sampai 97%, waktu relaksasi spin-spin (T_2) gayut terhadap suhu sampel yakni di bawah 400°C [1]. Duber dan Wieckowski menyelidiki hubungan antara waktu relaksasi spin-spin T_2 dengan rasio kadar hidrogen terhadap karbon (H/C), disimpulkan bahwa T_2 berbanding terbalik terhadap nilai H/C [2]. Bambang (1992) menyelidiki spektrum ESR batubara, diperoleh informasi kegayutan T_2 terhadap suhu [3]. Pengujian spektrum ESR yang berkadar karbon (C) keadaan basah dan kering telah diselidiki oleh Dack *et al* [4], mereka menyimpulkan bahwa sampel kering memberikan spektrum lebih baik, dan nilai faktor Lande (g) tidak gayut terhadap atenuasi daya gelombang elektromagnetik dari klistron K .

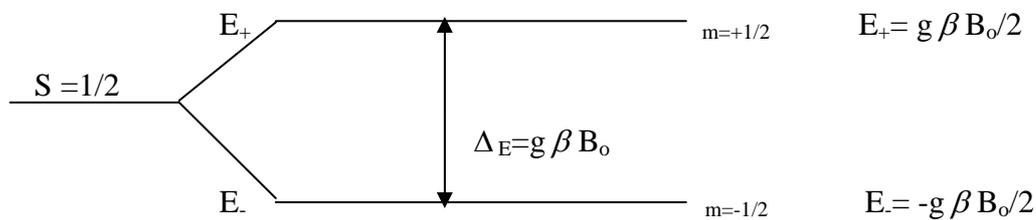
Studi ESR dari bahan arang tempurung kelapa telah diselidiki oleh D.R. Wenas [5], yang menyimpulkan bahwa waktu relaksasi spin-spin dan rapat spin gayut terhadap peubah suhu. Namun penelitian ini belum sampai pada penentuan persentase kadar karbon (C) dalam sampel. Penentuan morfologi dan unsur-unsur pada arang tempurung kelapa dengan menggunakan SEM/EDX telah dilakukan oleh Marabunta [6], diperoleh hasil bahwa 90,66% massa unsur C terkandung dalam arang tempurung kelapa.

Eksperimen ini akan menampilkan informasi tentang nilai tetapan Lande (g) dari sampel, waktu relaksasi spin-spin (T_2), rapat spin (N_{spin}) dan kadar karbon (C) dalam sampel yang harganya bergantung pada lebar antara puncak spektrum turunan pertama (ΔB_{pp}) yang terkait dengan perubahan suhu. Dari besaran-besaran fisis terukur pada atom bahan yang diselidiki dapat dipergunakan untuk mengetahui sifat-sifat fisis dan karakteristik dari bahan arang tempurung kelapa dalam dan kelapa hibrida.

Resonansi spin elektron (ESR, *Electron Spin Resonance*) yang juga disebut resonansi paramagnetik elektron (EPR, *Electron Paramagnetic Resonance*) adalah terjadinya resonansi magnetik pada elektron oleh pengaruh medan magnet luar. ESR ditemukan pada tahun 1944 oleh Zavoisky [7].

Resonansi paramagnetik didahului oleh pemberian medan magnet homogen \vec{B}_0 dan medan magnet osilasi. Bila frekuensi osilasi ini sama dengan frekuensi Larmor, akan terjadi resonansi sehingga terjadi serapan tenaga magnetik oleh elektron, dan terjadi perubahan tingkat tenaga sistem elektron. Bila medan magnet \vec{B}_0 masih rendah, momentum sudut total elektron yang merupakan jumlahan momentum sudut spin dan momentum sudut orbital elektron masih bertahan membentuk $\vec{j} = \vec{l} + \vec{s}$. Dalam medan magnet \vec{B}_0 yang cukup kuat, jumlahan $\vec{j} = \vec{l} + \vec{s}$ lepas karena masing-masing berinteraksi langsung dengan \vec{B}_0 , dengan tenaga interaksi $E = -\vec{\mu}_l \cdot \vec{B}_0 - \vec{\mu}_s \cdot \vec{B}_0$. Bila hanya ditinjau sistem spin, maka tenaga interaksi magnetiknya $E = -\vec{\mu}_s \cdot \vec{B}_0 = g\beta B_0 m_s$ dengan $m_s = \pm \frac{1}{2}$ (Gambar 1). Elektron akan menempati tingkat tenaga yang rendah. Bila ditambahkan lagi medan magnet osilasi dengan frekuensi ω , akan terjadi resonansi bila $\hbar\omega = \Delta E$, maka elektron akan menyerap tenaga tersebut untuk menaikkan tenaga ke aras yang lebih tinggi. Besarnya faktor Lande [8]

$$g = \frac{h\nu}{\beta B_0} \tag{1}$$



Gambar 1. Diagram aras tenaga spin elektron dalam medan magnet homogen \vec{B}_0

Bila terjadi resonansi, ada serapan tenaga gelombang elektromagnetik (gelombang mikro) yang dapat diamati sebagai sinyal serapan.

Besarnya nilai waktu relaksasi spin-spin (T_2) diukur berdasarkan lebar puncak spektrum turunan pertama (ΔB_{pp}) dengan kaitan

$$T_2 = \frac{2}{\gamma \Delta B_{pp} \sqrt{3}} \tag{2}$$

dengan $\gamma =$ tetapan giromagnetik ($= \frac{g\beta}{\hbar}$), dan $\beta = \frac{e\hbar}{2m} = 9,2732 \times 10^{-24} \text{ Jm}^2 / \text{weber}$ adalah tetapan magneton Bohr.

Pengukuran rapat spin (N_{spin}) arang tempurung kelapa dihitung dengan membandingkan dengan sampel standar pada kondisi spektrometer yang sama (GPP, SG, RC, t_m) dengan kaitan

$$N_{spin} = \Delta B_{pp}^2 Y_m' \left\{ \frac{N_{spin}}{\Delta B_{pp}^2 Y_m'} \right\}_{st} \quad (3)$$

dengan Y_m' adalah tinggi puncak spektrum.

2. Eksperimen

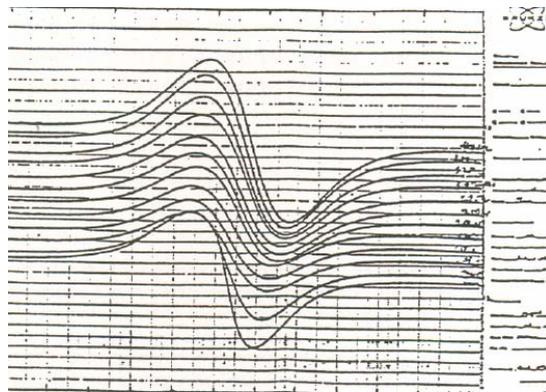
Penelitian ini menggunakan sampel paramagnetik yaitu arang tempurung kelapa dalam dan kelapa hibrida yang berasal dari Manado Sulawesi Utara. Cara membuatnya yaitu kelapa yang sudah dikupas diambil tempurungnya dan dibersihkan, kemudian tempurung kelapa ini dikeringkan dan dibakar. Setelah itu ditumbuk dan diperoleh arang tempurung kelapa. Sampel ini bersifat radikal (memiliki elektron tak berpasangan). Sampel-sampel ini diambil spektrumnya dengan suhu yang diubah dari suhu kamar (23,6 °C) sampai 300°C. Sebagai sampel standar/penera digunakan antrasin yang dimaksudkan untuk mengecek resolusi ESR. Dari spektrum ESR akan diperoleh informasi nilai lebar spektrum (ΔB_{pp}), tinggi spektrum (Y_m'), faktor Lande (g), waktu relaksasi spin-spin (T_2), rapat spin (spin/gram) dan kadar karbon (C) yang terkandung dalam sampel.

Peralatan yang digunakan pada pengamatan sinyal resonansi paramagnetik yaitu spektrometer ESR tipe ER-200tt buatan Bruker yang mempunyai rongga (cavity) segi empat beragam TE_{102} . Dalam penelitian ini suhu sampel divariasikan, sehingga dibuat pemanas berupa kompor listrik yang dilengkapi dengan penutup, dan tombol pengatur suhu diatur secara kontinu. Pengukur suhu digunakan alat ukur termometer digital tipe 2572.

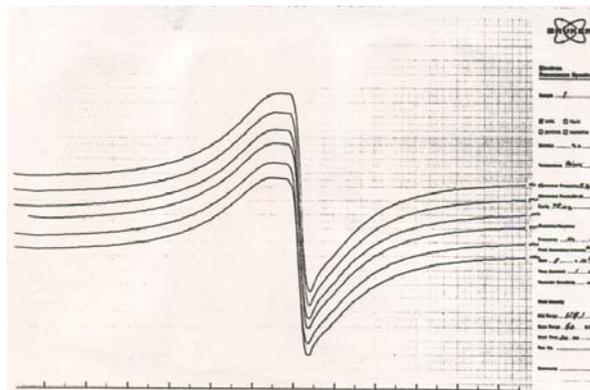
3. Hasil dan Pembahasan

Hasil penelitian pendahuluan dengan menggunakan sampel standar antrasin menunjukkan bahwa spektrometer ESR tipe ER-200tt buatan Bruker ini layak digunakan dalam penelitian ini.

Hasil eksperimen untuk variasi suhu dari kedua jenis bahan bakar arang tempurung kelapa dengan kondisi spektrometer yang tetap, ditunjukkan pada Gambar 2 dan 3.

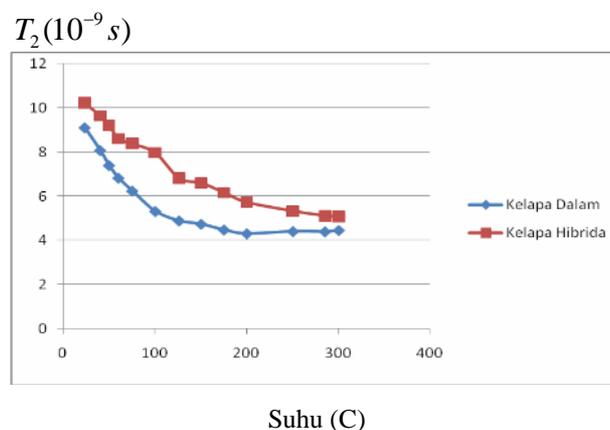


Gambar 2. Spektrum ESR arang tempurung kelapa dalam pada variasi suhu dari suhu kamar sampai 300,2 C.



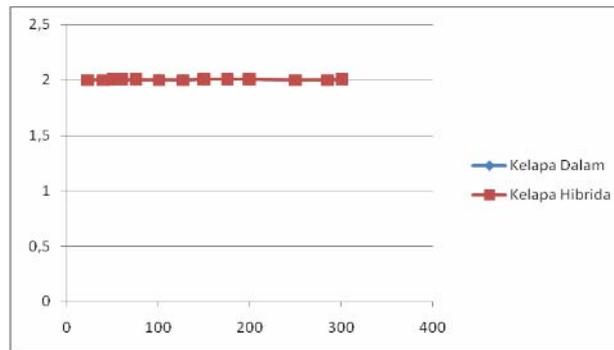
Gambar 3. Spektrum ESR arang tempurung kelapa hibrida pada beberapa suhu yang berbeda dari 150,4 C sampai 300,2 C.

Dari data Gambar 2 dan 3 di atas, dapat dihitung nilai waktu relaksasi spin-spin (Gambar 4), faktor Lande (Gambar 5) dan rapat spin (Gambar 6) sebagai fungsi suhu.



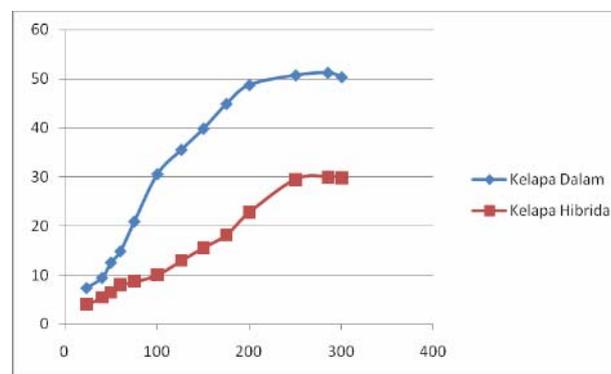
Gambar 4. Waktu relaksasi spin-spin (T_2) fungsi suhu

Faktor Lande (g)



Suhu (C)

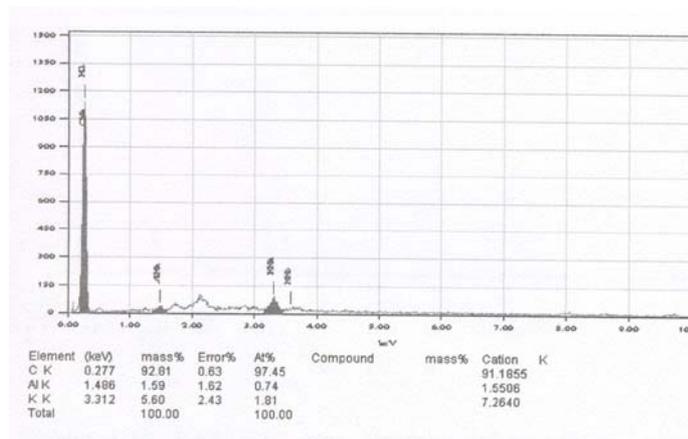
Gambar 5. Faktor Lande (g) fungsi suhu

spin/gram (10^{18})

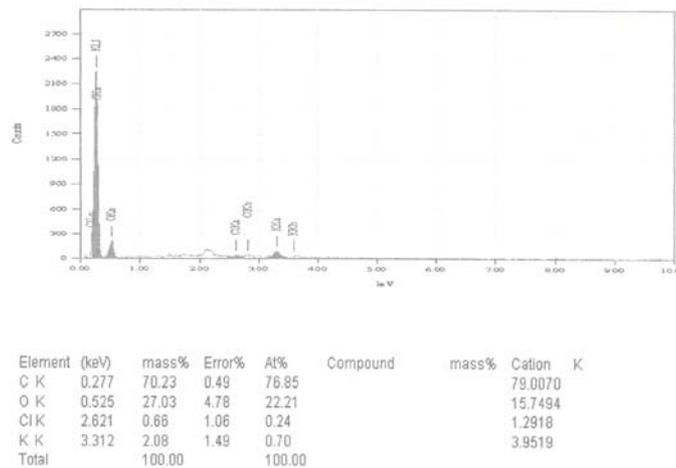
Suhu (C)

Gambar 6. Rapat spin (spin/gram) fungsi suhu

Hasil EDX (*Energy Dispersive X-ray Spectrometer*) kandungan karbon pada arang tempurung kelapa diberikan pada Gambar 7 dan 8 di bawah ini.



Gambar 7. Hasil EDX arang tempurung kelapa dalam



Gambar 8. Hasil EDX arang tempurung kelapa hibrida

Dua jenis arang tempurung kelapa yaitu arang tempurung kelapa dalam dan kelapa hibrida. Diperoleh informasi kegayutan waktu relaksasi spin-spin dan rapat spin terhadap suhu, sedangkan faktor Lande tak gayut suhu (Gambar 4, 5 ,6).

Pada Gambar 4, terlihat bahwa kedua jenis bahan bakar arang tempurung kelapa menghasilkan grafik karakteristik fungsi suhu yang serupa. Pada perubahan suhu dari suhu kamar (23,6 C) sampai sekitar 200 C, waktu relaksasi spin-spin (T_2) mengecil, antara 200 C sampai 300 C hampir konstan. Ini menunjukkan bahwa makin tinggi suhu sampai sekitar 200 C maka kecepatan untuk eksitasi seluruh dwikutub magnet oleh spin elektron dari aras tenaga rendah ke aras tenaga yang lebih tinggi makin cepat, mengakibatkan waktu relaksasi spin-spin makin kecil. Dari Gambar 4, terlihat bahwa bahan bakar arang tempurung kelapa dalam memiliki waktu relaksasi spin-spin lebih kecil dibandingkan dengan kelapa hibrida. Kedua jenis kelapa ini memiliki nilai T_2 berorde 10^{-9} sampai 10^{-8} detik.

Dari Gambar 5, terlihat bahwa faktor Lande (g) dari kedua jenis bahan bakar arang tempurung kelapa adalah tak bergantung pada suhu, ini menunjukkan bahwa walaupun suhu sampel dinaikkan nilai momen dwikutub magnet spin elektron $\bar{\mu}_s$ tetap. Faktor Lande (g) menunjukkan besarnya sifat magnetik suatu bahan per elektron. Kedua jenis kelapa ini memiliki nilai faktor Lande (g) rata-rata yang sama yaitu $g = (2,0012 \pm 0,0020)$. Nilai ini mendekati nilai faktor Lande (g) untuk elektron bebas yaitu $g = 2,0023$.

Dari Gambar 6, terlihat bahwa nilai rapat spin (spin/gram) dari kedua jenis arang tempurung kelapa adalah bergantung (gayut) suhu. Terlihat bahwa makin tinggi suhu makin besar nilai spin/gram, hal ini menunjukkan bahwa dengan suhu yang tinggi sampai

sekitar 250 C maka kadar karbonnya makin tinggi sehingga rapat spin (spin/gram) makin besar. Pada suhu sekitar 250 C sampai 300 C nilai spin/gram hampir konstan. Pada Gambar 6, terlihat bahwa kelapa dalam memiliki nilai spin/gram lebih besar dibandingkan dengan kelapa hibrida. Nilai rapat spin dari kedua jenis bahan bakar arang tempurung kelapa ini berorde 10^{18} sampai 10^{19} spin/gram.

Dari Gambar 7 dan 8, terlihat bahwa kandungan karbon (C) pada arang tempurung kelapa dalam sebesar 93% lebih besar dari arang tempurung kelapa hibrida sebanyak 70%. Hal ini dapat dipahami karena nilai rapat spin (spin/gram) dari arang tempurung kelapa dalam lebih besar dibandingkan dengan kelapa hibrida.

4. Kesimpulan

Diperoleh kegayutan antara waktu relaksasi spin-spin, rapat spin terhadap peubah suhu, sedangkan faktor Lande tak gayut suhu. Waktu relaksasi spin-spin (T_2) berbanding terbalik terhadap kenaikan suhu sampai sekitar 200 C, dan antara 200 C sampai 300 C hampir konstan. Bahan bakar arang tempurung kelapa dalam memiliki waktu relaksasi spin-spin lebih kecil dibandingkan dengan kelapa hibrida. Kedua jenis bahan bakar arang tempurung kelapa ini memiliki nilai T_2 berorde 10^{-9} sampai 10^{-8} detik. Rapat spin (spin/gram) dari kedua jenis arang tempurung kelapa sebanding dengan kenaikan suhu sampai sekitar 250 C, dan hampir konstan antara 250 C sampai 300 C. Bahan bakar arang tempurung kelapa dalam memiliki nilai spin/gram lebih besar dibandingkan dengan kelapa hibrida. Nilai rapat spin dari kedua jenis bahan bakar arang tempurung kelapa ini berorde 10^{18} sampai 10^{19} spin/gram. Kandungan karbon (C) pada arang tempurung kelapa dalam sebesar 93% lebih besar dibanding arang tempurung kelapa hibrida sebanyak 70%.

Ucapan Terima Kasih

Penelitian ini dibiayai oleh DP2M DIKTI tahun 2007.

Daftar Pustaka

- [1]. J. Smith (1990), Theory of wave guides as applied in ESR spectrometer. FMIPA UGM, Yogyakarta.
- [2]. S. Duber and A.B. Wieckowski (1981), EPR study of molecular phases in coal, Fuel 61: 433-436.
- [3]. M.E.J. Bambang (1992), Studi ESR dari bahan batubara oleh perubahan suhu dan tekanan, Tesis S2, FPS, UGM, Yogyakarta.

-
- [4]. S.W. Dack et al (1984). EPR study of organic free radicals in victorian browncoal. Fuel 61: 219-221.
- [5]. D.R. Wenas (1995). Studi EPR dari bahan arang tempurung kelapa sebagai fungsi suhu, Tesis S2, FPS, UGM, Yogyakarta.
- [6]. D.S. Marabunta (2007). Aktivasi abu batubara dan arang tempurung kelapa menggunakan air (steam) secara batch, Skripsi S1, FMIPA, UNPAD, Bandung.
- [7]. S. Laachir, M. Moussetad, R. Adhiri, A. Fahli, M. Aboulfatad, M. Mikou (2005), Simulation of ginger EPR spectra obtained by x-irradiation, quantum approach. EJTP 7: 20-25.
- [8]. C.P. Poole, Jr. (1983), Electron Spin Resonance, second edition, John wiley and sons, Inc., Canada.