

## PERFORMA LAPISAN TIPIS POLIANILIN SEBAGAI BAHAN FUNGSIONAL PENGINDERAAN GAS CH<sub>3</sub>COOH

<sup>1)</sup>Irin Fagianti Rias Pratiwi, <sup>2)</sup>Nugrahani Primary Putri

<sup>1)</sup> Program Studi Fisika, FMIPA, Universitas Negeri Surabaya, email: irin.19056@mhs.unesa.ac.id  
<sup>2)</sup> Program Studi Fisika, FMIPA, Universitas Negeri Surabaya, email: nugrahaniprimary@unesa.ac.id

### Abstrak

Dalam proses industri dan laboratorium banyak menggunakan bahan kimia asam, salah satunya asam lemah CH<sub>3</sub>COOH. Gas CH<sub>3</sub>COOH cukup membahayakan kesehatan manusia apabila terpapar secara terus menerus. Oleh karena itu perlu ditanggulangi dengan membuat sensor gas asam. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis performa sensor berbahan polianilin (PANi) pada gas CH<sub>3</sub>COOH. PANi disintesis menggunakan metode elektrodposisi pada permukaan substrat ITO dengan menggunakan scan rate sebesar 100 mV/s dan siklus sebanyak 10. Proses penginderaan gas CH<sub>3</sub>COOH dilakukan menggunakan Four Point Probe (FPP) dan didapatkan hasil recovery time, response time, dan sensitivitas yang cenderung meningkat seiring peningkatan konsentrasi gas analit yang dipaparkan. Pada penginderaan CH<sub>3</sub>COOH terendah (1 ppm) didapatkan response time sebesar 29.7 s, recovery time sebesar 21.9 s, dan sensitivitas sebesar 5.11 %. Pada penginderaan CH<sub>3</sub>COOH tertinggi (10 ppm) didapatkan response time sebesar 50.3 s, recovery time sebesar 39.7 s, dan sensitivitas sebesar 13.64 %. Dari proses sintesis yang cepat dan hasil penginderaan yang cukup bagus, maka lapisan tipis PANi baik digunakan sebagai bahan fungsional penginderaan gas CH<sub>3</sub>COOH.

**Kata Kunci:** PANi, elektrodposisi, ITO, recovery time, response time, sensitivitas, gas asam

### Abstract

In industrial and laboratory processes, many acidic chemicals are used, one of which is the weak CH<sub>3</sub>COOH vapor. CH<sub>3</sub>COOH gas is quite harmful to human health if exposed continuously. Therefore it needs to be overcome by making acid gas sensors. This study aims to analyze the performance of sensors made from polyaniline (PANi) in CH<sub>3</sub>COOH gas. PANi was synthesized using the electrodeposition method on the surface of ITO substrates using a scan rate of 100 mV/s and 10 cycles. The CH<sub>3</sub>COOH gas sensing process was carried out using a Four Point Probe (FPP) and the results obtained were recovery time, response time, and sensitivity which tended to increase with increase in the gas concentration of the analytes exposed. At the lowest CH<sub>3</sub>COOH sensing (1 ppm) obtained a response time of 29.7 s, a recovery time of 21.9 s, and a sensitivity of 5.11%. The highest CH<sub>3</sub>COOH sensing (10 ppm) obtained a response time of 50.3 s, a recovery time of 39.7 s, and a sensitivity of 13.64%. From the fast synthesis process and good sensing results, PANi thin films are good for use as CH<sub>3</sub>COOH gas sensing functional materials.

**Keywords:** PANi, electrodeposition, ITO, recovery time, response time, sensitivity, acid gas

## I. PENDAHULUAN

Pada kehidupan sehari-hari tidak lepas dari adanya berbagai senyawa kimia di sekitar. Dalam pengoperasian kegiatan industri seperti industri farmasi, manufaktur dan pertambangan menghasilkan limbah yang berbahaya untuk lingkungan sekitar dan bersifat toksik. Bahan kimia akibat pembuangan limbah tersebut dapat mempengaruhi kesehatan manusia khususnya para pekerja pabrik atau pekerja laboratorium. Adapun efek pada kesehatan manusia diantaranya limbah udara berbentuk gas dapat menyebabkan gangguan sistem pernapasan dan pencernaan makanan sehingga terjadi keracunan akut serta mengakibatkan kerusakan berat dari jaringan paru-paru. Efek pada kesehatan apabila terpapar langsung oleh bahan kimia terutama zat asam diantaranya adalah pada kulit terdampak dermatitis berat dan apabila terjadi kontak langsung maka akan mengakibatkan kerusakan hati dan terjadi gagal ginjal akut

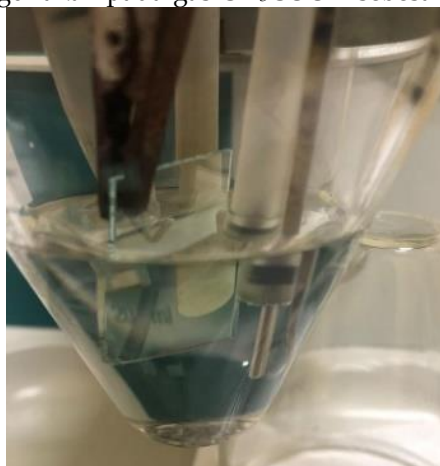
Dari beberapa efek senyawa kimia terhadap manusia, pada penelitian ini membahas aplikasi polimer konduktif menjadi sensor gas asam sebagai upaya dalam penanggulangan bahaya kesehatan para pekerja industri maupun pekerja laboratorium. Oleh karena itu diperlukan material yang memiliki performa sensor yang baik terhadap gas  $\text{CH}_3\text{COOH}$ , salah satu bahan yang cocok digunakan adalah polianilin (PANi). PANi mempunyai stabilitas yang sangat baik terhadap lingkungan, lebih mudah disintesis dan dapat bereaksi dengan senyawa kimia pada suhu ruang. PANi dapat disintesis menggunakan metode elektrodeposisi dikarenakan sampel yang diperlukan yaitu berbentuk lapisan tipis. Proses elektrodeposisi dilakukan dengan menggunakan substrat ITO dikarenakan untuk bahan sensor memerlukan permukaan yang luas, memiliki ketahanan yang baik terhadap temperatur tinggi, dan bersifat konduktif.

M Turemis et al telah menerapkan PANi/ZnO untuk penginderaan gas  $\text{CH}_3\text{COOH}$  memiliki sifat reversibilitas yang baik dan memiliki kinerja yang baik dalam merespon gas  $\text{CH}_3\text{COOH}$ . Pada penelitian ini dilakukan uji performa lapisan tipis PANi terhadap gas  $\text{CH}_3\text{COOH}$  pada ruang non-vakum. Metode sintesis lapisan tipis PANi yang digunakan adalah elektrodeposisi menggunakan substrat ITO. Performa yang diteliti antara lain sensitivitas, reversibilitas, response time, dan recovery time. Performa yang diteliti dilakukan dengan pengukuran perubahan resistansi lapisan tipis PANi dengan metode Four Point Probe (FPP).

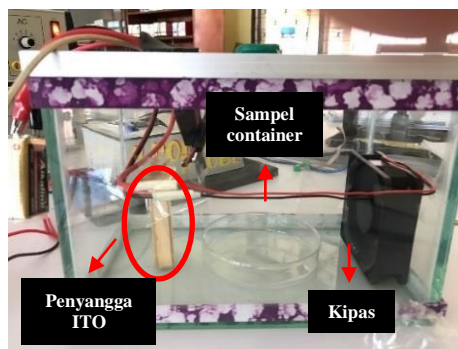
## II. METODE

### A. Rancangan Penelitian

Sintesis PANi dilakukan dengan metode elektrodeposisi dengan menggunakan alat 797 VA Computrace. Substrat yang digunakan dalam proses elektrodeposisi yaitu Indium Tin Oxide (ITO). Larutan elektrolit yang digunakan adalah anilin 0,25 M dan HCl 0,5 M pada rentang potensial -0.6 V hingga +1.0 V dengan scan rate 100 mV/s dan siklus sebanyak 10. Film tipis PANi pada permukaan ITO dihasilkan dari proses elektrodeposisi menggunakan analisis Cyclic Voltammetry (CV). Lapisan tipis PANi yang telah terbentuk diuji CV, FTIR, dan FPP untuk mengetahui sensitivitas, reversibilitas, *response time*, dan *recovery time*. Rentang konsentrasi asam yang digunakan pada gas  $\text{CH}_3\text{COOH}$  sebesar 1, 5, dan 10 ppm



Gambar 1 Proses elektrodeposisi lapisan tipis PANi



Gambar 2 Proses deteksi gas  $\text{CH}_3\text{COOH}$  menggunakan FPP

## B. Variabel Operasional Penelitian

1. Variabel Kontrol  
Konsentrasi anilin 0,25 M, konsentrasi HCl 0,5 M, substrat ITO, *scan rate*, jumlah siklus, dan volume sampel larutan yang digunakan
2. Variabel Bebas  
konsentrasi gas  $\text{CH}_3\text{COOH}$  sebesar 1, 5, dan 10 ppm
3. Variabel Terikat  
Nilai sensitivitas, reversibilitas, *response time*, dan *recovery time*

## C. Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data dengan melakukan uji CV untuk mengetahui terbentuknya lapisan tipis PANi, uji FTIR untuk mengetahui bahwa gugus ikatan yang terbentuk benar merupakan gugus ikatan PANi, dan uji FPP untuk mengetahui nilai *response time*, *recovery time*, reversibilitas, dan sensitivitas dari lapisan tipis PANi

## D. Teknik Pengolahan Data

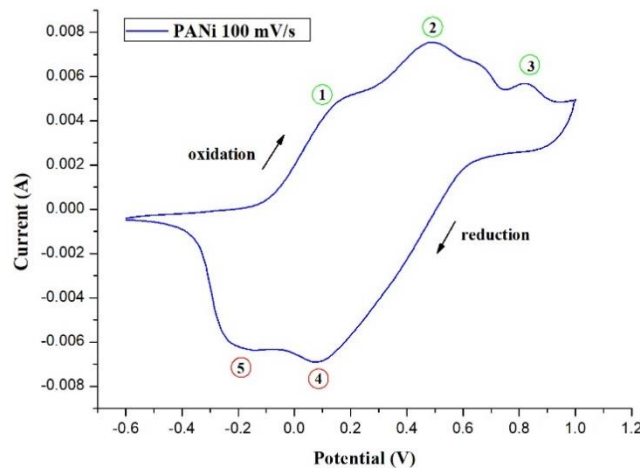
Teknik pengolahan data pada uji CV didapatkan grafik voltammogram dan diolah untuk mengetahui fasa apa yang terbentuk dalam lapisan tipis PANi. Pada uji FTIR didapatkan grafik spektroskopi yang terbentuk dari beberapa peak, dimana peak tersebut dicocokkan dengan database yang ada untuk mengetahui gugus ikatan yang terbentuk. Pada uji FPP didapatkan sejumlah data waktu,  $V$ , dan  $I$  yang kemudian diplotkan menggunakan excel. Data yang sudah diplot dihitung untuk mengetahui nilai sensitivitas dengan menggunakan persamaan berikut;

$$S = \frac{\Delta R}{R_0} = \frac{R_1 - R_0}{R_0} \times 100\% \dots\dots\dots (1)$$

Dengan  $S$  adalah sensitivitas sensor,  $R_1$  adalah resistansi setelah dialiri uap senyawa dan dinyatakan dalam ohm ( $\Omega$ ), dan  $R_0$  adalah resistansi sebelum dialiri uap senyawa dalam ohm ( $\Omega$ ).

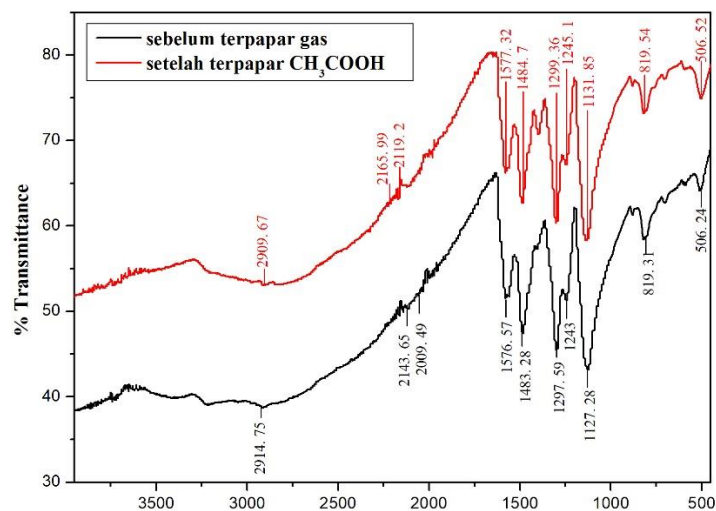
## III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada proses elektropolimerisasi dihasilkan lapisan tipis PANi berwarna hijau yang terdeposisi pada permukaan ITO. Pada Gambar 3 Grafik voltammogram dapat diketahui terdapat tiga puncak oksidasi pada +0.14, +0.48, dan +0.89 V, yang merupakan perubahan fasadari fasa leukomeraldine (LB) ke emeraldine salt (ES) dikarenakan hasil terjadi penyisihan anion dan perubahan fasa ES menjadi pernigranilin (PB) akibat proton yang terdelokalisasi. Dua puncak reduksi pada +0.08 dan -0,24 V, yang merupakan perubahan fasa PB kembali ke ES dan ES kembali ke LB akibat anion yang terdeportasi. Puncak ini menunjukkan adanya daerah elektroaktif yang terbentuk dalam lapisan dan menjelaskan adanya monomer anilin yang mengalami reaksi deprotonasi.



**Gambar 3** Kurva Cyclic Voltammogram PANi pada substrat ITO dengan scan rate 100 mV/s

Hasil karakterisasi menggunakan FTIR didapatkan grafik yang dapat dilihat pada Gambar 4. Gugus fungsi PANi ditunjukkan dengan adanya gugus benzenoid dan quinoid. Dapat dilihat terdapat puncak spektrum pada bilangan gelombang 1483,28 dan 1576,57  $\text{cm}^{-1}$  yang menunjukkan adanya jenis ikatan  $\text{C}=\text{C}$  stretching of benzenoid chain dan  $\text{C}=\text{C}$  stretching of quinoid. Pada gambar menunjukkan spektrum PANi dengan perlakuan yang berbeda antara sebelum terpapar gas dan sesudah terpapar gas  $\text{CH}_3\text{COOH}$ . Dapat dilihat bahwa puncak-puncak spektrum FTIR mengalami sedikit pergeseran gelombang, namun pergeseran tersebut tidak mempengaruhi gugus fungsi yang ada pada PANi karena masih di dalam range PANi. Dapat dilihat pula tidak ada gugus fungsi yang hilang atau bertambah akibat dari paparan gas  $\text{CH}_3\text{COOH}$ , hal ini dapat dikatakan bahwa tidak terjadi ikatan antara  $\text{CH}_3\text{COOH}$  dan lapisan PANi. Dari perbandingan hasil uji spektroskopi FTIR kemudian dicocokkan dengan hasil penelitian terdahulu yang ditunjukkan pada Tabel 1.



**Gambar 4** Hasil Karakterisasi FTIR PANi sebelum dan sesudah terpapar gas  $\text{CH}_3\text{COOH}$

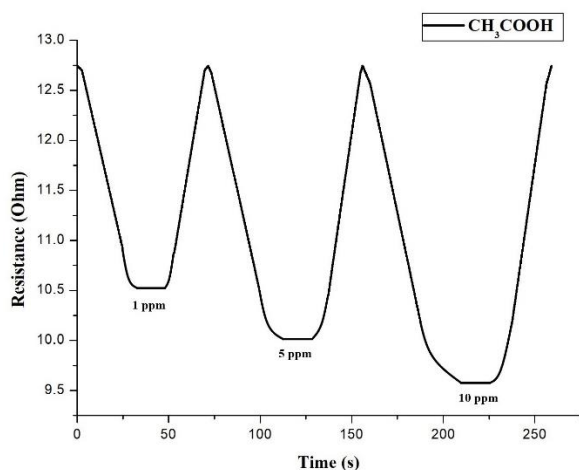
**Tabel 1.** Hasil jenis ikatan uji FTIR pada sampel PANi sebelum dan sesudah terpapar gas  $\text{CH}_3\text{COOH}$

Datasheet (Range)	Panjang Gelombang ( $\text{cm}^{-1}$ )			Jenis Ikatan
	Referensi	Sebelum terpapar	Sesudah terpapar $\text{CH}_3\text{COOH}$	
3000 - 2840	2917,15 [2]	2914,75	2909,67	C-H aliphatic stretching C=C stretching
2175 - 2000	2140 [7]	2143,65	2165,99	
		2009,49	2119,20	

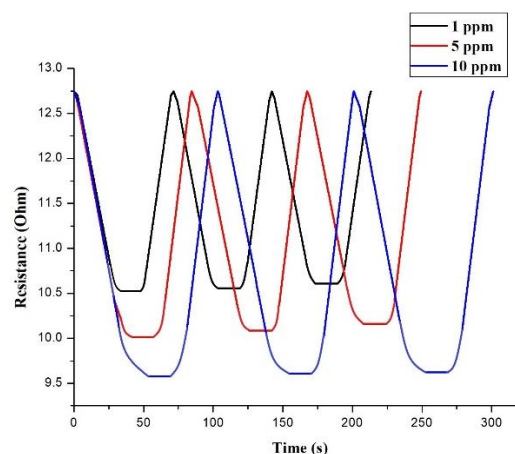


Datasheet (Range)	Panjang Gelombang ( $\text{cm}^{-1}$ )			Jenis Ikatan
	Referensi	Sebelum terpapar	Sesudah terpapar $\text{CH}_3\text{COOH}$	
1620 - 1550	1583 [5]	1576,57	1577,32	<i>C=C stretching of quinoid</i> <i>C=C stretching of benzenoid chain</i>
1500 - 1450	1488 [5]	1483,28	1484,70	
1350 - 1250	1296,04 [2]	1297,59	1299,36	<i>C-N-C stretching vibration</i>
1250 - 1200	1240 [4]	1243,00	1245,10	<i>C-N stretching</i>
1150 - 1000	1138,88 [5]	1127,28	1131,85	<i>N=Q=N stretching</i>
840 - 790	813 [5]	819,31	819,54	<i>N-H bonding</i>
600 - 450	497 [7]	506,24	506,52	<i>C-C out of plane bending vibration in benzenoid units</i>

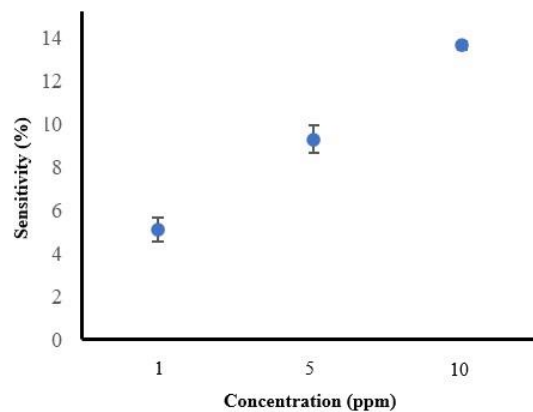
Hasil uji performa lapisan tipis PANi untuk penginderaan gas  $\text{CH}_3\text{COOH}$  dapat diamati melalui perubahan response time, recovery time, reversibilitas, dan sensitivitas. Pengukuran penginderaan gas asam dilakukan menggunakan chamber pengujian dengan suhu kamar. Saat larutan asam mulai disuntikkan ke dalam chamber mulai terjadi proses deteksi yang ditandai dengan perubahan nilai resistansi. Nilai resistansi awal ( $R_0$ ) sebesar  $11.12 \Omega$ . Gambar 5 (a) Menunjukkan perubahan resistansi, response time, dan recovery time meningkat seiring dengan peningkatan konsentrasi gas  $\text{CH}_3\text{COOH}$  yang dipaparkan. Gambar 5 (b) Menunjukkan lapisan tipis PANi memiliki sifat reversibilitas yang baik. Hal ini ditunjukkan setelah 3 kali pengulangan dengan variasi ppm nilai resistansi dapat kembali ke nilai resistansi awal. Gambar 5 (c) Menunjukkan lapisan tipis PANi mampu merespon gas  $\text{CH}_3\text{COOH}$  yang dipaparkan dengan nilai sensitivitas yang cukup baik. Nilai sensitivitas cenderung meningkat seiring dengan peningkatan konsentrasi gas  $\text{CH}_3\text{COOH}$  yang dipaparkan. Variasi ppm yang digunakan memengaruhi response time, recovery time, dan sensitivitas, hal ini dikarenakan semakin banyak konsentrasi gas yang dipaparkan maka semakin banyak pula molekul gas yang berinteraksi dengan lapisan. Semakin banyaknya molekul yang berinteraksi membuat lapisan PANi memerlukan waktu yang lebih banyak pula, sehingga nilai response time dan recovery time meningkat.



(a)



(b)



(c)

**Gambar 5** Performa lapisan tipis PANi pada penginderaan gas  $\text{CH}_3\text{COOH}$  (a) Perubahan resistansi pada variasi ppm (b) Reversibilitas pada variasi ppm (c) Sensitivitas penginderaan  $\text{CH}_3\text{COOH}$  variasi ppm

#### IV. PENUTUP

##### A. Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa lapisan tipis PANi berhasil disintesis menggunakan metode electrodeposisi potensiostat pada permukaan substrat ITO. Performa penginderaan menunjukkan bahwa lapisan tipis PANi dapat mendeteksi gas  $\text{CH}_3\text{COOH}$  pada konsentrasi rendah sebesar 1 ppm. Lapisan tipis PANi memiliki sifat reversibilitas yang baik terhadap penginderaan gas  $\text{CH}_3\text{COOH}$ . Nilai sensitivitas penginderaan gas  $\text{CH}_3\text{COOH}$  cenderung naik seiring dengan penambahan konsentrasi gas yang dipaparkan. Lapisan tipis PANi baik digunakan sebagai bahan sensor gas  $\text{CH}_3\text{COOH}$ .

##### B. Saran

Dari penelitian yang telah dilakukan dapat dikembangkan lagi dengan mengkompositkan PANi dengan bahan oksida logam agar performa penginderaan gas  $\text{CH}_3\text{COOH}$  dapat lebih baik lagi. Perlu juga dilakukan uji SEM untuk mengetahui morfologi lapisan tipis.

#### DAFTAR PUSTAKA

- A. Mehto, V. R. Mehto, J. Chauhan, I. Singh, and R. Pandey. (2017). Preparation and characterization of polyaniline/ZnO composite sensor, *J. Nanomed. Res*, vol. 5, p. 104.
- Ana, Y. K & Nugrahani. P. P, (2022). Fabrication of Polyaniline Thin Film Using Electrodeposition Method as Alcohol Sensor. *Jurnal Fisika dan Aplikasinya (JFA)*, Volume 18(2), pp. 36-42.
- B. Subhash, K., Pallavi. T., Shikha. P.A., (2014). Chemical vapour sensing properties of elektrospun nanofibers of polyaniline/ZnO nanocomposites. The VBRI press
- 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  $\text{H}_2\text{S}$  and  $\text{SO}_2$ . *Sensors (Switzerland)*, 16(11).
- I. S. A. Prasta & N. P. Putri. (2021). Sintesis dan Karakterisasi Komposit PANi/ZnO sebagai Sensor Gas Metanol. *Jurnal Fisika Unand (JFU)*.
- M. Turemis., Zappi, D., Giardi, M. T., Basile, G., Ramanaviciene, A., Kapralovs, A., Ramanavicius, A., & Viter, R. (2020). ZnO/polyaniline composite based photoluminescence sensor for the determination of acetic acid vapor. *Talanta*, 211, 120658.
- M. Zhang, A. Nautiyal, H. Du, Z. Wei, X. Zhang, and R. Wang. (2021) Electropolymerization of polyaniline as high-performance binder free electrodes for flexible supercapacitor, *Electrochim. Acta*, vol. 376, p. 138037
- Rosyi, A. L., & Nugrahani. P.P. (2020). Sebuah Review: Polianilin (PANi) Sebagai Bahan Aktif Pendeteksi Asam. *Jurnal Inovasi Fisika Indonesia (IFI) Volume 09 Nomor 02*, hal 105-118
- Suhail, M. H., Abdullah, O. G., & Kadhim, G. A. (2019). Hydrogen sulfide sensors based on PANI/f-SWCNT polymer nanocomposite thin films prepared by electrochemical polymerization. *Journal of Science: Advanced Materials and Devices*, 4(1), 143-149
- Viegas, S., Faisca, V., Dias, H., Clerigo, A., Carolino, E., dan Viegas, C. (2013). Occupational Exposure to Poultry Dust and Effects on the Respiratory System in Workers. *Journal of Toxicology and Environmental Health, Part A*, Vol. 76, pp. 230-239.