

KARAKTERISTIK LAPISAN TIPIS POLIANILIN SEBAGAI BAHAN AKTIF SENSOR GAS BENZENE

¹⁾Pramesti Regita Ariyanti, ²⁾Nugrahani Primary Putri

¹⁾ Program Studi Fisika, FMIPA, Universitas Negeri Surabaya, email: Pramesti.19038@mhs.unesa.ac.id

²⁾ Program Studi Fisika, FMIPA, Universitas Negeri Surabaya, email: Nugrahaniprimary@unesa.ac.id

Abstrak

Polianilin (PANi) adalah salah satu jenis polimer konduktif yang dapat disintesis dengan menggunakan metode elektrodeposisi pada substrat ITO. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dan mendeskripsikan performa penginderaan PANi terhadap gas Benzene. Lapisan tipis PANi terbentuk pada permukaan substrat ITO dengan menggunakan *scan rate* sebesar 100 mV/s dan siklus sebanyak 10. Hasil uji spektroskopi PANi sebelum dan sesudah terpapar gas Benzene tidak menunjukkan perbedaan dan masih dalam range gugus fungsi PANi. Untuk mengetahui performa penginderaan lapisan PANi terhadap gas analit dilakukan uji resistansi menggunakan *Four Point Probe* (FPP) dan didapatkan hasil sensitivitas, *recovery time*, dan *response time*, yang cenderung meningkat seiring peningkatan konsentrasi gas Benzene yang dipaparkan. Pada penginderaan Benzene dengan konsentrasi rendah (2 ppm) didapatkan *response time* sebesar 34.18 S, *recovery time* sebesar 30.56 s, dan sensitivitas sebesar 6,48%. Pada penginderaan Benzene dengan konsentrasi tinggi (20 ppm) didapatkan *response time* sebesar 63.04 s, *recovery time* sebesar 54.39 s, dan sensitivitas sebesar 11,73 %. Sehingga, lapisan PANi layak digunakan sebagai bahan fungsional sensor gas Benzene

Kata Kunci: Polianilin, Benzene, Sensitivitas

Abstract

Polyaniline (PANi) is one type of conductive polymer that can be synthesized using the electrodeposition method on an ITO substrate. This study aims to analyze and describe the results of the sensitivity, reusability, response time, and recovery time of PANi to Benzene gas. Thin PANi films are formed on the surface of the ITO substrate using a scan rate of 100 mV/s and 10 cycles. The spectroscopic analysis of PANi before and after exposure to Benzene gas shows no significant difference and remains within the range of PANi functional groups. To assess the sensing performance of the PANi film towards the analyte gas, resistance tests are conducted using a *Four Point Probe* (FPP), yielding sensitivity, recovery time, and response time results that tend to increase with the increasing concentration of exposed Benzene gas. For the detection of low concentration Benzene (2 ppm), the response time is 34.18 s, the recovery time is 30.56 s, and the sensitivity is 6.48%. For the detection of high concentration Benzene (20 ppm), the response time is 63.04 s, the recovery time is 54.39 s, and the sensitivity is 11.73%. Therefore, the PANi film is suitable for use as a functional material for Benzene gas sensing.

Keywords: Polyaniline, Benzene, Sensitivity

I. PENDAHULUAN

Volatile Organic Compounds (VOC) atau disebut juga sebagai senyawa organik volatil adalah kelompok besar senyawa kimia organik yang ditemukan di banyak produk yang mudah menguap dan masuk ke lingkungan dalam kondisi normal. VOC memiliki volatilitas yang tinggi, mobilitas dan ketahanan yang kuat terhadap degradasi yang memungkinkan mereka untuk diangkut jarak jauh dalam media lingkungan setelah dirilis (Pandey dan Yadav, 2018). Diantara berbagai senyawa aromatik VOC benzene bersifat karsinogen (White, 2014). BTX dipancarkan ke udara melalui knalpot kendaraan dan proses industri seperti pembuatan cat, kosmetik, perekat, dll. Berdasarkan data dari Badan Standarisasi Nasional SNI 19-0232-2005 tentang nilai ambang batas (NAB) gas BTX di tempat kerja, gas benzene memiliki nilai ambang batas 32 mg/m³ atau sekitar 10 ppm. Benzene dalam paparan tingkat tinggi dapat menyebabkan gejala neurotoksik. Paparan Benzene secara terus-menerus dalam kadar yang tinggi dapat mengakibatkan kerusakan pada sumsum tulang manusia, kerusakan DNA pada sel tubuh, dan kerusakan sistem kekebalan tubuh. Sehingga untuk mencegah bahaya keracunan gas BTX sensor gas harus dapat mendeteksi di bawah nilai ambang batas dari gas tersebut. PANI telah berhasil digunakan untuk memonitor VOC seperti alkohol, eter, amonia, BTX, karbondioksida, dan lain-lain. Baru-baru ini, ditunjukkan bahwa komposit yang mengandung gugus tembaga dalam matriks PANI telah menunjukkan responses yang reversibel dan cukup baik untuk BTX.

Metode yang banyak digunakan untuk sintesis lapisan tipis PANi dengan peningkatan sifat fungsional yaitu menggunakan metode elektrodeposisi. Pelapisan substrat dengan menggunakan metode elektrodeposisi memiliki berbagai macam keunggulan, diantaranya susunan peralatan yang tergolong sederhana sehingga mudah dilakukan, prosesnya yang cepat, efisien, lapisan yang dihasilkan bersifat *adherent*, tidak membutuhkan temperatur tinggi, proses pelapisan tidak memerlukan tegangan tinggi dan juga tidak membutuhkan terlalu banyak reagen (Andiani, *et al.*, 2019). Untuk mensintesis lapisan tipis PANi dapat menggunakan berbagai macam substrat salah satunya ITO. Penggunaan ITO yang lebih unggul dikarenakan lapisan tipis PANi yang dihasilkan pada substrat ITO lebih konduktif dan mempunyai morfologi permukaan yang tebal. Selain itu, penggunaan kaca ITO memiliki keunggulan yang bersifat transparan sehingga dapat ditembus oleh cahaya tampak, ketahanan yang baik pada temperature tinggi dan harganya yang cukup murah.

II. METODE

A. Sintesis Lapisan Tipis Polianilin

Sintesis PANi dilakukan dengan metode elektrodeposisi pada substrat ITO. Larutan elektrolit yang digunakan yaitu larutan HCL 0,5 M ditambahkan dengan Anilin 0,25 M. Dengan scan rate yang digunakan sebesar 10 mV/s dan siklus sebanyak 10 kali.

B. Karakteristik

Pada proses elektrodeposisi untuk mengkarakterisasi proses polimerisasi PANi dilakukan dengan pengujian Karakteristik Cyclic Voltammetry (CV). Uji FTIR dilakukan untuk mengetahui gugus fungsi suatu senyawa dimana gelombang yang dihasilkan digunakan untuk mengidentifikasi gugus fungsi suatu senyawa dari analisis ikatan yang terbentuk. Uji

menggunakan Four Point Probe (FPP) untuk pengukuran sensitivitas, reusable, response time, dan recovery time pada benzene dengan 5 konsentrasi berbeda dilakukan Skema interaksi lapisan PANi dengan gas Benzene

C. Variabel Operasional Data

1. Variabel Kontrol
Konsentrasi Anilin sebanyak 0.25 M, konsentrasi HCL sebanyak 0,5 M, *scan rate*, dan jumlah siklus
2. Variabel Bebas
Konsentrasi Gas Benzene sebesar 2, 5, 10, 15, dan 20 ppm
3. Variabel Terikat
Nilai sensitivitas, *reusable*, *response time*, dan *recovery time*

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

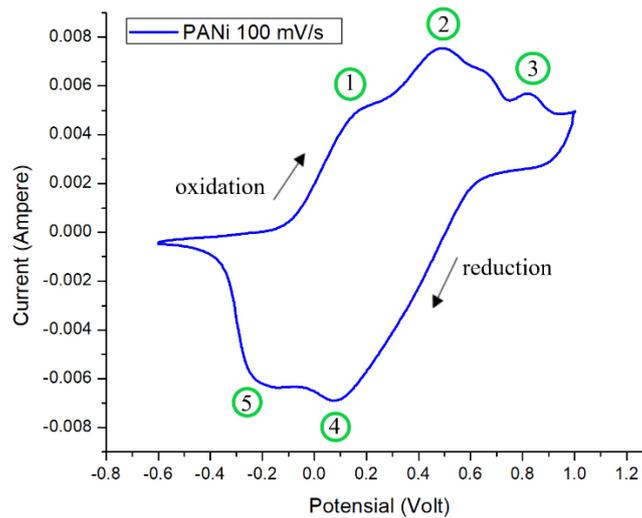
A. Uji *Cyclic Voltametric*

Proses elektropolimerisasi ini menghasilkan lapisan tipis PANi berwarna hijau yang terdeposisi pada permukaan ITO, seperti terlihat pada Gambar 2 yang merupakan hasil pengamatan langsung terhadap warna lapisan tipis PANi pada permukaan ITO. Berdasarkan keadaan redoks, warna hijau pada lapisan menunjukkan bentuk fasa berupa garam zamrud, dimana fasa zamrud menghasilkan lapisan PANi konduktif yang konduktivitasnya dapat diatur melalui proses doping menggunakan larutan asam seperti HCL.



Gambar 2 Lapisan Tipis PANi pada Permukaan Subtrat ITO

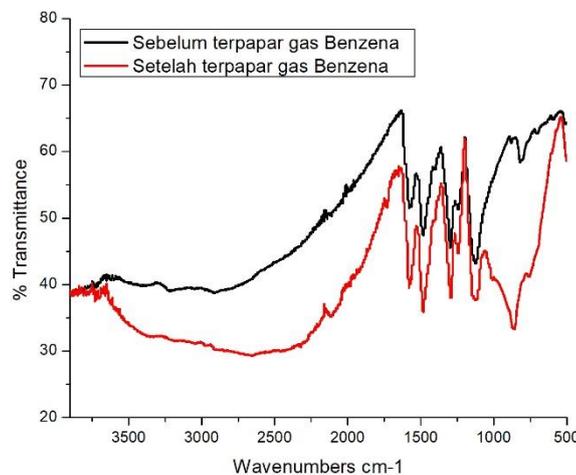
Dapat dilihat pada gambar 3 ada tiga puncak oksidasi pada +0,2, +0,5, dan +0,8 V dan dua puncak reduksi pada +0,1 dan -0,2 V. Puncak oksidasi yang merupakan perubahan fasa dari fasa leukomeraldine (LB) ke emeraldine salt (ES) dikarenakan hasil terjadi penyisihan anion dan perubahan fasa ES menjadi pernigranilin (PB) akibat proton yang terdelokalisasi. Ketika mendekati batas potensial voltammogram, terjadi perubahan dari fase emeraldine ke fase pernigraniline, yang terjadi pada puncak oksidasi +0,8 V. Sedangkan puncak reduksi menunjukkan perubahan fasa PB kembali ke ES dan ES kembali ke LB akibat anion yang terdeportasi (Putri, *et al.*, 2023). Hasil literatur menunjukkan bahwa pada metode elektrodeposisi potensiostat, semakin besar laju pemindaian, semakin tinggi puncak oksidasi, dan semakin bergerak menuju potensial positif. Akibatnya kerapatan arus meningkat yang menandakan bahwa pertumbuhan PANi pada permukaan ITO semakin meningkat. Sementara itu, puncak reduksi bergerak ke arah negatif yang menandakan bahwa elektroda kerja menyediakan ruang yang cukup luas saat berinteraksi dengan larutan elektrolit



Gambar 3 Hasil Kurva Voltamogram PANi Pada Subtrat ITO

B. Uji FTIR

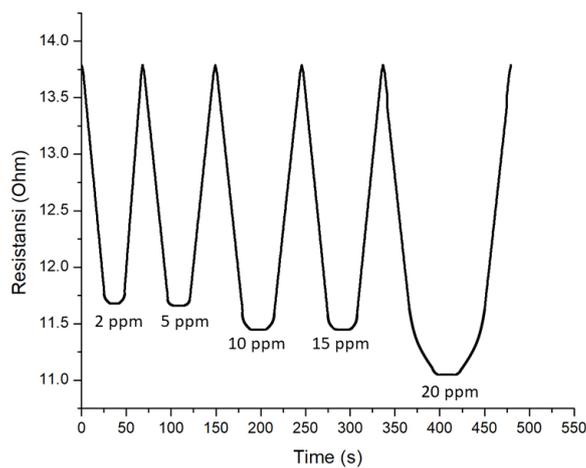
Gambar 4 merupakan hasil uji FTIR PANi dan PANi benzene. Bilangan gelombang $819,31\text{ cm}^{-1}$ dengan ikatan C-H, $1138,82\text{ cm}^{-1}$ dengan ikatan C-N stretch dari cincin benzoid, $1244,13$ dan $1301,99\text{ cm}^{-1}$ ikatan C-N stretch Q-B-Q), $1483,31\text{ cm}^{-1}$ dengan ikatan C=C ring benzoid stretch N-B-N, dan bilangan gelombang $1576,67\text{ cm}^{-1}$ dengan ikatan C=C stretch dari cincin qunoid merupakan bilangan gelombang PANi hasil sintesis. Terdapat sedikit perbedaan dari bilangan gelombang PANi benzene hasil sintesis yaitu pada bilangan gelombang $860,62\text{ cm}^{-1}$ (ikatan C-H) bilangan gelombang ini sama dengan bilangan gelombang pada PANi. Sedangkan untuk bilangan gelombang selanjutnya terjadi sedikit perubahan atau perbedaan dari bilangan gelombang PANi yaitu $1122,61\text{ cm}^{-1}$ (ikatan C-N stretch cincin benzoid), $1242,20$ dan $1298,14\text{ cm}^{-1}$ (ikatan C-N stretch Q-B-Q), $1479,45\text{ cm}^{-1}$ (ikatan C=C cincin benzoid stretch (N-B-N), $1577,34\text{ cm}^{-1}$ (ikatan C=C stretch of qunoid ring).



Gambar 4 Hasil Spektrum FTIR PANI sebelum dan sesudah dipapari gas benzene

C. Penginderaan Gas Benzene

Pada saat gas benzene disuntikan ke dalam *chamber* nilai R_0 akan menurun hingga R_1 . Pada saat mencapai R_1 disebut dengan *response time*, setelah itu ini R_1 akan konstan hingga 20s (Δt) dan selanjutnya gas akan dihilangkan. Pada saat gas dihilangkan R_1 akan kembali ke kondisi awal R_0 , kondisi ini disebut dengan *recovery time*. Dari gambar 5 dapat dilihat juga dengan peningkatan konsentrasi gas benzene nilai R_1 yang diperoleh semakin menurun secara bertahap, hal ini dimungkinkan karena meningkatnya aktivitas permukaan sensor akibat paparan uap benzene, Selain itu, molekul benzene yang terperangkap dalam makromolekul PANi menyebabkan rantai membengkok dan memutuskan beberapa jalur konduksi pembawa muatan. Didapatkan pula nilai *response time* dan *recovery time* yang meningkat seiring dengan peningkatan gas benzene yang dipaparkan. Hal ini disebabkan molukel gas yang berinteraksi semakin banyak sehingga memerlukan waktu yang lebih banyak pula.



Gambar 5 Hasil Penginderaan Gas Benzene Dengan Variasi Konsentrasi

Konsentrasi Larutan (ppm)	S (%)	Response Time (s)	Recovery Time (s)
2	6.48	34.187	30.56
5	7.18	37.81	32.78
10	8.72	47.448	39.24
15	8.80	48.48	40.95
20	11.73	63.04	54.39

Proses penginderaan menggunakan variasi konsentrasi gas benzene menunjukkan bahwa lapisan tipis PANi mampu merespon gas benzene yang dipaparkan dan mampu kembali pada kondisi semula. Dengan begitu lapisan tipis PANi memiliki Reusable yang baik. Berikut hasil penginderaan lapisan tipis PANi dengan gas benzene dengan variasi konsentarsi gas sebesar 2, 5,10,15, dan 20 ppm.

IV. PENUTUP

A. Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa lapisan tipis polianilin menggunakan metode elektrodeposisi pada subtract ITO telah berhasil. Hasil uji sensitivitas pada penginderaan Benzene cenderung meningkat seiring dengan peningkatan konsentrasi gas yang dipaparkan. Lapisan PANi memiliki sifat *reusable* yang baik pada penginderaan.

B. Saran

Dari penelitian yang telah dilakukan dapat dikembangkan lagi dengan mengkompositkan PANi dengan bahan oksida logam agar nilai performa penginderaan gas benene dapat lebih baik lagi. Perlu dilakukan penambahn uji SEM untuk mengetahui morfologi lapisan dan perlu dilakukan uji konduktivitas pada lapisan PANi

DAFTAR PUSTAKA

- Ali Mirzaei et al. (2018). Resistive-based gas sensors for detection of benzene, toluene and xylene (BTX) gases: A review. *The Research Institute of Industrial Science, Hanyang University*. 94
- A. Hazra, K. Dutta, B. Bhowmik, V. Manjuladevi, R.K. Gupta, P.P. Chattopadhyay, P. Bhattacharyya, (2014), Structural and optical characterizations of electrochemically grown connected and free standing TiO₂ nanotube array, *J. Electron. Mater.* 43 3229–3235.
- Fratoddi, I., Venditti, I., Cametti, C. & Vittoria, M., (2015), Sensors and Actuators B : Chemical Chemiresistive polyaniline-based gas sensors : A mini review, *Sensors Actuators B. Chem.*, 220, 534–548.]
- I. S. A. Prasta & N. P. Putri. (2021). Sintesis dan Karakterisasi Komposit PANi/ZnO sebagai Sensor Gas Metanol. *Jurnal Fisika Unand (JFU)*. <https://doi.org/10.25077/jfu.10.3.3.317-323.2021>
- K. Dutta P.P. Chattopadhyay Chia-Wei Lu Mon-Shu Ho P. Bhattacharyya, J. (2014). A Highly Sensitive BTX Sensor based on Electrochemically Derived Wall Connected TiO₂ Nanotubes. **118**, 24034-24041.
- Nirman Chakraborty, S. D., (2021). Polyaniline (PANI) loaded hierarchical Ti1– xSbxO₂ rutile phase nanocubes for selective room temperature detection of benzene vapor. Department of Chemistry, Jadavpur University, Kolkata 700032, India, 12.
- P. Pandey and R. Yadav, (2018), "A Review on Volatile Organic Compounds (VOCs) as Environmental Pollutants: Fate and Distribution," *Int. J.Plant Environ.*, vol. 4, no. 02, pp. 14–26,
- Singh, A.K., Tomer, N., Jain, C.L. (2012). Monitoring, Assessment and Status of Benzene, Toluene and Xylene Pollution in the Urban Atmosphere of Delhi, India. *Res.J.Chem.Sci.* 2(4), 45-49