



PANITIA SEMINAR NASIONAL KIMIA XVIII
JURUSAN KIMIA FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS GADJAH MADA

Sertifikat

Diberikan kepada

Dr. AGUS SETIABUDI

Sebagai

PENYAJI

Pada

SEMINAR NASIONAL KIMIA XVIII

Dengan tema :

“Peran Komunitas Kimia Dalam Menghadapi Isu Pemanasan Global”

Tanggal 10 Juli 2008 di Yogyakarta

Yogyakarta, 10 Juli 2008

DEKAN
Fakultas MIPA UGM

Prof. Drs. H. Subanar, Ph.D.

Ketua Jurusan Kimia
Fakultas MIPA UGM

Dr. Agus Kuncaka, D.E.A.



Ketua Panitia

Dra. Wega Trisunaryanti, M.S., Ph.D. Eng.

**PEMBUATAN PROTOTYPE SENSOR GAS NO_x
MENGUNAKAN MATERIAL KONDUKTOR IONIK
BERBASIS ION NA⁺ HASIL PREPARASI**

Dr. Agus Setiabudi, M.Si

ABSTRAK

Pada penelitian ini *Natrium Super Ionic Conductor* (NASICON) disintesis melalui metode sol gel anorganik dengan asam sitrat sebagai aditif penstabil sol. Hasil analisis TG-DTA memperlihatkan reaksi pembentukan NASICON melalui metode yang digunakan terjadi pada temperatur sekitar 975°C. Karakterisasi material dengan FT-IR menunjukkan adanya vibrasi gugus ZrO₆, SiO₄, dan PO₄ pada bilangan gelombang 400-750 cm⁻¹ dan 800-1100cm⁻¹. Begitu pula dengan pola difraksi sinar-X yang memperlihatkan adanya intensitas puncak yang tinggi pada nilai 2θ = 13, 19, 20, 24, 27.5, 30, dan 33 yang merupakan puncak khas NASICON. Hasil analisis XRF juga menunjukkan adanya unsur Na, Zr, Si, dan P dengan kadar yang sesuai dengan perbandingan rumus stoikiometri NASICON, Na_{1+x}Zr₂Si_xP_{3-x}O₁₂ dengan nilai x sebesar 2,1. Analisis SEM dengan perbesaran 1500 kali menunjukkan ukuran partikel material yang dihasilkan telah mencapai 1 μm dengan kehomogenan yang cukup tinggi. Nilai konduktifitas NASICON yang diukur dengan menggunakan Impedance spectroscopy maupun dengan sel rakitan berada pada rentang 10⁻³ S/m. Pengujian NASICON sebagai komponen sel sensor rakitan dilakukan pada keadaan gas inert dan pada variasi konsentrasi NO_x yang dihasilkan dari dekomposisi Ba(NO₃)₂ dan KNO₃. Hasil yang diperoleh memperlihatkan adanya kemampuan deteksi terhadap keberadaan gas NO_x yang terlihat dari perubahan respon arus antara kondisi tanpa adanya gas NO_x dengan respon arus pada saat adanya gas NO_x. Selain itu, hasil yang diperoleh juga menunjukkan kecenderungan linieritas respon arus terhadap perbedaan konsentrasi gas NO_x.

Kata kunci : sol-gel, NASICON, elektrolit padat, stabilitas sol

1. PENDAHULUAN

Pencemaran udara yang memprihatinkan di antaranya disebabkan oleh oksida nitrogen (NO_x). Gas ini memiliki tingkat toksisitas tertinggi dibanding polutan lainnya (Stoker, 1972). Selain sangat beracun, gas NO_x juga merupakan penyebab terjadinya hujan asam dan kabut fotokimia yang mengganggu kehidupan manusia dan biota laut.

Sensor amperometrik banyak digunakan untuk menentukan kadar NO_x di udara. Dalam sensor gas amperometrik diperlukan suatu material konduktor ionik yang memiliki nilai konduktivitas cukup tinggi untuk menghantarkan arus listrik. Salah satu contoh material konduktor ionik yang sedang dikembangkan adalah *natrium super ionic conductor* atau yang lebih dikenal dengan sebutan NASICON. Respon arus sensor amperometrik linear terhadap kadar gas NO_2 sehingga lebih sensitif dibanding sensor elektrokimia lainnya. Bahkan sensor amperometrik dengan elektroda tertentu mampu mendeteksi gas NO_2 sampai beberapa ratus ppm (Miura et al., 1998).

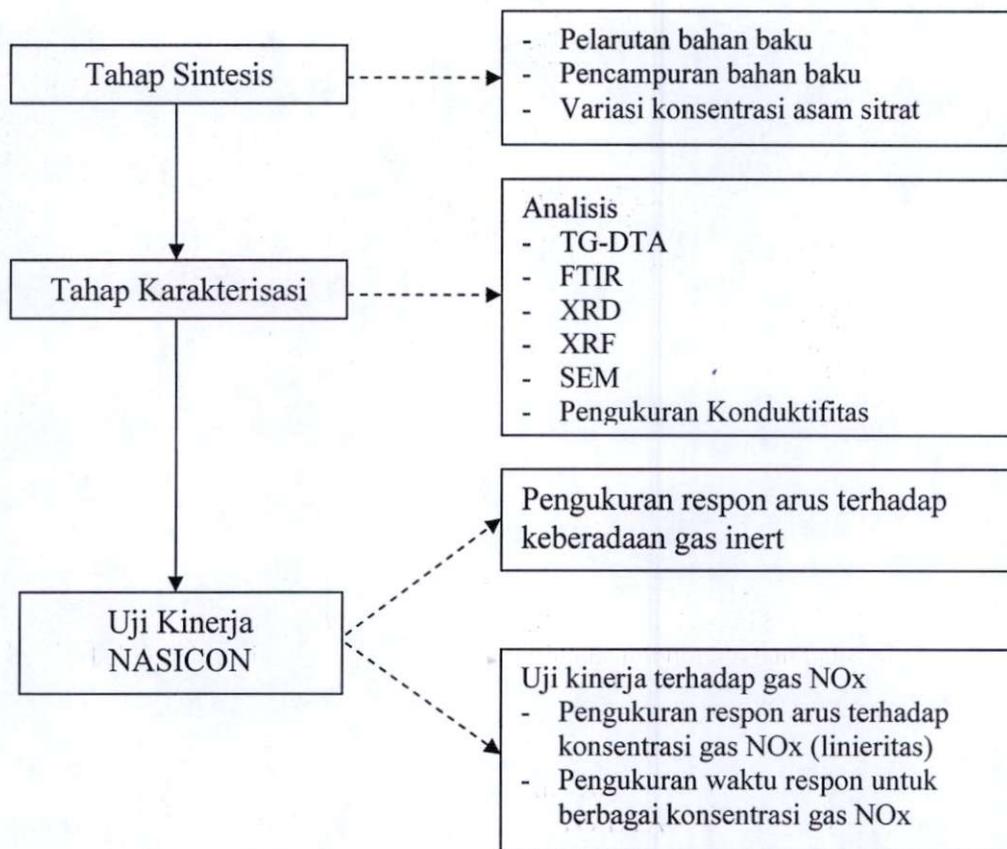
NASICON yang dihasilkan melalui metode sol-gel memiliki homogenitas dan nilai konduktivitas yang cukup baik, tetapi sulit diperoleh karena kurang stabilnya sol yang akan disintesis menjadi NASICON akibat adanya zirconium fosfat atau zirconil fosfat (Mouazer et al., 2003). Pada umumnya senyawa asam digunakan sebagai zat aditif dalam pembuatan NASICON melalui metode sol-gel.

Dalam penelitian ini dilakukan sintesis material konduktor ionik dengan beberapa variasi jenis zat aditif dan variasi konsentrasi yang diharapkan mampu menstabilkan sol dalam pembuatan NASICON sehingga dapat dihasilkan material konduktor ionik yang dapat digunakan sebagai komponen dalam sensor gas NO_x . Selain itu dilakukan pula ujicoba material hasil preparasi dalam mendeteksi keberadaan gas NO_x baik secara kualitatif maupun secara kuantitatif yang diharapkan dapat dijadikan landasan dalam penentuan rentang konsentrasi kerja sel sensor hasil rakitan.

2. METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini NASICON dibuat dengan menggunakan metode sol gel melalui pencampuran larutan Na_2SiO_3 , $\text{ZrO}(\text{NO}_3)_2$, $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ dan larutan aditif dengan perbandingan molar untuk asam sitrat dibuat tiga perbandingan 3M, 5,5M, dan 6.5M. Campuran kemudian distirer hingga terbentuk sol. Pengeringan sol dilakukan pada suhu 120°C selama kurang lebih 13 jam sehingga diperoleh gel. Pemanasan lebih lanjut menyebabkan terbentuknya gel kering (*xerogel*). *Xerogel* yang dihasilkan dibuat pelet lalu dikalsinasi secara bertahap pada suhu 750°C selama 1 jam dan pada suhu 1000°C selama 3 jam sehingga diperoleh material konduktor ionik. Material yang dihasilkan kemudian dikarakterisasi menggunakan XRD, XRF, SEM dan FT-IR. Permukaan material konduktor ionik tanpa asam dan dengan penambahan asam sitrat dilihat menggunakan SEM.

Pengukuran konduktifitas NASICON dilakukan pada suhu antara 150°C sampai 400°C setelah sebelumnya dilapisi dengan Pt. Uji respon NASICON terhadap gas NO_x dilakukan dengan melapisi NASICON yang sudah dilapisi Pt dengan NaNO_2 kemudian dimasukan ke dalam alat uji lalu dialiri gas NO_x . Respon dari NASICON terhadap gas yang dialirkan dapat terlihat dari adanya peningkatan nilai arus. Secara skematik metode penelitian ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Tahapan umum penelitian

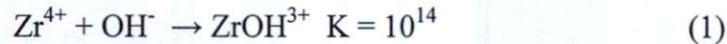
3. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

3.1. Kestabilan Sol yang dihasilkan

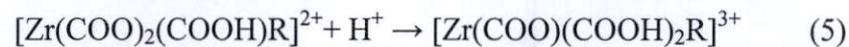
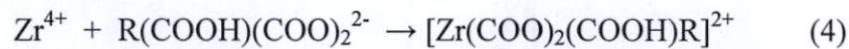
Salah satu kelemahan metode sol-gel dalam mensintesis NASICON adalah sulitnya menstabilkan sol yang disebabkan karena terbentuknya zirconil fosfat ($ZrOHPO_4$) atau zirconium fosfat ($Zr(HPO_4)_2$) ketika larutan $ZrO(NO_3)_2$ dan larutan $NH_4H_2PO_4$ ditambahkan. Adanya zirconil fosfat ($ZrOHPO_4$) atau zirconium fosfat ($Zr(HPO_4)_2$) pada sol akan terlihat bila senyawa-senyawa tersebut telah melewati kelarutannya, yang ditandai oleh terbentuknya endapan berwarna putih.

Salah satu cara untuk mencegah terbentuknya $ZrOHPO_4$ atau $Zr(HPO_4)_2$ adalah dengan membentuk senyawa kompleks antara ion Zr^{4+} dengan senyawa asam (asam malonat, asam tartarat, dan asam sitrat). Ion Zr^{4+} pada larutan lebih mudah bereaksi dengan OH^- dari basa membentuk $ZrOH^{3+}$ (reaksi (1)) yang kemudian akan terurai menjadi ZrO^{2+} (reaksi (2)). Ion ZrO^{2+} dalam larutan inilah

yang akan bereaksi dengan ion HPO_4^{2-} membentuk ZrOHPO_4 (reaksi (3)) (Mouazer et al. (2003)).



Pada reaksi pembentukan kompleks Zr^{4+} dengan senyawa asam, Zr^{4+} akan bereaksi dengan gugus karbonil pada asam membentuk kompleks RCOOZr . Reaksi yang terjadi diperkirakan:



Reaksi pengkompleksan Zr dengan asam sitrat ($\text{R}(\text{COOH})_3$) sesuai dengan persamaan (4) dan (5).

Sol yang dipreparasi dengan asam sitrat memiliki kestabilan paling tinggi (tetap tak berwarna dan tidak ada endapan selama lebih dari 30 hari).

Hasil penelitian menunjukkan sol yang dipreparasi dengan konsentrasi asam sitrat yang berbeda, tidak menunjukkan adanya perubahan. Selama lebih dari satu bulan, sol yang dihasilkan dengan perbandingan molar asam sitrat 3M, 5.5M, dan 6.5M tidak memperlihatkan perubahan apapun. Hal ini menunjukkan konsentrasi aditif tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap kestabilan sol. Karakteristik sol yang dihasilkan terlihat pada tabel 1.

Tabel 1 Karakteristik sol yang dihasilkan

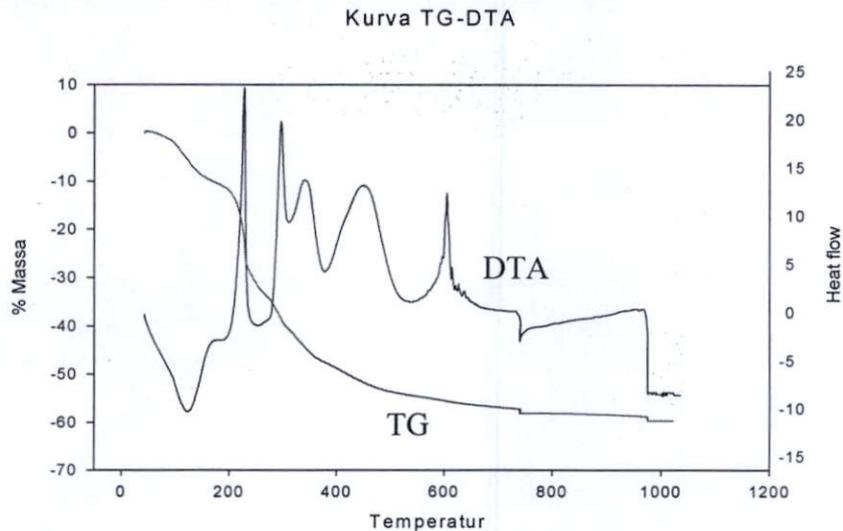
Zat aditif	Warna campuran	Warna sol (setelah dikeringkan 12 jam)	Kestabilan (hari)			
			4	7	15	20
Tanpa aditif	Putih, tidak ada endapan	Putih, tidak ada endapan	X	X	X	X
Asam malonat	Putih, terdapat endapan putih	Putih, endapan putih semakin banyak	X	X	X	X
Asam Tartarat	Tak berwarna, tidak ada endapan	Putih, tidak ada endapan	√	√	√	X
Asam sitrat (3M)	Tak berwarna, tidak ada endapan	Tak berwarna, tidak ada endapan	√	√	√	√
Asam sitrat (5.5M)	Tak berwarna, tidak ada endapan	Tak berwarna, tidak ada endapan	√	√	√	√
Asam sitrat (6.5M)	Tak berwarna, tidak ada endapan	Tak berwarna, tidak ada endapan	√	√	√	√

Keterangan:

√ = Sol yang terbentuk masih stabil

X = Sol yang terbentuk sudah tidak stabil

3.2. Studi TG-DTA Preparasi Material Konduktor Ionik



Gambar 2. Kurva TG-DTA xerogel dengan penambahan asam tartarat

Hasil studi TG menunjukkan adanya pengurangan massa sebesar 58% pada suhu 100-750°C sehingga tidak memungkinkan pelet xerogel dapat langsung dikalsinasi pada suhu 1000°C. Pengurangan massa pada suhu 100-150°C diperkirakan akibat pelepasan air. Sedangkan pada suhu 200-750°C, pengurangan massa diakibatkan oleh berbagai reaksi eksoterm. Dari kurva DTA terlihat ada empat reaksi eksoterm yang terjadi pada rentang suhu 200-750°C. Reaksi-reaksi ini diperkirakan terjadi akibat oksidasi senyawa organik. (Maria Luisa Di Viona et.al (1999)) dan akibat terdekomposisinya senyawa NH_4NO_3 yang terbentuk ketika pemanasan berlangsung (Ignaszak et al., 2005). Pada suhu 605°C terjadi reaksi eksoterm yang diperkirakan akibat terbentuknya ZrO_2 tetragonal seperti yang tampak pada penelitian yang dilakukan oleh Ignaszak et. al pada tahun 2005. Selain puncak-puncak tersebut, terdapat pula puncak pada suhu 975°C yang tidak mengakibatkan perubahan massa. Temperatur puncak ini diperkirakan sebagai temperatur terjadinya reaksi pembentukan NASICON.

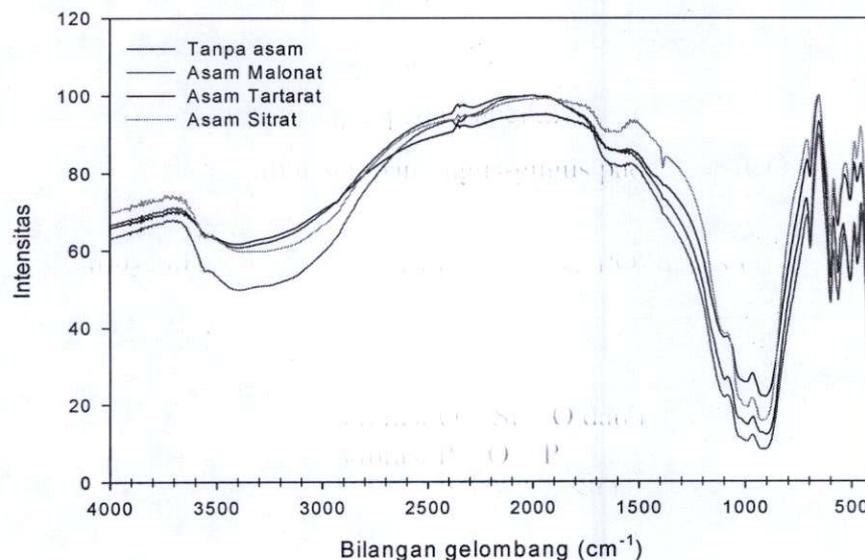
3.3. Analisis FT-IR

Perbandingan spektra FT-IR untuk material konduktor ionik yang dihasilkan ditunjukkan pada Gambar 3. Spektra material yang dipreparasi tanpa penambahan aditif maupun dengan penambahan aditif menunjukkan pola yang

serupa. Spektra tersebut menunjukkan puncak yang lebar pada bilangan gelombang 900-1100 cm^{-1} dan puncak-puncak tajam pada bilangan gelombang 400-750 cm^{-1} . Berdasarkan literatur (Monros et al, 1992; Zhang. S et al, 2003; Qiu et al, 2003, 2004; Rao et al., 2001) puncak-puncak tersebut dapat disebabkan oleh vibrasi gugus-gugus yang terdapat pada Tabel 2:

Tabel 2 Daftar serapan gugus-gugus pada NASICON

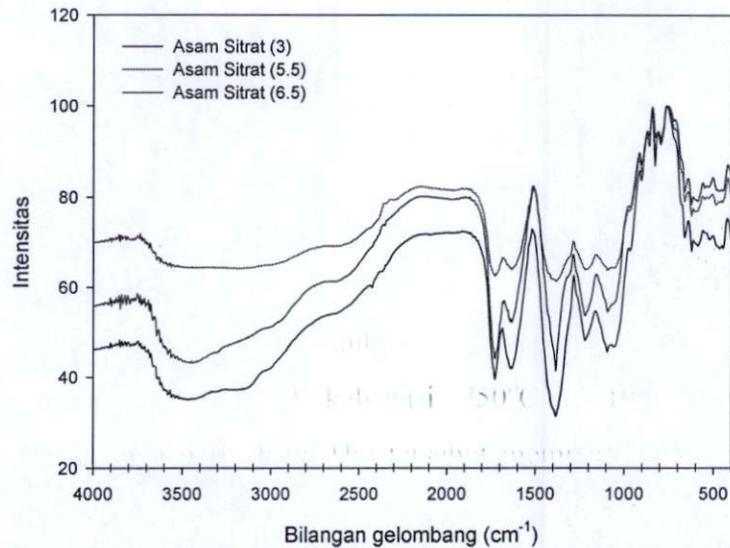
Puncak serapan	Analisis
400-750 cm^{-1}	Vibrasi tekuk ZrO_6 , PO_4 dan SiO_4
470 cm^{-1}	Vibrasi ZrO_2
550-560 cm^{-1}	Vibrasi O—P—O,
600-900 cm^{-1}	Vibrasi Zr—O
850-1250 cm^{-1}	Vibrasi O—Si—O dan P—O—P
890-920 cm^{-1}	Vibrasi P—O—P
980-1080 cm^{-1}	Vibrasi PO_4^{3-} dan SiO_4
1100-1150 cm^{-1}	Vibrasi ion PO^-



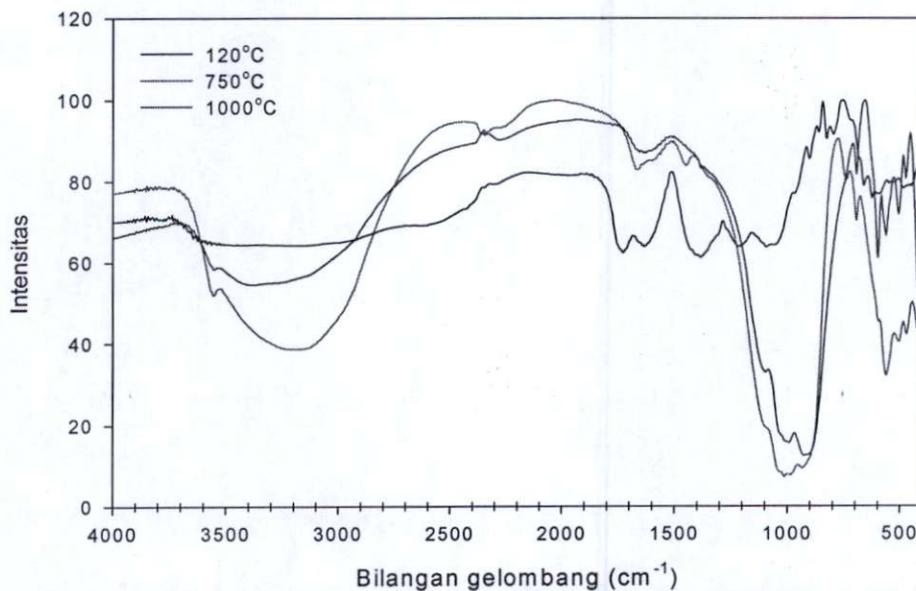
Gambar 3. Spektra FT-IR material konduktor ionik yang yang dibuat melalui metode sol-gel dengan berbagai penambahan aditif

Data spektra FT-IR material konduktor ionik yang dipreparasi dengan perbandingan molar asam sitrat 3M, 5,5M dan 6,5M (Gambar 4.) tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan. Bahkan vibrasi gugus-gugus fungsi yang terdapat didalamnya memiliki intensitas yang hampir sama. Hal ini memperkuat dugaan konsentrasi asam sitrat tidak memberikan pengaruh yang

signifikan terhadap material konduktor ionik yang dihasilkan. Sementara itu, spektra FT-IR material hasil kalsinasi 750°C – 1000°C yang dihasilkan menunjukkan adanya perbedaan. Hal tersebut memperlihatkan adanya pengaruh suhu kalsinasi terhadap spektra FT-IR material konduktor ionik.



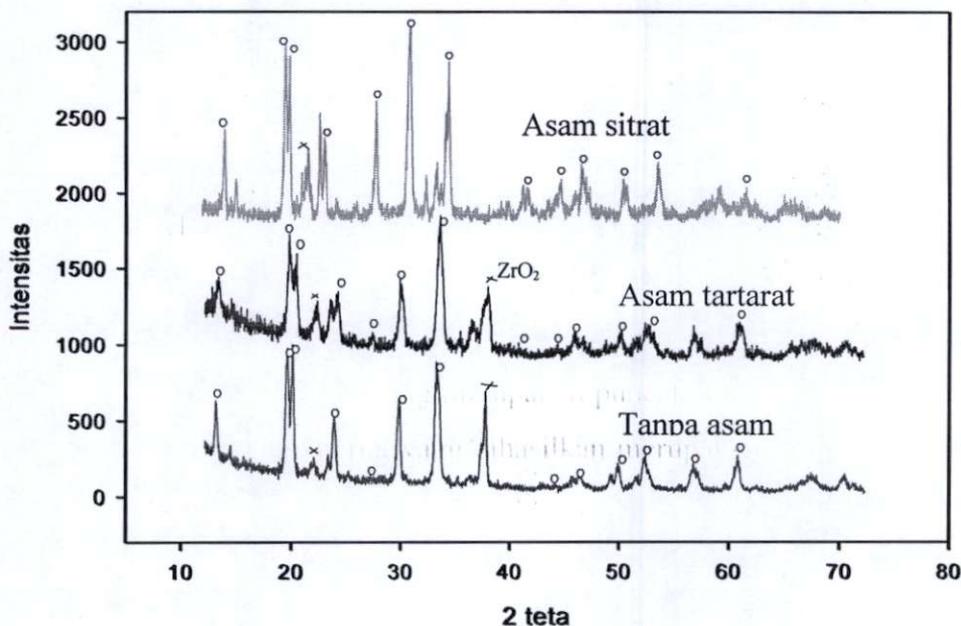
Gambar 4. Spektra FT-IR xerogel yang dipreparasi dengan perbandingan molar asam sitrat 3M, 5,5M dan 6,5M



Gambar 5. Spektra FT-IR xerogel dengan aditif asam sitrat 6.5M yang dikalsinasi bertahap pada suhu 750°C dan 1000°C

3.4. Analisis XRD

Pola difraktogram material konduktor ionik yang dihasilkan (Gambar 6) menunjukkan adanya puncak-puncak pada $2\theta = 13, 19, 20, 24, 27.5, 30, 33, 42, 45, 46, 48, 50, 53, 57$ dan 60 yang merupakan puncak khas NASICON. Sehingga dapat diketahui bahwa material yang dihasilkan merupakan NASICON. Terdapat pula puncak pengotor yang diperkirakan berasal dari zirconia yang terbentuk.



Gambar 6. Pola difraktogram sinar-x material konduktor ionik

Tanda o menunjukkan puncak yang sesuai dengan pola rujukan sedangkan tanda x menunjukkan ZrO₂.

Dari ketiga pola difraktogram, terlihat bahwa penambahan aditif asam sitrat menghasilkan NASICON yang paling baik. Hal ini terlihat dari tingginya intensitas yang dihasilkan dan kecilnya zirconia yang terbentuk. Adanya zirconia pada NASICON yang dihasilkan akan mengurangi nilai konduktivitas.

3.5. Analisis XRF

Hasil analisis *X-ray Fluorescence* (XRF) untuk NASICON tanpa asam dan dengan aditif asam tartarat menunjukkan adanya unsur Na, Zr, Si dan P (Tabel 3).

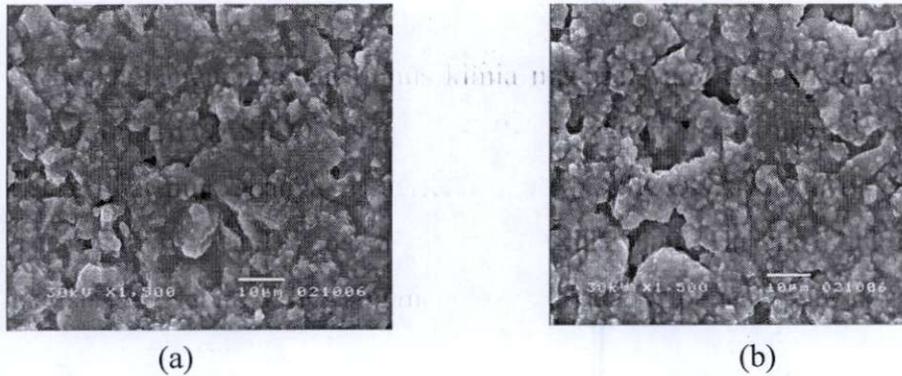
Tabel 3. Hasil analisa XRF NASICON yang dibuat melalui metode sol-gel tanpa penambahan aditif dan dengan penambahan asam tartarat

Zat Aditif	% Kadar Unsur				Perkiraan Rumus Senyawa
	Na	Zr	Si	P	
Tanpa Aditif	32.3181	31.1487	23.4843	13.0489	$\text{Na}_{2.7}\text{Zr}_{2.6}\text{Si}_{1.9}\text{P}_{1.1}$
Asam Tartarat	28.9689	38.9233	22.3369	9.7708	$\text{Na}_{2.7}\text{Zr}_{3.6}\text{Si}_{2.1}\text{P}_{0.9}$

Hasil ini menunjukkan rumus kimia material yang dihasilkan mendekati rumus stoikiometri NASICON $\text{Na}_{1+x}\text{Zr}_2\text{Si}_x\text{P}_{3-x}\text{O}_{12}$ yang berstruktur rhombohedral simetri. Terlihat pula adanya Zr berlebih pada NASICON. Hal ini diperkirakan karena terbentuknya ZrO_2 pada material yang dihasilkan. Hal ini didukung pula oleh analisis XRD dan FT-IR yang menunjukkan adanya puncak-puncak ZrO_2 .

3.6. Analisis SEM

Gambar 7 menunjukkan image SEM NASICON tanpa penambahan asam dan dengan penambahan asam tartarat dengan perbesaran 1500 kali.

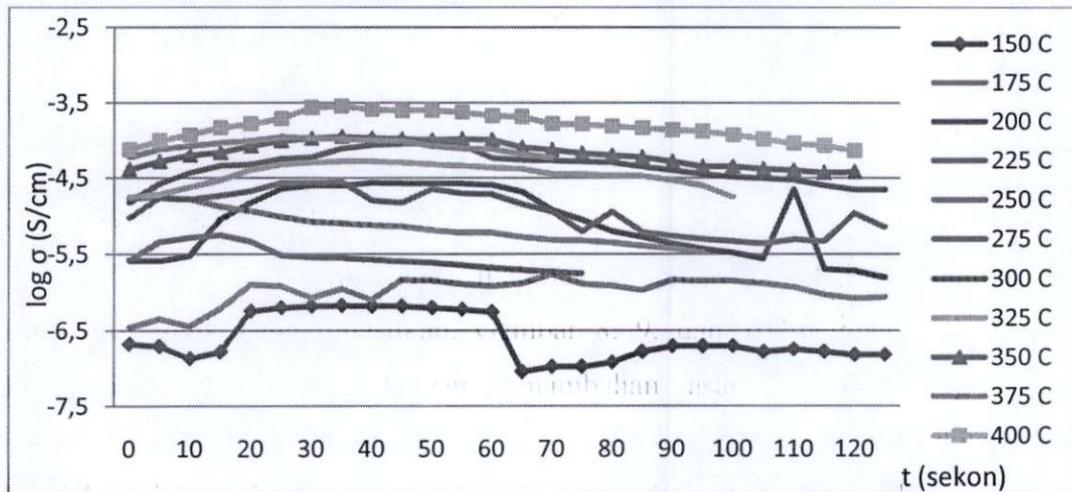


Gambar 7. Hasil analisis SEM NASICON (a) tanpa penambahan aditif dan (b) dengan aditif asam tartarat

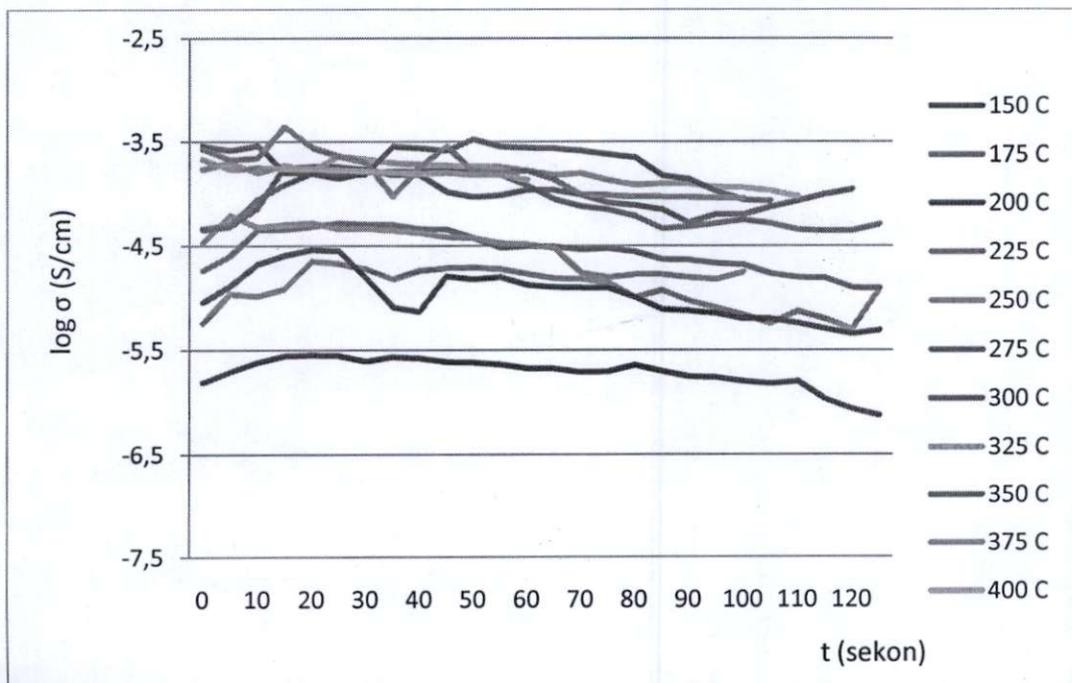
Dari tampilan tersebut terlihat partikel NASICON dengan penambahan aditif asam tartarat relatif lebih homogen dan memiliki ukuran sekitar 1 μm . Terlihat pula partikel-partikel NASICON yang dihasilkan saling bertumpuk. Menurut penelitian yang dilakukan oleh Ignaszak dan kawan kawan pada tahun 2005 terlihat bahwa semakin rapat partikel pada suatu material maka nilai konduktivitasnya semakin besar.

3.7. Pengukuran Konduktivitas

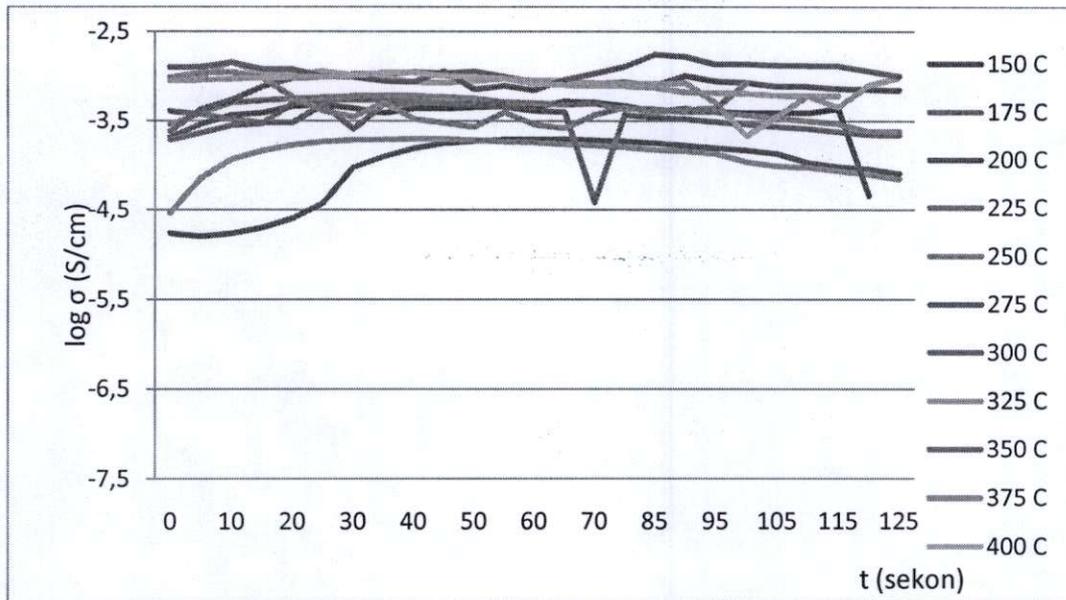
Pengukuran konduktivitas material bertujuan untuk mengetahui sifat konduktor ionik yang dihasilkan. Gambar 8, 9, dan 10 memperlihatkan nilai konduktivitas NASICON dengan penambahan asam sitrat masing-masing sebanyak 3M, 5,5M, dan 6M yang diukur sebagai fungsi waktu. Pengukuran nilai konduktivitas ini dilakukan pada beberapa suhu untuk mengetahui pengaruh suhu analisis terhadap konduktivitas material konduktor ionik.



Gambar 8. Konduktivitas material konduktor ionik yang dipreparasi dengan asam sitrat 3M



Gambar 9. Konduktivitas material konduktor ionik yang dipreparasi dengan asam sitrat 5,5M



Gambar 10. Konduktifitas material konduktor ionik yang dipreparasi dengan asam sitrat 6,5M

Pengukuran konduktifitas dilakukan pada berbagai suhu, yaitu suhu 150 °C, 175 °C, 200 °C, 225 °C, 250 °C, 275 °C, 300 °C, 325 °C, 350 °C, 375 °C dan 400 °C. Variasi suhu dilakukan untuk mengamati hubungan nilai konduktifitas material konduktor ionik terhadap kenaikan suhu. Secara umum nilai konduktifitas NASICON semakin meningkat seiring dengan kenaikan suhu (Ahmad et al, 1987).

Pada Gambar 8, nilai konduktifitas NASICON yang dipreparasi dengan asam sitrat 3M paling rendah berada pada $\log \sigma = -7,04$ pada suhu 150 °C, sedangkan paling tinggi berada pada $\log \sigma = -3,54$ pada suhu 400 °C. Pada Gambar 9., nilai konduktifitas NASICON yang dipreparasi dengan asam sitrat 5,5M paling rendah berada pada $\log \sigma = -8,15$ pada suhu 150 °C, sedangkan paling tinggi berada pada $\log \sigma = -3,54$ pada suhu 350 °C. Pada gambar 10, nilai konduktifitas NASICON yang dipreparasi dengan asam sitrat 6M paling rendah berada pada $\log \sigma = -4,47$ pada suhu 150 °C, sedangkan paling tinggi berada pada $\log \sigma = -2,75$ pada suhu 350 °C.

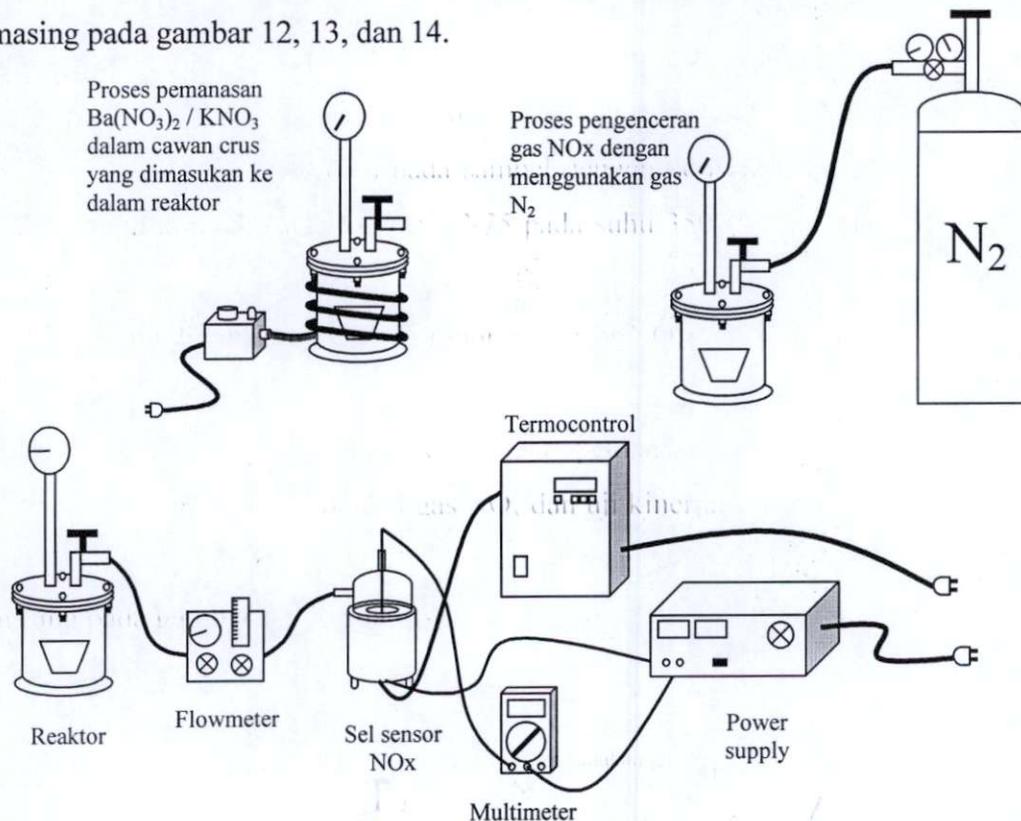
Dari hasil yang diperoleh dapat diketahui bahwa semakin tinggi konsentrasi asam sitrat yang ditambahkan pada sampel NASICON, memiliki kecenderungan nilai konduktifitas yang semakin tinggi pula. Hal ini menunjukkan

bahwa penambahan asam sitrat dengan konsentrasi yang lebih tinggi akan semakin menambah kestabilan NASICON yang diperoleh. Nilai konduktifitas NASICON yang disintesis telah memenuhi untuk digolongkan sebagai *fast ionic conductor* dan dapat digunakan sebagai komponen sensor gas NO_x.

3.8. Uji Kinerja NASICON

Dari hasil pengukuran konduktifitas diketahui nilai konduktifitas NASICON tertinggi diperoleh pada sampel dengan konsentrasi asam sitrat 6,5M dengan nilai konduktifitas $\log \sigma = -2.75$ pada suhu 350°C. Uji kinerja dilakukan untuk mengetahui kelayakan material konduktor ionik yang dipreparasi sebagai material yang digunakan dalam komponen sensor NO_x.

Gas NO_x yang digunakan dalam uji kinerja NASICON ini diperoleh dari pemanasan Ba(NO₃)₂ dan juga berasal dari pemanasan KNO₃ di dalam sebuah reaktor. Adapun skema produksi gas NO_x dan uji kinerja sensor terhadap gas NO_x diperlihatkan pada gambar 11 sedangkan data pengamatan ditunjukkan masing-masing pada gambar 12, 13, dan 14.



Gambar 11. Skema produksi gas NO_x dan uji kinerja sel sensor terhadap gas (deteksi) NO_x

Perhitungan konsentrasi gas NOx yang dialirkan ke dalam alat sensor didasarkan pada pendekatan matematis, yaitu dengan mengukur volume reaktor, mengukur tekanan ruangan, serta menghitung banyaknya zat sumber penghasil NOx yang berkurang dari hasil pemanasan.

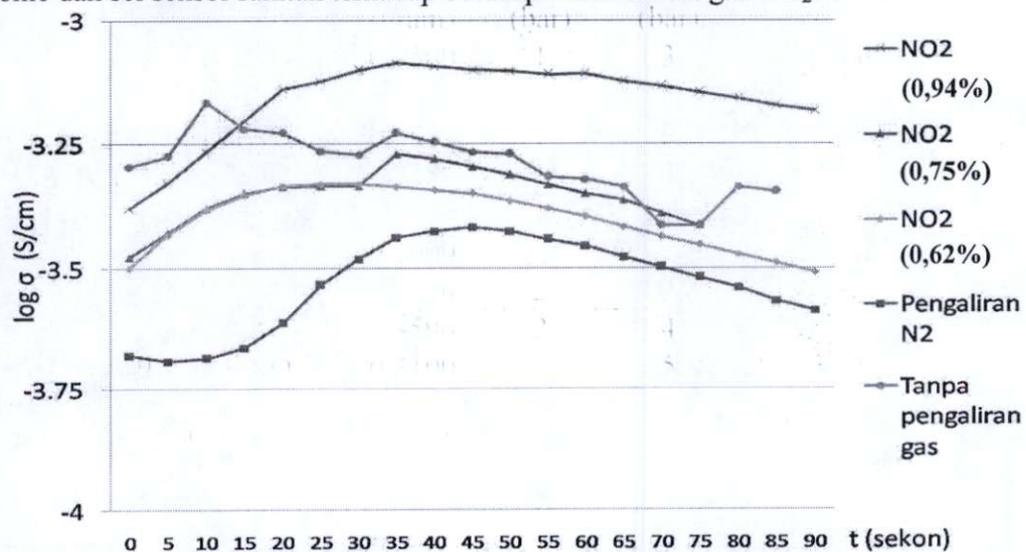
Angka yang diperoleh dari perhitungan tentu masih mengandung beberapa hal yang perlu dikoreksi, karena untuk penentuan secara kuantitatif tentu harus menggunakan suatu angka pembanding misalnya yang dihasilkan dari instrument *gas analyzer*.

Tabel 4. Data perhitungan konsentrasi NOx yang diuji pada sel sensor

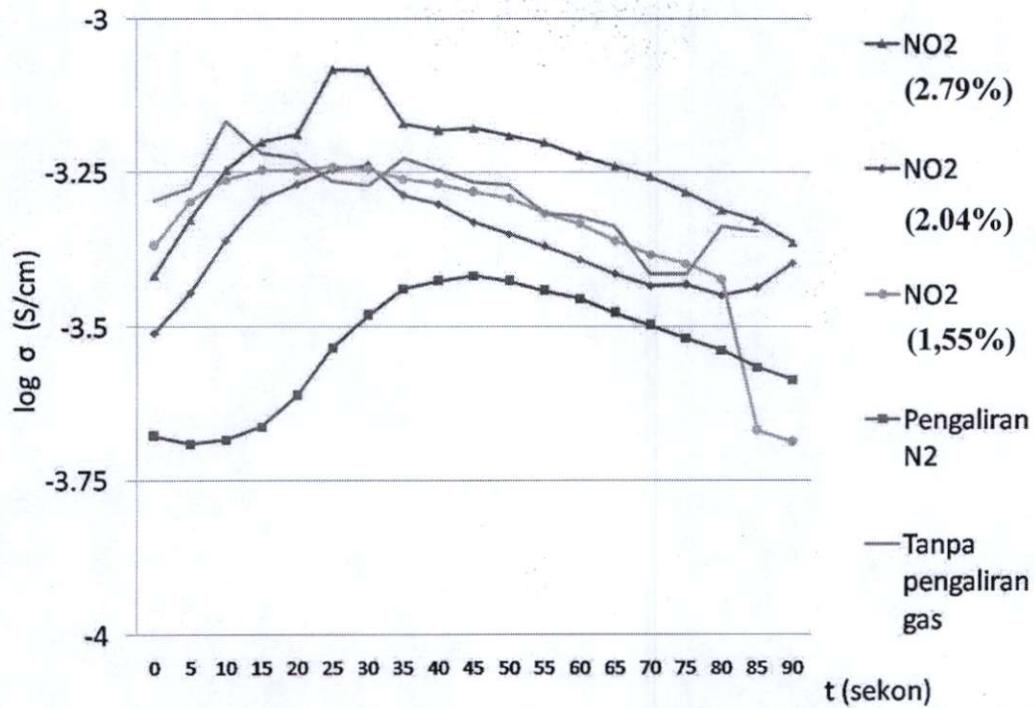
No	Sumber NOx	Δ massa (gram)	P _i (bar)	P _f (bar)	Konsentrasi (%)
1	Ba(NO ₃) ₂	0.0500	1	3	0.94
2	Ba(NO ₃) ₂	0.0480	1	4	0.75
3	Ba(NO ₃) ₂	0.0470	1	5	0.62
4	KNO ₃	0.1180	1	3	2.79
5	KNO ₃	0.2600	1	4	2.04
6	KNO ₃	0.1000	1	5	1.55
7	KNO ₃	0.3500	2	3	7.95
8	KNO ₃	0.8590	2	4	6.03
9	KNO ₃	0.3100	2	5	4.74

Ket : P_i = Tekanan gas (NOx) awal (sebelum pengenceran)
P_f = Tekanan gas (NOx) setelah pengenceran

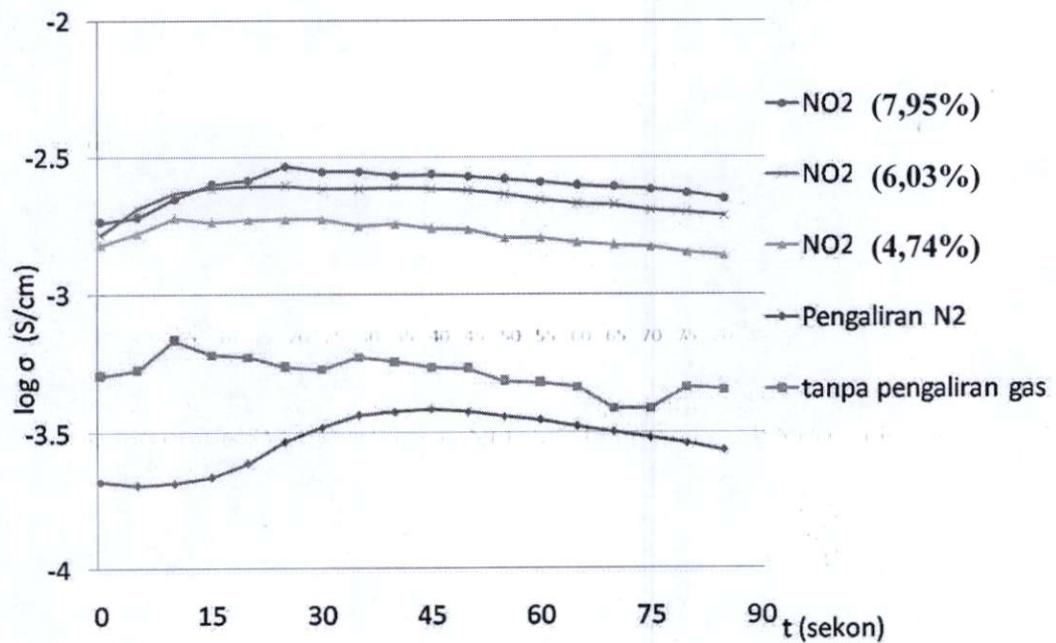
Gambar 12, 13, dan 14 memperlihatkan data hasil ujicoba material konduktor ionic dan sel sensor rakitan terhadap beberapa konsentrasi gas NO₂.



Gambar 12. Uji kinerja NASICON yang dipreparasi dengan penambahan asam sitrat 6,5M terhadap gas NO_x hasil pemanasan Ba(NO₃)₂ pada suhu 350°C.



Gambar 13. Uji kinerja NASICON yang dipreparasi dengan penambahan asam sitrat 6,5M terhadap gas NO_x hasil pemanasan KNO₃ pada suhu 350°C.



Gambar 14. Uji kinerja NASICON yang dipreparasi dengan penambahan asam sitrat 6,5M terhadap gas NO_x hasil pemanasan KNO₃ pada suhu 350°C.

Pada gambar 12, gambar 13, dan gambar 14 dapat dilihat adanya perbedaan nilai konduktifitas antara kondisi tanpa pengaliran gas, dengan pengaliran gas nitrogen, dan dengan pengaliran gas NO_x pada berbagai konsentrasi. Nilai konduktivitas tanpa pengaliran gas (kondisi ambient) lebih kecil dari pada nilai konduktivitas dengan adanya pengaliran gas NO_x tetapi lebih besar daripada nilai konduktifitas dengan pengaliran gas N_2 . Hal tersebut dapat dijelaskan karena pada kondisi pengaliran N_2 sama sekali tidak terdapat gas NO_x sehingga reaksi elektrokimia di dalam sel sensor tidak dapat berlangsung sedangkan pada kondisi ambient, masih memungkinkan terdapat gas NO_x hanya saja konsentrasinya yang kecil sehingga reaksi elektrokimia dapat berlangsung namun karena kadar gas NO_x yang kecil, maka respon arus yang diperlihatkan oleh nilai konduktifitas pun kecil. Pada saat gas NO_2 berinteraksi dengan lapisan NaNO_2 pada elektroda kerja, NO_2 akan bereaksi dengan Na^+ . Sedangkan pada elektroda counter, NaNO_2 terurai menjadi Na^+ dan NO_2 . Sementara itu, deteksi terhadap pengaliran gas NO_x pada berbagai variasi mulai memperlihatkan kecenderungan sifat linieritas, terutama untuk konsentrasi yang cukup besar, yaitu pada konsentrasi 4,74% ; 6,03% ; dan 7,95%.

4. KESIMPULAN

Sintesis NASICON dapat dilakukan melalui metode sol-gel anorganik dengan hasil terbaik ditunjukkan oleh metode preparasi dengan penambahan asam sitrat sebagai penstabil sol. Uji kinerja NASICON dan sel sensor rakitan memperlihatkan bahwa material ini memiliki kemampuan mendeteksi keberadaan gas NO_x baik secara kualitatif maupun kuantitatif. Analisis kualitatif deteksi gas NO_x diperlihatkan dengan adanya perubahan nilai konduktifitas antara pengukuran tanpa adanya gas dengan pengukuran terhadap keberadaan gas NO_x . Sedangkan analisis kuantitatif deteksi gas NO_x pada berbagai konsentrasi menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi gas NO_x semakin tinggi pula arus yang terdeteksi.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, A. et al. (1995). "Sol-Gel Processing of NASICON Thin-Film Precursors". *Solid State Ionic*. 76, 143-154.
- Di Vona, M.L. et al. (1999). "Sol-gel Synthesis of NASICON: 1D and 2D NMR Investigation". *Chem Mater*. 11, 1336-1341.
- Ignaszak et al (2005) "Synthesis and Properties of Nasicon-Type Materials". *Thermochimica Acta*. 426, (7-14).
- Miura, N. et al. (1994). "New Auxiliary Sensing Materials for Solid Electrolyte NO₂ Sensors". *Solid State Ionic*. 70/71, 572-577.
- Mouazer, R. et al. (2003). "Role of Citrate and Tartaric Ligands for The Stabilization of NASICON Sols. Application to Membrane Preparation". *Colloids and Surfaces A: Physicochem. Eng. Aspek*. 216, 261-273.
- Shimizu, Y. et al. (2000). "Sol-Gel Processing of NASICON Thin Film Using Aqueous Complex Precursor". *Solid State Ionic*. 132, 143-148.
- Stoker, Stephen. dan Seager, Spencer. (1972). *Enviromental Chemistry: Air and Water Pollution*. London: Scott, Foresman and Company Glenview, Illinois.

Auxiliary Sensing Mater

Solid State Ionic. 70/71, 572-577

Foreman and Company