

---

## PENGARUH SUHU DAN KELEMBABAN TERHADAP NILAI RESISTANSI SENSOR GAS BERBAHAN *POLYMER*

Budi Gunawan\*<sup>1)</sup>, Arief Sudarmadji<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> Jurusan Teknik Elektro Fak Teknik Universitas Muria Kudus

<sup>2)</sup> Jurusan Teknologi Pangan Fak Pertanian UNSOED Purwokerto

\*E-mail: budi.gunawan13@yahoo.com

### Abstrak

*Polymer adalah bahan yang bersifat non konduktif. Material ini bisa dijadikan sebagai bahan yang bersifat konduktif dengan menambahkan karbon aktif sebagai doping, bahan campuran ini disebut composite polymer-carbon. Sifat konduktifitas dari bahan ini bisa berubah apabila terpapar gas dengan perubahan resistansi tergantung dari jenis dan gas yang dideteksinya. Dengan karakteristik ini, composite polymer-carbon bisa digunakan sebagai sensor gas. Sifat konduktifitas dari sensor gas berbahan polymer ini dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya; jenis gas, konsentrasi gas, suhu dan kelembaban. Penelitian ini akan menguji pengaruh suhu dan kelembaban terhadap nilai resistansi dari sensor gas berbahan polymer. Dalam pengujian ini akan dibuat sensor gas dari 6 jenis polymer, yaitu: PEG6000, PEG20M, PEG200, PEG1540, Silicon and Squelene. Enam jenis polymer tersebut akan diuji dengan 9 jenis gas, yaitu : Acetone, Acetone Nitrile, Benzene, Ethanol, Methanol, Ethyl Acetone, Chloroform, n-Hexane and Toluene. Metode pengujian dilakukan dalam sebuah chamber terisolasi yang bisa dikondisikan variasi suhu dan kelembabannya. Hasil dari penelitian menunjukkan bahwa nilai resistansi dari ke 6 jenis polymer naik sebanding dengan naiknya suhu dan kelembaban.*

*Kata kunci: temperatur, kelembaban, polymer, resistansi, konduktifitas*

### PENDAHULUAN

Salah satu perkembangan dalam bidang sensor adalah penggunaan sensor dari bahan kimia atau disebut *chemical sensor*. Polimer merupakan salah satu bahan kimia yg mempunyai sifat awal non konduktif, dalam penelitian ditemukan cara untuk membuat polimer mempunyai sifat konduktif. Cara untuk membuat polimer menjadi konduktif adalah dengan menambahkan karbon aktif atau *black carbon* sebagai dopping. Polimer yang terdopping dengan karbon ini menjadi sebuah komposit polimer-karbon. Komposit polimer karbon yang bersifat konduktif ini ternyata mempunyai sifat berubah nilai resistansinya apabila terpapar dengan jenis gas tertentu dan nilai resistansinya tidak sama antara satu jenis polimer dengan polimer yang lain. Karena sifat konduktifitas yang berubah, maka komposit polimer-karbon bisa digunakan sebagai sensor gas <sup>[1]</sup>.

Dalam eksperimen ini akan diuji karakteristik resistansi sensor polimer terhadap pengaruh suhu dan kelembaban udara. Untuk mengetahui karakteristik resistansi dari sensor komposit polimer-karbon, telah dibuat dan diuji sensor dari 6 jenis polimer, yaitu; Poly ethelin Glycol (PEG) 6000, PEG 1540, PEG 20M, PEG 200, silikon, dan squalane. Sebagai gas pengujian digunakan 9 jenis gas, yaitu; aseton, aseton nitril, benzena, etanol, metanol, etil aseton, kloroform, n-hexan dan toluena. Pengujian ini akan mengetahui hubungan antara variabel kenaikan suhu dan kelembaban terhadap resistansi dari ke enam sensor polimer dengan injeksi sembilan gas pengujian.

### TINJAUAN PUSTAKA

Polimer merupakan senyawa-senyawa yang tersusun dari molekul besar yang terbentuk oleh penggabungan berulang dari banyak molekul kecil. Molekul yang kecil disebut monomer dan dapat terdiri dari satu jenis maupun beberapa jenis <sup>[3]</sup>. Molekul panjang yang terbentuk mengandung rantai-rantai atom yang dipadukan melalui ikatan kovalen melalui proses polimerisasi dimana molekul monomer bereaksi bersama-sama membentuk suatu rantai linier atau jaringan tiga dimensi dari rantai polimer<sup>[4]</sup>. Molekul polimer umumnya mempunyai massa molekul yang sangat besar. Hal inilah yang menyebabkan polimer memperlihatkan sifat sangat berbeda dari molekul-molekul biasa meskipun susunan molekulnya sama.

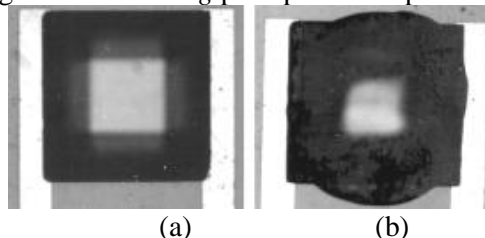
Polimer merupakan materi non-konduktif atau bersifat isolator. Ada beberapa jenis polimer yang bisa dibuat menjadi konduktif dengan memberi dopping karbon aktif. Tidak semua

polimer dapat menjadi konduktif. Hanya polimer terkonjugasi (ikatan pada rantai berupa ikatan tunggal dan rangkap yang berposisi berselang-seling) yang bisa menjadi konduktor. Peranan atom atau molekul doping adalah menghasilkan cacat dalam rantai polimer tersebut (cacat struktur). Cacat inilah yang berperan dalam penghantaran listrik. Cacat dapat bermuatan positif, negative, atau netral. Cacat ini berperilaku seolah-olah sebagai partikel. Cacat dapat berpindah sepanjang rantai, sehingga menimbulkan aliran muatan. Elektron atau hole juga dapat meloncat dari satu posisi cacat ke posisi cacat yang lain (cacat tidak berpindah), sehingga timbul pula aliran listrik<sup>[5]</sup>.

Pemakaian polimer sebagai bahan sensor dipilih jenis polimer yang bisa bersifat konduktif agar memenuhi sejumlah kriteria yang dituntut oleh suatu sensor. Salah satunya adalah bahwa polimer itu harus mampu mengikat molekul-molekul yang dideteksinya sehingga mempengaruhi sifat konduktifitasnya<sup>[6]</sup>.

Sensor komposit polimer-karbon dibuat dari campuran polimer dengan karbon aktif. Sensor ini mampu merespon rangsangan yang berasal dari berbagai senyawa kimia atau reaksi kimia. Saat campuran dipapar dengan uap bahan kimia, maka uap bahan kimia akan mengenai permukaan polimer dan berdifusi ke campuran bahan polimer dengan karbon dan menyebabkan ukuran permukaan polimer bertambah luas karena adanya efek *swelling*.<sup>[7]</sup>

Efek *swelling* atau mengembang ini sebanding lurus dengan konsentrasi gas yang dideteksi. Dengan efek mengembang ini memungkinkan perubahan luas permukaan komposit polimer-karbon jika terkena gas. Efek *swelling* pada polimer diperlihatkan seperti pada gambar 1;



**Gambar 1.** Efek 'swelling' pada polimer;

(a) sebelum mengembang, (b) sesudah mengembang

Perubahan luas permukaan ini mempengaruhi perubahan resistansi dari polimer sehingga dengan perubahan resistansi ini bisa mempengaruhi juga nilai konduktivitas. Perubahan resistansi dari sensor ini dipakai sebagai masukan bagi sistem instrumentasi elektronik.

## METODOLOGI EKSPERIMEN

Metodologi yang digunakan adalah eksperimen pengujian 6 jenis *chemical sensor based polymer* menggunakan *chamber* terisolasi dengan variabel pengujian perubahan suhu dan kelembaban. Pengujian ini menggunakan 9 jenis gas sebagai obyek yang dideteksi. Tempat pengujian yang dipakai menggunakan sebuah *chamber* yang terisolasi sehingga kondisi suhu dan kelembaban didalamnya bisa diatur.

Untuk membaca data pengujian ke enam sensor digunakan sebuah rangkaian akuisisi data berbasis mikrokontroler yang akan membaca secara *real time* ke enam sensor yang diuji dan ditampilkan pada komputer menggunakan serial *interface*. Data hasil pengujian selain ditampilkan pada layar komputer juga akan tersimpan secara otomatis sebagai file yang kemudian digunakan untuk pengolahan data. Blok diagram dari sensor, akuisisi data dan personal komputer diperlihatkan pada gambar 2;

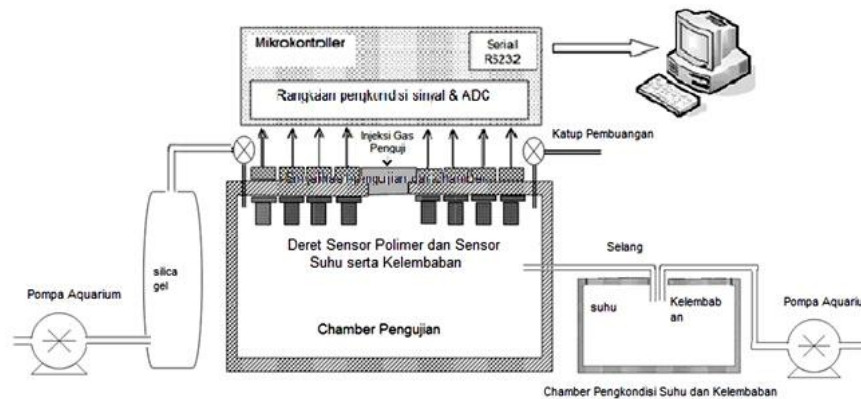


**Gambar 2.** Blok diagram

*Chamber* yang dipakai sebagai ruang pengujian dikondisikan agar bisa diinjeksi gas dan dialiri udara dari luar sehingga suhu dan kelembaban udara dalam *chamber* bisa diatur.

Untuk membaca kondisi suhu dan kelembaban didalam *chamber*, diperlukan sensor suhu dan kelembaban. Sensor suhu-kelembaban yang dipakai adalah HSM-20G. Sensor HSM-20G adalah sensor pengukur kelembaban dan temperatur buatan Cytron Technologies. HSM-20G merupakan sensor yang sdh bulit in sensor suhu dan kelembaban dalam satu board

Skema *chamber* pengujian, diperlihatkan pada gambar 3;



**Gambar 3.** Skema instrumentasi pengujian

Prinsip kerja instrumentasi pengujian sebagai berikut; sensor polimer yang akan diuji ditempatkan di dalam *chamber* pengujian secara *array*. *Chamber* pengujian dihubungkan dengan 2 buah *chamber* pengkondisi udara dari luar, *chamber* pertama berisi silica gel yang berfungsi sebagai pengering dan pembersih sisa-sisa gas yang menempel pada sensor sebelum dialirkan gas penguji yang lain, *chamber* kedua berfungsi untuk mengkondisikan udara dengan temperatur dan kelembaban tertentu. Sebagai masukan gas penguji, ruang pengujian diberi jalan masuk untuk menginjeksikan gas penguji ke dalam *chamber* pengujian. Saat pengujian sensor, *chamber* pengujian terisolasi dari suhu dan kelembaban dari luar. Untuk pembacaan data, *chamber* pengujian pengujian terhubung secara langsung dengan rangkaian akuisisi data.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Pengujian Terhadap Suhu

Pada pengujian pengaruh suhu, 6 sensor polimer diuji didalam *chamber* pengujian dengan kondisi suhu yang bervariasi dengan volume injeksi tiap gas dan kelembaban tetap. Pengujian ini akan melihat pengaruh kenaikan suhu terhadap perubahan resistansi tiap sensor.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa kenaikan suhu menyebabkan kenaikan resistansi. Prosentase rata-rata kenaikan resistansi terhadap kenaikan suhu dan koefisien pengaruh suhu ( $\text{ohm}^{\circ}\text{C}$ ) diperlihatkan pada tabel 1 dan 2;

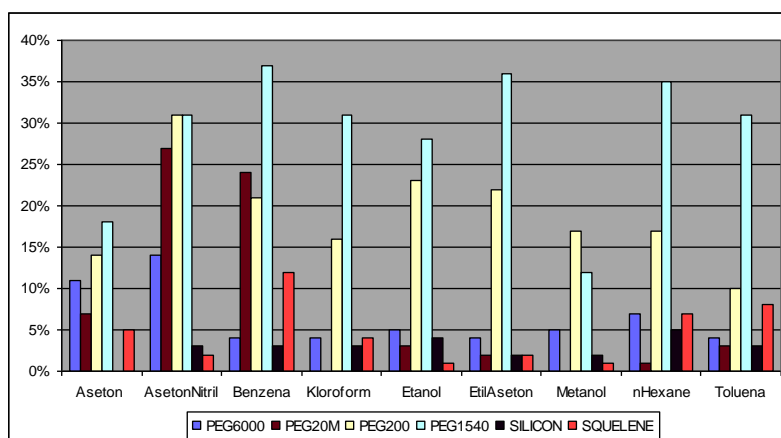
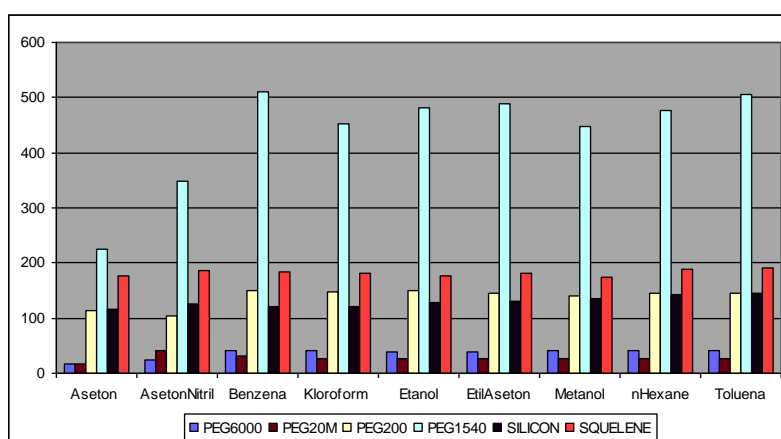
**Tabel 1.** Prosentase rata-rata kenaikan resistansi terhadap suhu

Polimer	Aseton	AsetonNitril	Benzena	Kloroform	Etanol
PEG6000	11%	14%	4%	4%	5%
PEG20M	7%	27%	24%	0%	3%
PEG200	14%	31%	21%	16%	23%
PEG1540	18%	31%	37%	31%	28%
SILICON	0%	3%	3%	3%	4%
SQUELENE	5%	2%	12%	4%	1%
	EtilAseton	Metanol	nHexane	Toluena	%rata2
PEG6000	4%	5%	7%	4%	6%
PEG20M	2%	0%	1%	3%	22%
PEG200	22%	17%	17%	10%	19%
PEG1540	36%	12%	35%	31%	29%
SILICON	2%	2%	5%	3%	3%
SQUELENE	2%	1%	7%	8%	5%

**Tabel 2.** koefisien pengaruh suhu ( $\text{ohm}/^{\circ}\text{C}$ )

Polimer	Aseton	AsetonNitril	Benzena	Kloroform	Etanol
PEG6000	18	25	40	40	40
PEG20M	18	40	30	26	26
PEG200	114	105	149	149	150
PEG1540	224	348	510	452	483
SILICON	116	126	121	122	128
SQUELENE	176	185	185	180	177
	EtilAseton	Metanol	nHexane	Toluena	Rata2
PEG6000	40	40	40	41	36
PEG20M	26	26	26	26	27
PEG200	146	140	144	146	138
PEG1540	489	446	476	505	437
SILICON	130	136	143	146	130
SQUELENE	181	175	188	190	182

Dari data rata-rata prosentase kenaikan polimer pengaruh suhu dapat dilihat secara umum semua polimer mengalami kenaikan resistansi karena pengaruh kenaikan suhu lingkungan. Grafik prosentase kenaikan resistansi sensor polimer terhadap kenaikan suhu ditunjukkan pada gambar 4 sedangkan koefisien pengaruh suhu ( $\text{ohm}/^{\circ}\text{C}$ ) diperlihatkan pada gambar 5;

**Gambar.4** Grafik prosentase kenaikan resistansi sensor polimer terhadap kenaikan suhu**Gambar.5** Grafik koefisien pengaruh suhu ( $\text{ohm}/^{\circ}\text{C}$ )

## B. Pengujian Terhadap Kelembaban

Pada pengujian pengaruh kelembaban, sensor polimer diuji didalam ruang pengujian dengan kondisi kelembaban yang bervariasi volume injeksi tiap gas dan suhu tetap.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa kenaikan kelembaban menyebabkan kenaikan resistansi. Prosentase rata-rata kenaikan resistansi terhadap kenaikan kelembaban dan koefisien pengaruh kelembaban (ohm/%) diperlihatkan pada tabel 4 dan 5;

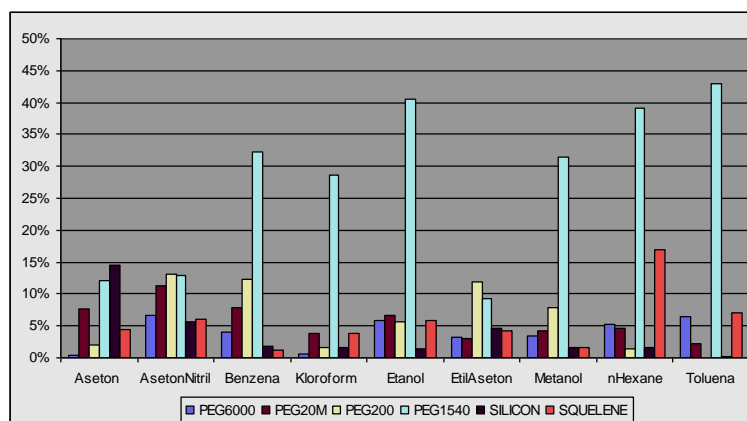
**Tabel 4.** Prosentase rata-rata kenaikan resistansi terhadap kelembaban

Polimer	Aseton	AsetonNitril	Benzena	Kloroform	Etanol
PEG6000	0,40%	6,60%	4,11%	0,70%	5,87%
PEG20M	7,70%	11,26%	7,86%	3,90%	6,62%
PEG200	1,96%	13,03%	12,22%	1,68%	5,56%
PEG1540	12,05%	12,93%	32,30%	28,59%	40,46%
SILICON	14,57%	5,73%	1,73%	1,64%	1,44%
SQUELENE	4,46%	6,12%	1,22%	3,80%	5,77%
	EtilAseton	Metanol	nHexane	Toluena	%rata2
PEG6000	3,29%	3,51%	5,17%	6,36%	4,00%
PEG20M	3,01%	4,24%	4,72%	2,14%	5,72%
PEG200	11,87%	7,96%	1,40%	0,00%	6,19%
PEG1540	9,26%	31,46%	39,11%	42,91%	27,67%
SILICON	4,63%	1,66%	1,61%	0,23%	3,69%
SQUELENE	4,32%	1,71%	16,84%	7,15%	5,71%

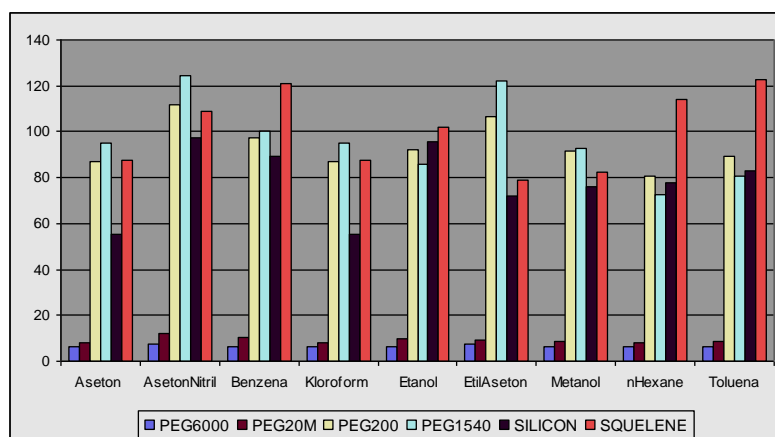
**Tabel 5.** koefisien pengaruh kelembaban (ohm/%)

Polimer	Aseton	AsetonNitril	Benzena	Kloroform	Etanol
PEG6000	18	25	40	40	40
PEG20M	18	40	30	26	26
PEG200	114	105	149	149	150
PEG1540	224	348	510	452	483
SILICON	116	126	121	122	128
SQUELENE	176	185	185	180	177
	EtilAseton	Metanol	nHexane	Toluena	rata2
PEG6000	40	40	40	41	36
PEG20M	26	26	26	26	27
PEG200	146	140	144	146	138
PEG1540	489	446	476	505	437
SILICON	130	136	143	146	130
SQUELENE	181	175	188	190	182

Dari data rata-rata prosentase kenaikan polimer pengaruh kelembaban dapat dilihat secara umum semua polimer mengalami kenaikan resistansi karena pengaruh kenaikan kelembaban lingkungan. Grafik prosentase kenaikan resistansi sensor polimer terhadap kenaikan kelembaban ditunjukkan pada gambar 6 sedangkan koefisien pengaruh kelembaban (ohm/%) diperlihatkan pada gambar 7;



**Gambar.6** Grafik prosentase kenaikan resistansi sensor polimer terhadap kenaikan kelembaban



**Gambar.7** Grafik koefisien pengaruh kelembaban (ohm/%)

## KESIMPULAN

Dari hasil pengujian dapat disimpulkan:

1. Bahan polimer (PEG6000, PEG20M, PEG200, PEG1540, silicon dan squelene) bisa dibuat menjadi sensor gas dengan memberi additif karbon aktif menjadi komposit polimer-karbon.
2. Sensor komposit polimer-karbon mempunyai resistansi yang berbeda-beda tergantung dari jenis bahan polimernya.
3. Pada pengujian terhadap kenaikan suhu antara 29 - 44<sup>0</sup> C, hasil pengujian menunjukkan bahwa kenaikan suhu menyebabkan kenaikan resistansi sensor dengan prosentase kenaikan yang bervariasi tergantung jenis polimer dan gas penginjeksi dengan prosentase kenaikan antara 3-29%. Kenaikan terbesar pada jenis polimer PEG 1540.
4. Pada pengujian terhadap kenaikan kelembaban antara 26 – 76%, hasil pengujian menunjukkan bahwa kenaikan kelembaban menyebabkan kenaikan resistansi sensor dengan prosentase kenaikan yang bervariasi tergantung jenis polimer dan gas penginjeksi dengan prosentase kenaikan antara 3,7-27,6%. Kenaikan terbesar pada jenis polimer PEG 1540
5. Pada plotting garis menggunakan regresi, resistansi sensor akan naik sebanding dengan kenaikan suhu dan kelembaban dengan persamaan garis polinomial orde 2 dan 3 dan sebagian linier

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Jiri Janata And Mira Josowicz (2002), *Conducting Polymers In Electronic Chemical Sensors*.
- [2] Hua Bai and Gaoquan Shi (2006), *Gas Sensors Based on Conducting Polymers*.
- [3] Atkins, P. W. (1990), *Physical Chemistry*. 4th ed. New York: W.H. Freeman.
- [4] Elias, H.-G. (1987), *Mega Molecules*. Berlin: Springer-Verlag
- [5] Department Of Chemical Engineering Brigham Young University (2006), *Modeling And Data Analysis Of Conductive Polymer Composite Sensors*.
- [6] Frank Zee and Jack Judy (1999), *Mems Chemical Gas Sensor Using A Polymer-Based Array*, Published at Transducers '99 - The 10th International Conference on Solid-State sensors and Actuators on June 7-10, Sendai, Japan
- [7] Kohlman, R. S. and Epstein, Arthur J. (1998), *Insulator-Metal Transistion and Inhomogeneous Metallic State in Conducting Polymers*. Skotheim, Terje A.; Elsenbaumer, Ronald L., and Reynolds, John R., Editors. Handbook of Conducting Polymers. 2nd ed. New York: Marcel Dekker; pp. 85-122