BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pencemaran udara adalah permasalahan besar yang harus dihadapi pada saat ini karena udara merupakan faktor yang penting dalam kehidupan makhluk hidup, terutama manusia. Udara merupakan campuran dari gas, yang terdiri dari sekitar 78 % Nitrogen, 20 % Oksigen, 0,93 % Argon, 0,03 % Karbon dioksida (CO_2) dan sisanya terdiri dari Neon (Ne), Helium (He), Metan (CH_4) dan Hidrogen (H_2). Pencemaran udara adalah kondisi udara yang tercemar dengan adanya bahan, zat-zat asing atau komponen lain di udara yang menyebabkan berubahnya tatanan udara oleh kegiatan manusia atau oleh proses alam, sehingga kualitas udara menjadi kurang atau tidak dapat berfungsi lagi sesuai dengan peruntukkannya (Departemen Pertahanan Republik Indonesia, 2001). Adapun zat-zat pencemar udara adalah oksida nitrogen (NO_x), oksida belerang (SO_x), karbon monoksida (CO), hidrkarbon (HC), partikulat, dan ozon. (V.M. Aroutiounian., 2007).

Salah satu polutan yang cukup berbahaya bagi kehidupan makhluk hidup dan berdampak buruk terhadap pencemaran lingkungan adalah gas NO_x. Sebagian besar emisi NO_x dihasilkan dari aktivitas manusia seperti pada penggunaan bahan bakar fosil dan batubara yang digunakan sebagai sumber energi.

Deteksi gas NO_x selama ini biasanya dilakukan dengan peralatan spektroskopi, luminesensi, dan kromatografi, akan tetapi metode tersebut memerlukan peralatan yang besar dan harganya relatif mahal (Ono *et al*., 2000).

Selain metode-metode yang telah dijelaskan diatas, terdapat juga salah satu jenis alat pendeteksi polutan gas, yaitu sensor. Sensor secara umum didefinisikan sebagai alat yang mampu menangkap fenomena fisika atau kimia kemudian mengubahnya menjadi sinyal elektrik baik arus ataupun tegangan (Venema, 1998).

Secara umum sensor terbagi menjadi dua bagian, yaitu sensor fisika dan sensor kimia. Salah satu jenis sensor kimia yang sering digunakan untuk mendeteksi polutan gas yaitu sensor elektrokimia. Sensor elektrokimia merupakan peralatan deteksi yang bekerja berdasarkan reaksi antara komponen sensor dengan analit yang dapat berupa gas atau ion, menghasilkan signal elektrik yang setara dengan konsentrasi analit (Gunawan, 2010).

Pada sensor elektrokimia, terdapat tiga bagian utama, yaitu: elektroda kerja, elektrolit dan elektroda pembanding. Contoh dari sensor elektrokimia dapat berupa sensor potensiometri dan sensor amperometri. Sensor potensiometri menggunakan jenis elektroda yang berbeda sehingga bekerja berdasarkan perbedaan beda potensial, tanpa pengukuran arus dan yang diukur adalah voltase dari sel, sedangkan sensor amperometri menggunakan jenis elektroda yang sama, oleh karena itu pengukurannya didasarkan pada prinsip pengukuran arus yang dihasikan dari reaksi elektrokimia yang melibatkan analit. Arus yang dihasilkan akan sebanding dengan konsentrasi analit (Gunawan, 2010).

Sensor elektrokimia yang akan dikembangkan yaitu menggunakan elektrolit padat, karena elektrolit padat mempunyai sifat kestabilan pada suhu tinggi dan memiliki nilai konduktivitas yang baik. Sensor elektrokimia ini menggunakan elektrolit padat yang berukuran lebih kecil, sehingga dapat mendeteksi gas NO_x pada sumbernya. Elektrolit padat yang digunakan pada sensor elektrokimia bersifat konduktor ionik. Konduktor ionik yang digunakan untuk suatu sensor harus memiliki nilai konduktivitas sebesar 10^{-3} S/cm < δ < 10 S/cm, sedangkan konduktor ionik yang memiliki nilai konduktivitas lebih besar dari 10^{-4} S/cm – 10^{-5} S/cm disebut *superionic conductors* (konduktor superionik). Salah satu jenis dari konduktor ionik yang pada saat sekarang sedang dikembangkan ialah *Natrium Super Ionic Conductor* (NASICON) yang memiliki rumus empiris $Na_3Zr_2Si_2PO_{12}$.

Alasan perlu dikembangkan sensor elektrokimia menggunakan elektrolit padat berkaitan erat dengan kemajuan teknologi dan populasi manusia yang semakin meningkat. Ketika populasi manusia semakin meningkat, kebutuhan akan kendaraan pun semakin bertambah. Gas buang dari aktivitas kendaraan bermotor inilah yang memicu pencemaran udara. Suhu mesin knalpot di kendaraan bermotor kadang-kadang mencapai di atas 700°C selama akselerasi atau saat kondisi mengemudi kecepatan tinggi. Dengan melihat permasalahan diatas, dibutuhkan sensor yang dapat mendeteksi gas NO_x pada suhu tinggi. Sensor elektrokimia yang mampu mendeteksi NO_x pada suhu tinggi yaitu dengan cara menggabungkan elektrolit padat keramik dan berbagai oksida termasuk spinel sebagai elektroda pelengkap. Oleh karena itu, pada penelitian ini akan digunakan

elektroda spinel oksida $NiFeAlO_4$ sebagai campuran elektroda kerja. Dalam penelitian sebelumnya, telah ditemukan elektroda kerja $NiFeAlO_4$ yang memiliki sifat *sensing* yang baik dan memiliki sifat selektivitas yang baik untuk gas NO_x (Xiong, 2007).

Sebuah penelitian tentang sensor gas NO_x yang menggunakan elektrolit padat, yaitu *Scandium Stabilized Zirconia* (ScSZ) dan menggunakan elektroda kerja spinel $NiFeAlO_4$ diuji untuk mendeteksi emisi dari gas NO_x pada suhu yang lebih tinggi dari 700°C. Sensor ini dinyatakan selektif pada gas NO_x. Setelah melalui tahap pengujian, sensor NO_x ini memiliki sifat yang baik, seperti merespon dengan cepat dan selektif untuk NO_x pada temperatur 703°C dan 740°C. Waktu respon dari sensor adalah sekitar 8 detik, dan waktu pemulihan adalah 10 detik pada temperatur 741°C (Xiong, 2007).

Pada penelitian sebelumnya oleh Gultom, O.R., (2008) dan Nanga, P., (2010) telah dibuat sensor amperometri yang memiliki respon arus yang linear terhadap gas NO_x. Pada sensor amperometri digunakan elektrolit padat sebagai konduktor ionik berbasis *Natrium Super Ionic Conductor* (NASICON) melalui metode sol-gel anorganik dengan asam sitrat sebagai penstabil gel. Konduktivitas dengan nilai tertinggi dicapai oleh NASICON yang di preparasi dengan konsentrasi asam sitrat dengan konsentrasi asam sitrat 6M dan dapat mendeteksi gas NO_x dengan baik pada suhu 350^oC. Tetapi, pada penelitian sebelumnya NASICON yang dilapisi elektroda kerja $NaNO_2$ memperlihatkan hasil nilai konduktivitas yang masih kurang optimum, hal tersebut disebabkan karena elektroda kerja $NaNO_2$ memiliki sifat kestabilan termal yang kurang baik bila

dilakukan pada suhu tinggi. Oleh karena itu, perlu dilakukan suatu penelitian untuk mengetahui kinerja dari bahan yang memiliki kestabilan termal tinggi dan memiliki nilai konduktivitas yang baik untuk dijadikan sebagai material sensor.

Spinel $NiFeAlO_4$ adalah material yang memiliki nilai konduktivitas yang baik dan memiliki sifat kestabilan termal yang tinggi, selain itu memiliki sensitivitas yang baik terhadap gas NO_x. Oleh karena itu, sebagai penyempurnaan bagi penelitian terdahulu, maka pada penelitian ini digunakan elektroda kerja campuran spinel oksida $NiFeAlO_4$ dengan $NaNO_2$ yang dapat bekerja pada suhu tinggi dan memiliki sensitivitas yang lebih baik untuk mendeteksi gas NO_x. Platina (Pt) digunakan sebagai elektroda pembanding dan *Natrium Super Ionic Conductor* (NASICON) digunakan sebagai elektrolit padat.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian yang telah dikemukakan di atas, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh penambahan spinel oksida $NiFeAlO_4$ yang difungsikan sebagai elektroda pelengkap terhadap nilai konduktivitas NASICON ?
2. Apakah sel sensor yang menggunakan elektroda kerja yang dimodifikasi oleh spinel $NiFeAlO_4$ dapat mendeteksi gas NO_x ?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Ingin mengetahui bagaimana pengaruh penambahan spinel oksida $NiFeAlO_4$ yang difungsikan sebagai elektorda pelengkap terhadap nilai konduktivitas NASICON.
2. Ingin mengetahui apakah sel sensor yang menggunakan elektroda kerja yang dimodifikasi oleh spinel $NiFeAlO_4$ dapat mendeteksi gas NO_x.

1.4 Manfaat Penelitian

Melalui penelitian ini diharapkan sensor elektrokimia menggunakan elektroda kerja campuran spinel oksida $NiFeAlO_4$-$NaNO_2$ dapat digunakan sebagai alat pendeteksi gas buang NO_x yang akan dilepaskan ke atmosfer. Kemudian sebagai alat pendeteksi gas NO_x yang secara mudah digunakan dan ramah lingkungan, sehingga bisa mencegah dan menanggulangi pencemaran karena industri otomotif dapat mengeluarkan kendaraan bermotor yang gas buangnya sesuai dengan undang-undang lingkungan. Selain itu, penggunaan elektroda kerja campuran $NiFeAlO_4$-$NaNO_2$ pada sensor amperometri ini diharapkan dapat dijadikan referensi untuk penelitian lebih lanjut.