

Jurnal Inovasi Fisika Indonesia (IFI) Volume 15 Nomor 2 Tahun 2026, hal 147-151

UJI SENSITIVITAS PANI THICK FILM TERHADAP GAS AMONIA

¹⁾Nazella Marva Ardani, ²⁾Nugrahani Primary Putri

¹⁾ Program Studi Fisika, FMIPA, Universitas Negeri Surabaya, email: nazellamarva.21022@mhs.unesa.ac.id

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

Abstrak

Penelitian ini menganalisis performa sensitivitas sensor gas amonia berbasis *thick film* Polianilin (PANI). PANI disintesis dengan menggunakan metode polimerisasi oksidatif kimia kemudian didispersikan diatas substrat PCB dengan menggunakan metode *blade coating*. *Thick film* PANI kemudian dilakukan pengujian sensor dengan uji sensitivitas untuk mengetahui performanya dalam mendeteksi gas amonia melalui perubahan nilai tegangan. Data perubahan tegangan yang diperoleh akan dianalisis untuk mengetahui nilai sensitivitas, waktu respon, waktu pemulihan, dan repeatabilitas. Konsentrasi gas amonia yang digunakan sebesar 1 ppm, 2 ppm, 3 ppm, dan 4 ppm. Hasil pengujian menunjukkan nilai sensitivitas meningkat seiring dengan meningkatnya konsentrasi gas amonia yang diberikan, dengan nilai yang diperoleh sebesar 61%. Sensor gas amonia menunjukkan repeatabilitas yang baik dengan ditunjukkan pola perubahan tegangan yang cukup konsisten selama tiga kali pengulangan. Selain itu waktu respon dan waktu pemulihan setelah 3 kali pengulangan tidak terjadi perubahan yang signifikan. Namun, seiring dengan peningkatan konsentrasi gas amonia, nilai waktu respon dan waktu pemulihan cenderung meningkat.

Kata Kunci: PANI, Amonia, Sensitivitas.

Abstract

This study analyzes the sensitivity performance of ammonia gas sensor based on Polyaniline (PANI) thick film. PANI was synthesized using chemical oxidative polymerization method and then dispersed on PCB substrate using blade coating method. The PANI thick film is then tested with a sensitivity test to determine its performance in detecting ammonia gas through changes in voltage value. The voltage change data obtained will be analyzed to determine the value of sensitivity, response time, recovery time, and repeatability. The ammonia gas concentrations used were 1 ppm, 2 ppm, 3 ppm, dan 4 ppm. The test results show that the sensitivity value increases as the concentration of ammonia gas increases, with a value of 61%. The ammonia gas sensor shows good repeatability with a fairly consistent pattern of voltage changes during three repetitions. In addition, the response time and recovery time after 3 repetitions did not change significantly. However, as the concentration of ammonia gas increases, the response time and recovery time values tend to increase.

Keywords: PANI, Amonia, Sensitivity.

I. PENDAHULUAN

Amonia (NH_3) merupakan gas beracun yang umum dijumpai di berbagai lingkungan industri, pertanian, dan rumah tangga. Masalah kesehatan yang parah akan muncul akibat paparan gas amonia (Diana et al., 2018). Paparan gas amonia dalam konsentrasi tinggi dapat menyebabkan iritasi pada saluran pernapasan, mata, hingga kerusakan pada system pernapasan kronis jika terhirup secara terus menerus (Shen et al., 2020). Oleh karena itu, diperlukan system pemantauan gas amonia yang sensitif, selektif, dan dapat beroperasi pada suhu ruang (Akbar, 2021). Salah satu solusi yang tengah berkembang adalah pemanfaatan sensor gas berbasis polimer konduktif, seperti Polianilin (PANI), yang memiliki keunggulan dari segi kemudahan sintesis, serta sensitivitas terhadap gas berbasis basa seperti amonia (Qin et al., 2018). PANI merupakan polimer konduktif yang menunjukkan perubahan signifikan pada sifat listriknya ketika mengalami proses doping dan dedoping. Dalam bentuk terdoping (emeraldine salt), PANI bersifat konduktif, namun ketika terpapar amonia, proses dedoping menyebabkan proton ditarik dari rantai polimer, menghasilkan bentuk emeraldine base yang tidak konduktif. Perubahan ini mengakibatkan kenaikan tegangan yang dapat diukur dan dikonversi menjadi sinyal deteksi gas. Hal ini menjadikan PANI sebagai material yang sangat berpotensi untuk aplikasi sensor amonia berbasis konduktivitas. Dalam praktiknya, PANI dapat diaplikasikan sebagai sensor gas menggunakan metode pelapisan *thick film*, yaitu lapisan tebal berkisar antara 1 hingga 100 μm yang dicetak pada substrat konduktif. Lapisan *thick film* memiliki keunggulan dalam hal kestabilan mekanik dan kemudahan integrasi ke dalam sistem sensor portable (Kaur et al., 2023). Kemampuan PANI untuk beroperasi pada suhu ruang menjadikannya ideal untuk aplikasi sensor gas. Oleh karena itu, pengembangan sensor amonia berbasis polimer konduktif PANI dalam bentuk lapisan *thick film* merupakan salah satu pendekatan yang prospektif untuk sistem deteksi gas amonia yang efisien dan ekonomis.

II. METODE

A. Rancangan Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian berbasis eksperimen yang dilakukan melalui 4 tahapan proses, yaitu preparasi, sintesis, karakterisasi, dan analisis data. Proses dimulai dengan mensintesis PANI dengan metode polimerisasi oksidasi yang mengacu pada penelitian (Wulandari & Putri, 2021). Langkah pertama, mencampurkan anilin sebanyak 0,91 ml dengan 100 ml aquades, kemudian diaduk menggunakan stirrer selama 30 menit. Kemudian mencampurkan Amonium Peroksidisulfat (APS) sebanyak 2,28 gram dengan 100 ml aquades dan aduk hingga homogen, setelah homogen mencampurkan HCL 1 M sebanyak 8,29 ml. Langkah selanjutnya mentetesi larutan APS dan HCL dan diaduk menggunakan magnetik stirer selama 4 jam. Endapan akan muncul setelah larutan didiamkan selama 24 jam. Endapan dicuci menggunakan aseton dan aquades sampai bening lalu dipanaskan pada suhu 60° selama 20 jam. Setelah kering, serbuk PANI dihaluskan lalu diayak. Hasil sintesis berupa serbuk PANi yang selanjutnya akan dicampurkan dengan Polietilen glikol (PEG) dan Dimetilformamida (DMF) dengan perbandingan 1:2 sampai menghasilkan tekstur berupa pasta. Pasta PANI kemudian dilapiskan dengan metode *blade coating* pada substrat *Printed Circuit Board* (PCB).

B. Teknik Pengumpulan Data

Serbuk PANI yang telah berhasil disintesis menggunakan metode polimerisasi oksidasi kemudian dikarakterisasi menggunakan beberapa uji, seperti uji *Fourier Transform InfraRed* (FTIR) untuk mengidentifikasi gugus fungsi dan jenis ikatan kimia yang terbentuk pada serbuk PANi. Selanjutnya, untuk mengetahui performa sensor berbasis *thick film* PANI dalam mendeteksi gas amonia, maka dilakukan pengukuran perubahan tegangan menggunakan alat sensor tegangan selama proses sensing berlangsung.

C. Teknik Pengolahan Data

Data perubahan tegangan yang diperoleh dari pengukuran menggunakan sensor tegangan selanjutnya dianalisis untuk mengetahui performa sensor dalam mendeteksi gas amonia. Pengolahan data dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak origin untuk memvisualisasikan perubahan tegangan dalam bentuk grafik. Selanjutnya data perubahan tegangan akan digunakan untuk menghitung sensitivitas sensor dengan menggunakan persamaan:

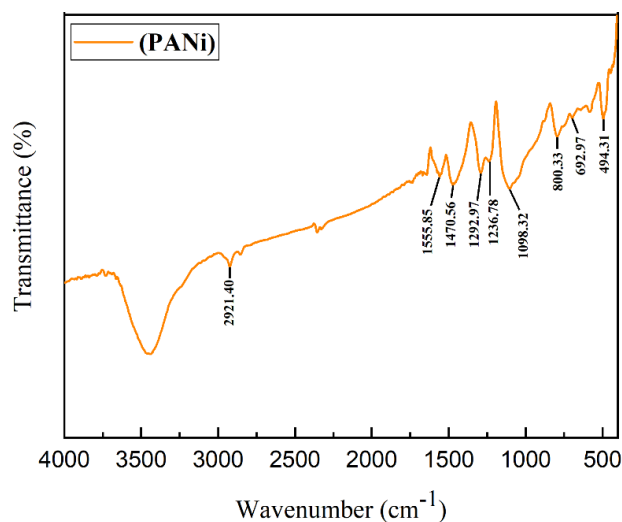
$$S = \frac{\Delta V}{V_0} = \frac{V_0 - V_1}{V_0} \times 100\% \quad (1)$$

dengan S adalah sensitivitas sensor, V_1 adalah tegangan setelah terpapar gas amonia dan dinyatakan dalam volt (V), dan V_0 adalah tegangan sebelum terpapar gas amonia dalam volt (V).

III.HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Analisis Gugus Fungsi dengan *Fourier Transform InfraRed* (FTIR)

PANI yang telah berhasil disintesis dengan metode polimerisasi oksidatif kemudian akan dikarakterisasi menggunakan *Fourier Transform Infrared* (FTIR) untuk mengetahui gugus fungsi dan ikatan kimia yang terbentuk. Spektrum FTIR digunakan untuk mengkonfirmasi keberadaan gugus karakteristik pada PANI, khususnya gugus benzoid dan quinoid yang merupakan indikator utama dari struktur polimer terkonjugasi ini. Berdasarkan hasil karakterisasi FTIR diperoleh grafik pada **gambar 1**.



Gambar 1. Grafik FTIR PANI

Karakterisasi FTIR pada PANI dan komposit PANi/ZnO dilakukan dengan menggunakan spektroskopi inframerah pada rentang bilangan 4000-400 cm⁻¹. Puncak serapan pada bilangan gelombang sekitar 2921 cm⁻¹ menunjukkan getaran regangan ikatan C-H alifatik yang menandakan keberadaan gugus hidrokarbon dalam rantai utama polimer. Bilangan gelombang pada 1555 cm⁻¹ dan 1470 cm⁻¹ mengindikasikan peregangan ikatan C=C dan C=N pada cincin quinoid serta ikatan C-C pada struktur benzenoid, yang merupakan ciri khas struktur emeraldine salt (ES) pada polianilin (PANI). Selain itu, puncak pada 1293 cm⁻¹ dan 1237 cm⁻¹ mengonfirmasi keberadaan ikatan C-N-C yang menghubungkan unit aromatik dalam rantai PANI, sedangkan bilangan gelombang 1098 cm⁻¹ mengindikasikan proses doping atau protonasi pada ikatan C-N. Getaran bending pada 800 cm⁻¹ memperkuat stabilitas struktur aromatik, dan puncak pada 693 cm⁻¹ serta 494 cm⁻¹ menunjukkan keberadaan gugus dopan seperti Cl⁻ dari proses protonasi selama sintesis. Secara keseluruhan, spektrum FTIR ini mengonfirmasi bahwa PANI berhasil disintesis dalam bentuk emeraldine salt dengan struktur kopolimer benzenoid-quinoid yang terkonjugasi secara kovalen, yang berperan penting dalam peningkatan konduktivitas material.

Tabel 1. Identifikasi Ikatan Gugus Fungsi PANI

Datasheet (Range)	Bilangan Gelombang (cm ⁻¹)		Gugus Fungsi
	Referensi	Hasil	
3000-2840	2917.15 [1]	2921.40	C-H aliphatic stretching
1650-1560	1558.27 [2]	1555.85	C=C stretch (Q)
1500-1400	1471.48 [2]	1470.56	C=N stretch (Q), C-C stretch (B)
1350-1250	1296.04 [1]	1292.97	C-N-C stretching vibration
	1240 [3]	1236.78	C-N stretching
1200-1020	1096.38 [2]	1098.32	Efek dopan
1000-800	800 [4]	800.33	C - H out-o- plane bending vibrations in benzenoid units
700-400	697 [5]	692.97	C - Cl out-o- plane bending
	497 [5]	494.31	C - C out-of-plane bending vibration in benzenoid units

Keterangan: (Komariyah & Putri, 2022)^[1] (Wulandari & Putri, 2021)^[2] (Dong et al., 2016)^[3] (Korent et al., 2020)^[4] (Zhang et al., 2021)^[5]

B. Analisis Performa PANi sebagai Sensor Amonia

Penginderaan gas amonia oleh *thick film* PANI terlihat dari perubahan tegangan sensor pada saat pengujian sensitivitas. Proses penginderaan dilakukan dengan memasukkan *thick film* PANI (berfungsi sebagai sensor resistif, Rs) kedalam chamber yang vakum. Setelah tercapai kondisi vakum, gas amonia diinjeksikan kedalam chamber dengan mengamati perubahan tekanan ketika sebelum dan sesudah gas amonia diinjeksikan. Perubahan tekanan tersebut yang akan digunakan dalam menghitung konsentrasi gas amonia. Ketika amonia mengenai permukaan PANI, akan terjadi interaksi kimia yang menyebabkan perubahan resistansi pada Rs. Perubahan resistansi tersebut akan mempengaruhi tegangan output yang terbaca. Selanjutnya, perubahan terjadi yang terjadi akan terlihat pada *interface*. Proses penginderaan dilakukan dengan pengulangan sebanyak tiga kali, untuk mengetahui apakah dalam pengulangan tersebut nilai V_{1.1} tetap dapat kembali ke keadaan awalnya atau keadaan semula (V₀).

Hasil uji performa *thick film* PANI dalam mendeteksi gas amonia ditunjukkan pada **gambar 2**, bahwa adanya perubahan tegangan ketika gas amonia diinjeksikan kedalam chamber. Hal tersebut telah menunjukkan adanya interaksi antara PANI dengan gas amonia. Pada saat gas amonia diinjeksikan kedalam chamber (gas in) nilai V₀ meningkat hingga V_{1.1}, proses ini dengan keadaan *response time*, setelah mencapai puncak, respon terdapat kondisi dimana V_{1.1} akan konstan hingga beberapa detik dan selanjutnya gas akan dihilangkan (gas out). Pada saat dihilangkan (gas out) nilai V_{1.1} akan turun hingga kembali pada kondisi awal yaitu V₀, yang disebut dengan *recovery time*. Setelah kembali ke keadaan awal, gas mulai diinjeksikan kembali untuk dilakukan penginderaan kedua. Kemudian akan mengakibatkan nilai V₀ naik kembali hingga ke V_{1.2}. Setelah kembali ke keadaan awal V₀, gas mulai diinjeksikan untuk dilakukan penginderaan ketiga hingga mencapai ke V_{1.3}.

Tabel 2 Hasil Response time dan Recovery time PANI terhadap gas NH₃ dengan 3 kali pengulangan

Konsentrasi (ppm)	Siklus 1		Siklus 2		Siklus 3	
	Response Time (s)	Recovery Time (s)	Response Time (s)	Recovery Time (s)	Response Time (s)	Recovery Time (s)
1	17.76	22.26	17.73	22.66	17.75	22.21
2	19.03	25.13	19.08	25.24	19.07	25.21
3	21.22	27.13	22.26	27.66	22.08	27.70
4	22.06	30.24	25.05	30.20	22.25	30.19

Tabel 2 merupakan hasil pengukuran *response time* dan *recovery time* masing-masing konsentrasi dengan 3 kali pengulangan paparan gas amonia yang sesuai dengan **gambar 2**. Dari tabel dapat diamati bahwa nilai *response time* dan *recovery time* setelah 3 kali pengulangan mengalami peningkatan seiring dengan meningkatnya konsentrasi gas amonia. Namun waktu yang dibutuhkan untuk kembali ke keadaan awal (V₀)

cenderung lebih lama dibandingkan pada saat uap gas dimasukkan kedalam chamber, hal ini dikarenakan pada saat proses gas dihilangkan, terjadi perlambatan laju difusi senyawa molekul gas amonia untuk keluar dari permukaan sensor (Pratiwi *et al.*, 2023).

Selanjutnya dari nilai perubahan tegangan sensor yang diperoleh maka dapat diketahui sensitivitas sensor dalam mendeteksi gas amonia dengan memasukkan nilai tersebut kedalam **persamaan 1**. Berdasarkan persamaan tersebut diperoleh nilai sensitivitas secara berturut-turut dengan peningkatan konsentrasi yaitu 33%, 45%, 53%, dan 61%. Berdasarkan nilai sensitivitas yang telah diperoleh menunjukkan bahwa PANi sangat berpotensi dalam mendeteksi gas amonia.

IV. PENUTUP

A. Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan diperoleh bahwa *thick film* PANi menunjukkan performa yang baik dalam mendeteksi gas amonia. Hal tersebut ditunjukkan dengan meningkatnya nilai sensitivitas yang telah diperoleh. Sensor gas amonia juga menunjukkan repeatabilitas yang baik dengan ditunjukkan pola perubahan tegangan yang cukup konsisten selama tiga kali pengulangan.

B. Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, dapat dikembangkan lagi dengan menambahkan oksida logam dalam material PANi. Penambahan tersebut diharapkan dapat meningkatkan nilai sensitivitas sensor walaupun diindera dengan konsentrasi gas amonia terendah.

DAFTAR PUSTAKA

- Akbar, S. A. (2021). Sensor Gas Amonia Berbasis Polimer Konduktif Polianilina: Sebuah Review. *QUIMICA: Jurnal Kimia Sains Dan Terapan*, 3(2), 1–8.
- Diana, M. P., Roekmijati, W. S., & Suyud, W. U. (2018). Why it is often underestimated: historical study of ammonia gas exposure impacts towards human health. *E3S Web of Conferences*, 73, 6003.
- Dong, X., Zhang, X., Wu, X., Cui, H., & Chen, D. (2016). Investigation of gas-sensing property of acid-deposited polyaniline thin-film sensors for detecting H₂S and SO₂. *Sensors*, 16(11), 1889.
- Kaur, R., Lawaniya, S. D., Kumar, S., Saini, N., & Awasthi, K. (2023). Nanoarchitectonics of polyaniline–zinc oxide (PANI–ZnO) nanocomposite for enhanced room temperature ammonia sensing. *Applied Physics A*, 129(11), 765.
- Komariyah, A. Y., & Putri, N. P. (2022). Fabrication of Polyaniline Thin Film Using Electrodeposition Method as Alcohol Sensor. *Jurnal Fisika Dan Aplikasinya*, 18(2), 36–41.
- Korent, A., Žagar Soderžnik, K., Šturm, S., Žužek Rožman, K., Redon, N., Wojkiewicz, J.-L., & Duc, C. (2020). Facile Fabrication of an ammonia-gas sensor using electrochemically synthesised polyaniline on commercial screen-printed three-electrode systems. *Sensors*, 21(1), 169.
- Pratiwi, I. F. R., Putri, N. P., Rohmawati, L., & Kusumawati, D. H. (2023). Performance of Polyaniline Thin Film as a Functional Material of Acid Vapor Sensors. *Journal of Physics: Conference Series*, 2623(1), 12037.
- Qin, R., Hao, L., Liu, Y., & Zhang, Y. (2018). Polyaniline–ZnO hybrid nanocomposites with enhanced photocatalytic and electrochemical performance. *ChemistrySelect*, 3(23), 6286–6293.
- Shen, H., Chen, Y., Hu, Y., Ran, L., Lam, S. K., Pavur, G. K., Zhou, F., Pleim, J. E., & Russell, A. G. (2020). Intense warming will significantly increase cropland ammonia volatilization threatening food security and ecosystem health. *One Earth*, 3(1), 126–134.
- Wulandari, R. F., & Putri, N. P. (2021). Sintesis Soluble Polianilin dengan Variasi Jenis dan Konsentrasi Dopan. In *Jurnal Teori dan Aplikasi Fisika* (Vol. 09, Issue 02).
- Zhang, M., Nautiyal, A., Du, H., Wei, Z., Zhang, X., & Wang, R. (2021). Electropolymerization of polyaniline as high-performance binder free electrodes for flexible supercapacitor. *Electrochimica Acta*, 376, 138037.