

PENGARUH TEMPERATUR TERHADAP TINGKAT SERAPAN AIR DALAM BAHAN POLY (2-VINYL PYRIDINE -CO-STYRENE)

Oleh:

*Wiendartun, Heni Rusnayati, dan Saeful Karim**

Jurusan Pendidikan Fisika

Fakultas Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Universitas Pendidikan Indonesia

ABSTRACT

Hydrophilic properties of organic polymer such as Poly (2-Vinylpyridine-Co-Styrene) have been found to have a correlation with other physical properties especially the electric resistivity. In this work, we have studied one of the physical properties of a polymer material, Poly (2-Vinylpyridine-Co-Styrene), that is the electric resistivity. It was studied on the basis of its relation with the concentration, temperature, humidity and the distance between their electrodes. The sample fabricated consists of two types of concentration: 0.03 gr/ml and 0.05 gr/ml with the distance between the two electrodes are 0.40 mm and 0.80 mm respectively. Towards these samples, we investigated the resistance coefficient for every 2% change in humidity for both drying and watering processes. From the experiment we obtain the following results: 1) There is hysteresis during the watering and drying processes indicating the continuity of resistance of this material, 2) Sample with smaller distance of electrodes performs better than that of the longer ones, 3) Sample fabricated from solution with higher concentration performs better than that of the lower ones, 4) Room temperature plays a significant role on the performance of the polymer material between the associated electrodes. These results could be used as a stepping-stone toward the more advance research leading the determination of film stability, resistancy upon temperature variation etc, so that this polymer material could be further developed into the humidity sensor device material.

Key words: *Hydrophilic, electric resistance, humidity sensor and polymer.*

* Reviewer: Achmad A. Hinduan
Prof. Pendidikan Fisika Pascasarjana/Jurusan Pendidikan Fisika
FPMIPA UPI.

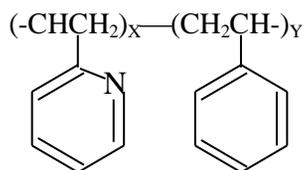
PENDAHULUAN

Salah satu tantangan di dunia industri dewasa ini adalah dengan peningkatan efisiensi. Upaya untuk menjawab tantangan tersebut adalah dengan melakukan otomatisasi dalam dunia manufaktur yang mempunyai konsekuensi salah satunya harus mengembangkan pula berbagai sensor. Salah satu sensor yang dikembangkan saat terakhir ini adalah sensor kelembaban dari bahan polimer. Bahan ini mempunyai beberapa keunggulan antara lain: Tidak mudah teroksidasi di udara, memiliki respon yang cepat (memiliki kepekaan yang tinggi), sinyal yang dihasilkan berbentuk electric sehingga memudahkan untuk pemrosesan lebih lanjut. Aplikasi sensor kelembaban ini sangat luas, antara lain dapat diterapkan sebagai alat deteksi, alat ukur kelembaban ruangan, atau besaran-besaran lain yang dapat dikonversi dari besaran hambatan.

Guna turut mendukung upaya di atas, kami tertarik untuk menyelidiki bagaimana pengaruh temperatur terhadap tingkat serapan air dalam bahan poly (2-vinylpyridine-co-styrene). Dari hasil penelitian ini diharapkan dapat digunakan untuk berbagai keperluan, antara lain menjadi bahan pengembangan eksperimen di Laboratorium. Tujuan penelitian ini adalah ingin mengetahui pengaruh temperatur terhadap resistivitas lapisan tipis (film) bahan polimer poly (2-vinyl pyridine-co-styrene) pada kelembaban ruangan tertentu dikaitkan dengan konsentrasi larutan serta jarak antar elektrodanya.

TINJAUAN PUSTAKA

Polimer (macromolekul) merupakan molekul besar yang dibangun dari pengulangan kesatuan-kesatuan kimia yang kecil dan sederhana (monomer) yang proses pembentukannya secara teratur sehingga dapat disebut molekul rantai, misalnya poly (2-vinyl pyridine co-styrene) yang mempunyai struktur molekul seperti:



Poly (2-vinylpyridine-co-styrene) ini berupa serbuk berwarna putih kekuning-kuningan, berisi 30% styrene, terdiri dari Carbon 71% hingga 79%, Nitrogen 11% hingga 12,5%. Poly (2-vinylpyridine-co-styrene) ini dapat dititrasikan oleh air dengan persentase 4% hingga 10%. Poly (2-vinylpyridine-co-styrene) dapat dilarutkan dalam berbagai pelarut antara lain: pyridine, ethanol, butanone serta isopropanol, mempunyai titik didih 115,2°C, rapat massa 0,983 kgm⁻³ dan indeks bias 1,509. Poly

(2-vinylpyridine-co-styrene) ini akan tercemar (kotor) bila diberi chloride (Cl) maksimum 0,0005%, sulfat (SO_4) maksimum 0,0005% dan tembaga (Cu) maksimum 0,000005%, Bahan polimer sebagaimana halnya Poly (2-vinylpyridine-co-styrene) pada umumnya mempunyai massa jenis yang rendah, bersifat sebagai isolator panas dan listrik serta cenderung tembus cahaya atau bening.

Pada proses serapan Fisika, molekul yang terabsorpsi terikat pada permukaan melalui ikatan tipe Van der Waals yang lemah. Pada ikatan ini tidak terjadi transfer muatan dari atom-atom substrat ke atom-atom yang datang dan sebaliknya. Dalam absorpsi fisika, kalor yang dilepaskan menunjukkan ukuran besar kalor yang dilepaskan saat proses kondensasi gas. Banyaknya gas yang terabsorpsi dapat berupa beberapa lapisan monomolekul. Absorpsi fisika dapat dengan mudah dibalik, yaitu dengan menurunkan tekanan gas atau konsentrasi zat terlarut. Absorpsi fisika akan semakin kecil pada suhu yang semakin tinggi. Pada proses absorpsi fisika, gaya tarik yang terjadi berasal dari momen dipol antara atom yang datang dengan atom permukaan terdekat.

Pada peristiwa absorpsi akan terjadi pertukaran elektron antara molekul terabsorpsi dengan atom-atom permukaan. Jika pada suatu proses absorpsi terjadi suatu ikatan yang agak kuat pada permukaan sehingga spesies aslinya tak dapat ditemukan, maka molekul tersebut mengalami absorpsi kimia. Kasus yang paling ekstrim pada absorpsi kimia terjadi jika sejumlah elektron meninggalkan molekul terabsorpsi dan tinggal pada atom substrat terdekat atau sebaliknya. Lebih umum lagi terjadi percampuran fungsi gelombang elektron-elektron valensi molekul terabsorpsi dengan elektron-elektron valensi atom-atom substrat menjadi suatu fungsi gelombang baru. Pada ikatan ini elektron-elektron dapat dianggap bergerak didalam orbital-orbital antara atom-atom substrat tersebut dengan molekul-molekul terabsorpsi, sehingga akan terjadi suatu ikatan kovalen. Molekul-molekul yang mengenai permukaan substrat akan mengambil tempat pada permukaan dan mengalami absorpsi fisika yang lemah dengan energi ikat E_p . Selama dalam keadaan ini, proses-proses vibrasi dan elektronik dapat terjadi, yang memungkinkan molekul-molekul ini dapat mengatasi barrier energi yang rendah sehingga pertukaran elektron antara atom substrat dan molekul dapat terjadi. Setiap molekul yang berada pada sumur potensial dengan energi dasar E_0 , molekul tersebut terabsorpsi kimia pada substrat.

Pengaruh absorpsi terhadap resistivitas film, proses absorpsi molekul terjadi oleh suatu permukaan, apabila molekul-molekul tersebut kehilangan energinya dan kemudian terikat pada permukaan tersebut. Cepat lambatnya suatu proses absorpsi bergantung pada energi aktivasi. Banyaknya molekul yang terabsorpsi sebagian besar bergantung pada sifat khas zat padatnya, sifat molekul yang terabsorpsi, tekanan dan suhu. Dalam hal ini semakin banyak molekul yang diabsorpsi oleh suatu permukaan bahan, maka konduktivitasnya semakin kecil atau resistivitasnya semakin membesar. Sehingga proses absorpsi sangat mempengaruhi hambatan

(resistansi) suatu bahan, dimana hambatan akan menurun bila laju absorpsi semakin tinggi. Pada proses absorpsi, secara empiris hubungan antara temperatur dengan hambatan film dapat ditulis sebagai berikut: $R = R_0 \exp [E/kT]$ Dengan R_0 = Faktor pra Exponensial, k = Konstanta Boltzman, E = Energi aktivasi dan T = Temperatur Absolut (mutlak).

PROSEDUR PERCOBAAN

Bahan untuk sampel: polimer serbuk Poly (2-vinylpyridine-co-styrene), pelarut: pyridine (C_5H_5N), elektroda tembaga (Cu), pembuatan elektroda: mula-mula dibuat gambar elektroda sesuai dengan ukuran yang diperlukan kemudian gambar tersebut dilapiskan ke PC board melalui proses etsa. Untuk membuat lapisan tipis bahan polimer tersebut digunakan metoda sputering kemudian dilapiskan pada permukaan elektroda. Alat untuk percobaan meliputi: Gelas bill jar yang dihubungkan dengan pompa vakum. Multimeter digital digunakan untuk mengukur hambatan sampel, higrometer digunakan untuk mengukur kelembaban dalam ruang vakum, gas Nitrogen untuk mengeringkan atau mengusir molekul air didalam ruang vakum, trapping digunakan untuk mengeringkan/memurnikan gas nitrogen, elemen pemanas digunakan untuk memanaskan ruang vakum dan termometer digital digunakan untuk mengukur temperatur ruang vakum.

Dalam pembuatan elektroda yang digunakan untuk sampel adalah elektroda tembaga yang ditempelkan pada substrat fiber glass. Adapun cara pembuatan elektroda tersebut adalah sebagai berikut: Mula-mula membuat gambar elektroda akan dicetak dengan menggunakan bantuan program komputer, selanjutnya dicetak di transparan, melapisi PC board dengan positif 20, kemudian dikeringkan diruang gelap, gambar elektroda di transparan tadi ditempelkan diatas PC board tersebut, kemudian disinari dengan lampu halogen atau sinar matahari beberapa saat (sekitar 5 menit), PC board yang telah disinari tersebut dimasukan kedalam larutan NaOH, sehingga muncul gambar elektroda, dimasukan kedalam larutan $FeCl_3$. Oleh larutan $FeCl_3$ ini bagian gambar elektroda tidak akan terkikis tembaganya, sedang tembaga bagian yang lainnya akan larut, kemudian cuci dengan aquadest, agar lapisan tembaga tidak mudah teroksidasi diudara maka dicelupkan lagi kedalam larutan perak, selanjutnya dikeringkan kedalam oven sekitar $100^\circ C$ selama satu jam.

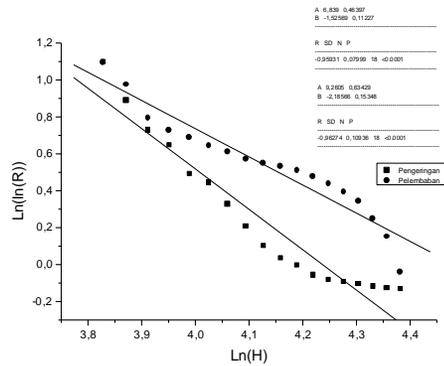
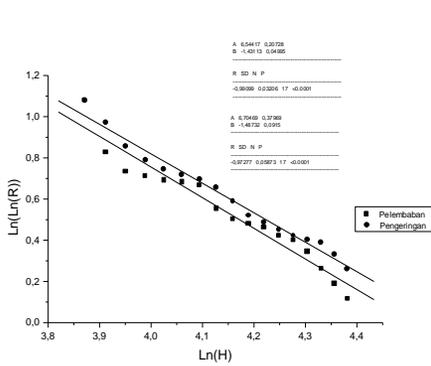
Untuk membuat film atau lapisan tipis Poly (2-vinylpyridine-co-styrene) yang akan dilapiskan ke elektroda tembaga dilakukan sebagai berikut: Larutkan serbuk Poly (2-vinylpyridine-co-styrene) kedalam larutan pyridine dengan konsentrasi $C_1 = 0,05 \text{ gr.cm}^{-3}$ dan $C_2 = 0,03 \text{ gr.cm}^{-3}$, aduk dengan stirrer sambil dipanaskan pada suhu antara $70^\circ C$ hingga $80^\circ C$, diperoleh larutan Poly (2-vinylpyridine-co-styrene) yang berwarna bening, kental dan lengket. Kalau larutan tersebut masih panas dan ada gelembung-gelembung diamkan beberapa saat sehingga gelembung-gelembung

udara pun hilang, lapiskan larutan tersebut ke elektroda dengan cara diambil dengan pipet tetes, selanjutnya teteskan ke elektroda, kemudian ratakan dengan jarum suntik, keringkan dalam oven pada temperatur antara 80°C sampai 90°C. Jangan dipanaskan melebihi 100°C, karena akan mengakibatkan film Poly (2-vinylpyridine-co-styrene) menjadi rapuh dan retak, kemudian patrikan kawat penghubung pada ujung elektroda.

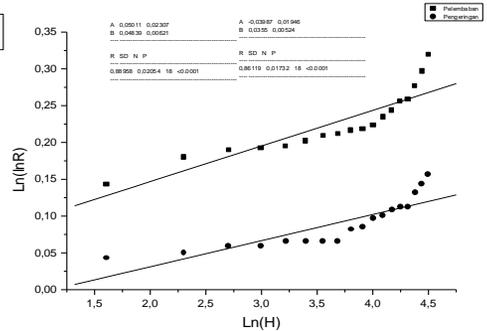
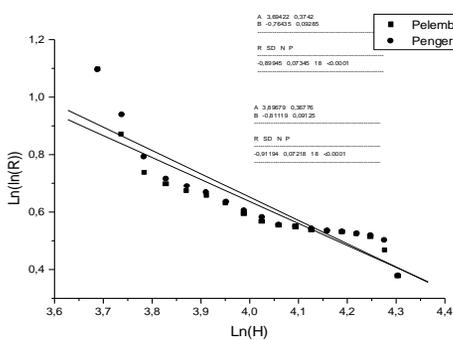
Prosedur pengukuran: Mula-mula masukan higrometer dan sampel kedalam bill jar, kabel penghubung dari sampel dihubungkan dengan multimeter, catat kelembaban awal, gas nitrogen dimasukan dengan perlahan-lahan untuk mengusir atau mengeringkan gas dalam bill jar, setelah dicapai kelembaban yang dikehendaki (dalam percobaan kami 30%), pemasukan gas nitrogen dihentikan. Selanjutnya ruang dalam glas jar divacumkan sekitar 30 detik atau kelembaban 30%, dimaksudkan agar dapat menarik air yang akan dimasukkan kemudian. Selanjutnya kelembaban ruang dinaikan sedikit demi sedikit dengan cara memasukan air ke ruang tersebut sambil pemanas dijalankan. Dalam proses pelembaban ini catat nilai hambatan sampel (R) dan temperatur ruang (T) untuk setiap kenaikan kelembaban sebesar 2%. Untuk proses pengeringan, dilakukan dengan memasukan lagi gas nitrogen sedikit demi sedikit, agar perubahan kelembaban dalam ruang glas jar tidak terlalu cepat. Catat kembali nilai hambatan sampel (R) dan temperatur (T) untuk setiap penurunan kelembaban sebesar 2%. Apabila proses pengeringan sudah selesai diamati, diulang kembali pengukuran pelembaban dan pengeringan untuk sampel yang berbeda.

HASIL DAN PEMBAHASAN

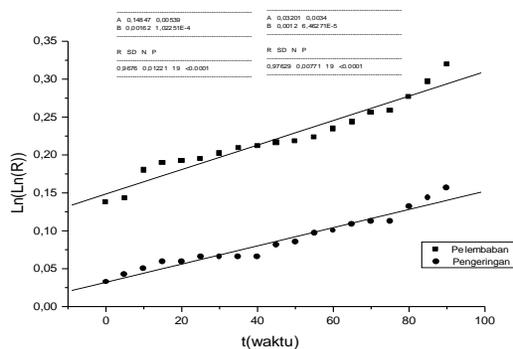
Data dalam penelitian ini dapat dikelompokkan kedalam dua jenis data, yaitu data yang bisa diperoleh sebelum dilakukan pengukuran resistansi dan data yang diperoleh selama proses pengukuran. Data jenis pertama antara lain: konsentrasi larutan, jarak antara elektroda, temperatur awal dan kelembaban awal. Sedang data yang diperoleh selama proses pengukuran adalah: hambatan listrik, temperatur dan kelembaban ruangan. Dari hasil pengukuran, data yang didapat merupakan hambatan listrik film sampel pada saat sampel menyerap atau melepaskan molekul-molekul air dari permukaan. Pada penelitian ini dilakukan pengukuran hambatan untuk setiap perubahan kelembaban sebesar 2%. Ada empat buah sampel yang diamati dalam penelitian ini, yaitu; dua sampel yang dibedakan oleh jarak antar elektrodanya, dan dua sampel yang dibedakan oleh konsentrasinya. Untuk melihat hubungan antara resistansi Poly (2-vinylpyridine-co-styrene) dengan kelembaban, konsentrasi larutan, dan jarak antar elektroda, data diatas selanjutnya di plot ke bentuk grafik $L_n(H)$ terhadap $L_n(L_n(R))$, sehingga diperoleh grafik sebagai berikut:



Dari grafik ke satu dan ke dua, yaitu yang diperoleh dari sampel dengan konsentrasi larutan sama, tapi jarak antar elektrodanya yang berbeda, tampak untuk sampel yang jarak elektrodanya kecil lebih baik dibandingkan dengan sampel yang berjarak elektrodanya besar.



Dari grafik ketiga dan ke empat, yaitu yang diperoleh dari sampel dengan jarak elektrodanya sama tapi konsentrasinya berbeda, tampak bahwa pada sampel yang konsentrasinya lebih besar mempunyai histeresis yang lebih kecil dibandingkan dengan sampel yang konsentrasinya kecil. Hal ini berarti pula, sampel dengan konsentrasi larutan yang besar lebih baik dibandingkan dengan sampel yang konsentrasinya kecil.



Dari grafik ke-lima diperoleh hubungan antara waktu (t) dengan nilai resistivitas listrik pada hambatan dan temperatur tertentu terlihat ada perubahan nilai hambatan listrik sampel yang tidak terlalu besar. Ini diperkirakan perubahan nilai kelembaban dalam ruang glass jar tidak konstant.

Dari data yang diperoleh nilai hambatan listrik berada pada orde antara satu hingga 20 Mega Ohm. Sedangkan rentang kelembaban yang terukur antara 40% sampai dengan 80%. Dari bentuk grafik yang diperoleh ternyata hubungan antara $L_n(H)$ dengan $L_n(L_n(R))$ tidak persis linier, ini diperkirakan disebabkan karena tingkat kekeringan Poly (2-vinylpyridine-co-styrene) pada sampel belum cukup tinggi. Dalam percobaan kami, pengeringan dalam ruang vakum hanya dilakukan selama satu jam, yang seharusnya sekitar empat jam, sehingga lapisan tipis film tersebut masih mengandung sedikit unsur air. Selain itu mungkin karena kemurnian dari bahan Poly (2-vinylpyridine-co-styrene) itu sendiri yang belum sempurna.

KESIMPULAN

Dari data dan hasil analisa pada bab sebelumnya, maka dapat disimpulkan bahwa:

- (1) Resistansi film Poly (2-vinylpyridine-co-styrene) dipengaruhi oleh faktor serapan molekul air.
- (2) Terjadi histeresis antara pengukuran selama proses pelembaban dengan proses pengeringan.
- (3) Pada sampel yang jarak elektrodanya kecil ternyata lebih baik (histeresisnya lebih kecil) bila dibandingkan dengan sampel yang berjarak elektroda besar.
- (4) Pada sampel yang dibuat dengan konsentrasi larutan yang tinggi ternyata lebih baik (histeresisnya lebih kecil) bila dibandingkan dengan sampel yang konsentrasi larutannya kecil.
- (5) Temperatur ruangan mempunyai pengaruh yang cukup berarti pada nilai hambatan listrik bahan Poly (2-vinylpyridine-co-styrene) antara dua elektroda yang bersangkutan.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis ucapkan banyak terimakasih kepada Prof Dr Yoshio Takeuchi, Ph.D dari Universitas Kyorin.dan Dr Yoriyoshi Kawai dari Universitas Gakushun, Tokyo Jepang yang telah membantu penyediaan bahan polimer sehingga terlaksana kegiatan penelitian ini

DAFTAR PUSTAKA

- Blythe, A.R. (1979), *“Electrical Properties of Polimer“*. London: Cambridge University Press.
- Herman F Mark, Norman G Gaylord, Nobert M. Bikales. (1979), *“Encyclopedia of Polimer Science and Technology“*; Vol 14; New York: John Willey & Sons Inc.
- Y Sakai, Y. Sadaoka and Matsuguchi (1989). *“Journal of the Electrochemical Society”* Vol 136 p 171.
- Y Sadaoka, Y Sakai and H. H Akigama (1986), *“Journal Material Science”* .Vol. 21 p 235-240.