

PERBAIKAN REPRODUSIBILITAS FABRIKASI DAN STABILITAS IMPEDANSI FILM KOMPOSIT PVA-ELEKTROLIT DENGAN MODIFIKATOR Cr_2O_3 SEBAGAI BAHAN PEKA KELEMBABAN

Sri Budiawanti

Program Studi Pendidikan Fisika, Jurusan PMIPA, FKIP, Universitas Sebelas Maret, Surakarta
Jl. Ir. Sutami No 36 A Surakarta 57126
E-mail: awanty77@yahoo.com

INTISARI

Film peka kelembaban berbasis PVA telah berhasil dipreparasi dan dideposisikan pada substrat berelektroda dengan metode *dip coating*. Struktur elektroda substrat berupa interdigital dengan bahan elektroda terbuat dari film tembaga yang dilapis dengan perak. Untuk menghasilkan ikatan silang pada PVA (polivinil alkohol) digunakan ammonium perokdisulfat (APS) sebagai inisiator. Sifat listrik film dikarakterisasi menggunakan RCL meter di dalam *chamber* yang kondisi kelembabannya dikontrol dengan menggunakan larutan garam. Impedansi film peka kelembaban berbasis PVA secara umum menurun dengan meningkatnya kelembaban relatif. Film PVA-elektrolit menunjukkan reproduibilitas fabrikasi dan stabilitas impedansi yang kurang baik. Cr_2O_3 digunakan sebagai modifikator untuk memperbaiki sifat peka kelembaban film PVA-elektrolit. Hasil karakterisasi film PVA yang dimodifikasi dengan Cr_2O_3 menunjukkan bahwa penambahan Cr_2O_3 dapat memperbaiki reproduibilitas fabrikasi dan stabilitas impedansi film PVA-elektrolit.

Kata kunci: polivinil alkohol (PVA), Cr_2O_3 , kelembaban

I. PENDAHULUAN

Kelembaban merupakan suatu komponen penting dalam lingkungan kita, karena udara yang berada di lingkungan manusia selalu memiliki kandungan uap air sehingga pengukuran dan pengontrolan kelembaban sangat diperlukan [1,2]. Saat ini terjadi peningkatan permintaan atas pengontrolan kelembaban dalam berbagai bidang seperti pada peralatan elektronik, peralatan kedokteran, bidang pertanian, industri gula, serta pada proses pengeringan keramik dan pengemasan makanan [1]. Untuk memenuhi kebutuhan tersebut maka diteliti berbagai jenis bahan yang peka terhadap kelembaban dan diharapkan dapat dipromosikan sebagai bahan untuk pengukuran kelembaban [2].

Secara konvensional bahan yang biasa dikembangkan untuk pengukuran kelembaban relatif adalah keramik seperti oksida logam, film tipis alumina, serta komposit spinel (*spinel compounds*). Keramik memiliki kestabilan mekanik, termal, dan kimia yang tinggi tetapi membutuhkan temperatur tinggi sekitar 850°C untuk proses produksi dan pemeliharannya memerlukan *heat cleaning* (pembersihan temperatur tinggi) yang mengakibatkan biaya pembuatannya menjadi mahal [2]. Bahan yang saat ini banyak dikembangkan dalam berbagai aplikasi praktis adalah polimer. Polimer banyak digunakan karena murah, fleksibel, ringan, mudah dipreparasi, dan dapat digunakan pada suhu ruang [1,3]. Polimer lebih murah jika dibandingkan dengan keramik karena dalam proses preparasinya tidak membutuhkan suhu tinggi dan ruangan steril khusus, dengan demikian biaya dalam proses pembuatannya dapat ditekan [4].

Beberapa bahan yang digunakan pada pengukuran kelembaban dari jenis polimer di antaranya adalah polivinil alkohol (PVA) yang bersifat hidrofilik. PVA memiliki banyak gugus fungsional sehingga dapat menangkap dan melepaskan uap air pada lingkungan [5]. PVA sebagaimana bahan polimer pada umumnya memiliki impedansi intrinsik yang tinggi (dalam orde 10^7). Mu-Rong dkk. telah meneliti PVA sebagai bahan peka kelembaban relatif (RH) dengan menggunakan beberapa elektrolit seperti *...styrenesulfonatesodium* (PSSD), *sodium chloride* (NaCl), dan *m-benzenedisulfonate sodium* (MBSD) untuk menurunkan resistansi [9]. Untuk memperbaiki sifat mekanik polimer seperti mencegah agar tidak mudah larut dalam air serta memperkuat penempelan pada substrat digunakan metode ikatan silang (*crosslinking*) [9]. Penambahan elektrolit dalam PVA dapat meningkatkan sifat *sensing* PVA, tetapi bahan elektrolit kurang stabil sehingga dapat mempengaruhi umur pemakaian (*life time*). Bahan elektrolit yang kurang stabil juga mempengaruhi reproduibilitas fabrikasi sehingga agak sulit diperoleh bahan yang identis dalam suatu preparasi. Untuk lebih meningkatkan reproduibilitas fabrikasi dan stabilitas impedansi film komposit PVA-elektrolit, ditambahkan bahan keramik oksida logam Cr_2O_3 dengan bermacam komposisi.

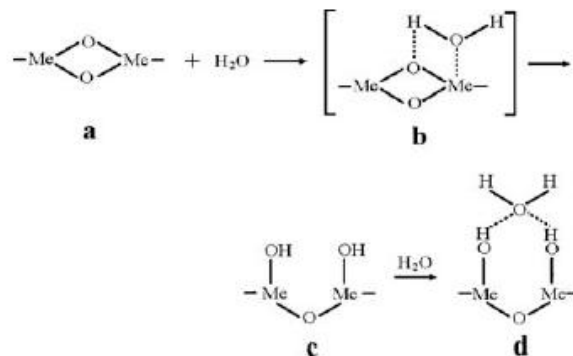
II. DASAR TEORI

Kelembaban relatif merupakan perbandingan kandungan kelembaban udara dengan tingkat kelembaban saturasi pada temperatur dan tekanan yang sama, atau istilah lain adalah perbandingan tekanan uap air udara aktual dengan tekanan uap saturasi, dapat juga dinyatakan sebagai kelembaban mutlak dibagi nilai kelembaban jenuh pada temperatur tersebut. Kelembaban relatif ini dinyatakan dalam persen [2].

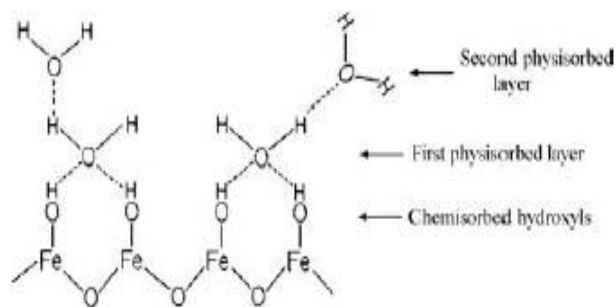
Elektrolit digunakan sebagai bahan peka terhadap kelembaban relatif karena konduktivitas bahan tersebut meningkat saat kelembaban dinaikkan. Meningkatnya konduktivitas elektrolit terjadi karena garam elektrolit mudah larut dalam air dan terionisasi. Ion-ion tersebut mudah bergerak (*mobil*) sehingga memberi kontribusi pada peningkatan konduktivitas bahan elektrolit saat kelembaban dinaikkan [6].

Salah satu jenis polimer yang digunakan sebagai bahan peka kelembaban adalah PVA, yang mampu menyerap dan melepaskan uap air karena mempunyai gugus OH pada struktur molekulnya. Molekul H₂O bersifat polar (ion H cenderung bermuatan positif dan ion O akan cenderung bermuatan negatif). Ion O uap air yang bermuatan negatif akan berikatan dengan ion H pada gugus OH [6].

Berdasarkan mekanismenya, bahan peka kelembaban berbasis keramik diklasifikasikan sebagai tipe ionik (protonik), elektronik (semikonduktor), dan kapasitif. Mekanisme *sensing* bahan keramik terhadap kelembaban tipe protonik berprinsip adanya konduksi proton yang terjadi pada lapisan uap air yang menempel pada permukaan keramik [7]. Saat kelembaban semakin meningkat maka konduktivitas bahan keramik juga semakin tinggi. Bahan keramik memiliki keunggulan, yaitu stabil, respon cepat, histerisis kecil, tahan terhadap kontaminan, dan lain-lain [2]. Bahan keramik yang telah digunakan sebagai bahan peka RH adalah jenis metal oksida seperti Al₂O₃, Cr₂O₃, TiO₂, SiO₂, dan MnO₂ [8]. Mekanisme *sensing* bahan keramik terhadap kelembaban tipe protonik berprinsip adanya konduksi proton yang terjadi pada lapisan uap air yang menempel pada permukaan keramik. Saat kelembaban semakin meningkat maka konduktivitas bahan keramik juga semakin tinggi. Mekanisme konduksi proton (*protonic conduction*) pada lapisan-lapisan uap air yang diserap oleh bahan *sensing* ditemukan pada penelitian TiO₂ dan α -Fe₂O₃ [9]. Gambar 1 menyajikan empat tahap adsorpsi molekul air pada oksida logam [10], dan Gambar 2 menyajikan struktur *multi-layer* uap air yang diserap -Fe₂O₃ [9].



Gambar 1. Empat tahap adsorpsi molekul air pada oksida logam [10].

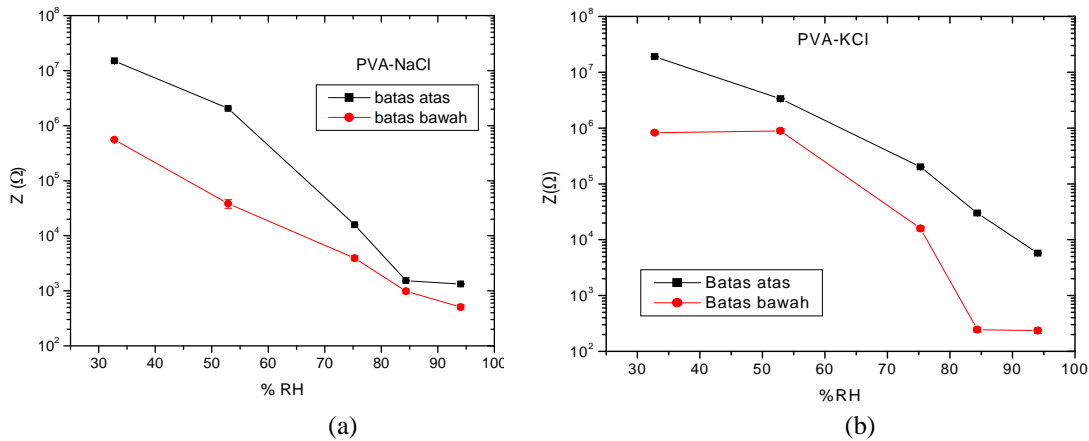


Gambar 2. Struktur *multi-layer* uap air yang diserap -Fe₂O₃ [9].

Hasil penelitian yang telah dilakukan sebelumnya [11] tentang reproduibilitas fabrikasi film PVA-elektrolit terlihat pada Gambar 3. Penelitian reproduibilitas fabrikasi dilakukan untuk menguji apakah hasil pengulangan pembuatan film mempunyai impedansi yang identis pada kondisi kelembaban yang sama. Hal ini perlu dilakukan karena harus ada jaminan bahwa film yang dibuat mempunyai komposisi, struktur, serta tebal yang identis. Penelitian mengenai reproduibilitas fabrikasi dilakukan dengan membuat dua film atau lebih dengan komposisi yang sama, kemudian masing-masing film dikarakterisasi perubahan impedansi terhadap

1 PERBAIKAN REPRODUSIBILITAS FABRIKASI DAN STABILITAS IMPEDANSI

kenaikan RH . Rentang hasil pengukuran antara batas atas dan batas bawah impedansi film PVA-elektrolit terlihat cukup lebar. Untuk memperbaikinya, akan ditambahkan modifikator Cr_2O_3 pada film PVA-elektrolit.

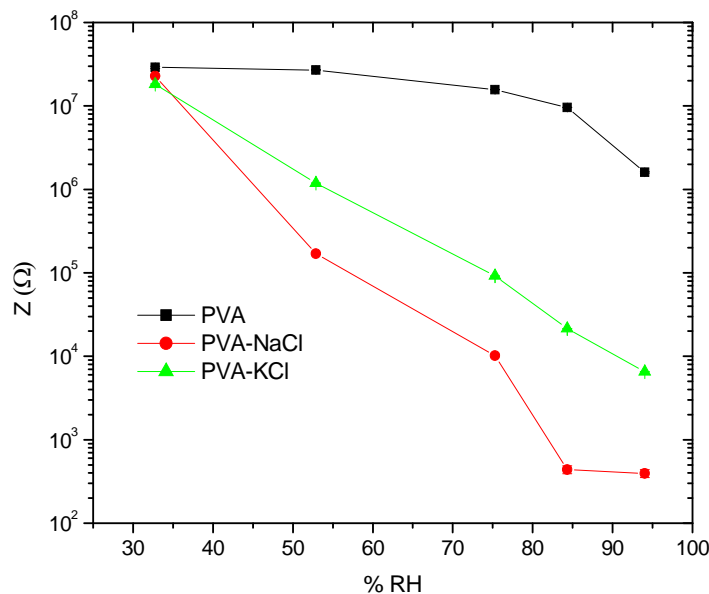


Gambar 3. Reprodusibilitas fabrikasi Film diukur pada frekuensi 1 khz, massa elektrolit 0,16 gr. (a) PVA-NaCl (b) PVA-KCl [11].

III. METODE EKSPERIMEN

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini meliputi proses preparasi dan karakterisasi. Pada tahap awal preparasi semua bahan ditimbang, kemudian PVA dicampur dengan bidestilata steril dan diaduk. Untuk bahan komposit, PVA dicampurkan terlebih dahulu dengan Cr_2O_3 kemudian ditambahkan bidestilata sehingga terbentuk pasta PVA- Cr_2O_3 . Masing-masing larutan atau pasta kemudian dicampur dengan larutan NaCl/KCl, diaduk dan disimpan selama ± 24 jam. Penyimpanan ini dilakukan agar terjadi proses *swelling* pada PVA. Setelah itu dilakukan pemanasan terhadap pasta pada suhu $80^{\circ}C$ selama 12 jam dalam termostat agar diperoleh pasta yang homogen. Penambahan APS dilakukan saat pasta telah mencapai suhu ruang, kemudian dilakukan pengadukan sampai pasta tercampur rata.

Deposisi pasta pada modul film dilakukan dengan metode *dip coating*. Modul yang digunakan berupa substrat PCB (*printed board circuit*) yang memiliki ketahanan hingga temperatur $200^{\circ}C$ berukuran $1cm \times 1,25$ cm. Substrat PCB sebelumnya diberi elektroda tembaga (Cu) yang dilapisi dengan perak (Ag) agar lebih tahan terhadap korosi. Karakterisasi sifat listrik film peka kelembaban berbasis PVA dilakukan dengan menggunakan RCL meter. Film yang akan dikarakterisasi diletakkan dalam *chamber* yang tertutup rapat.



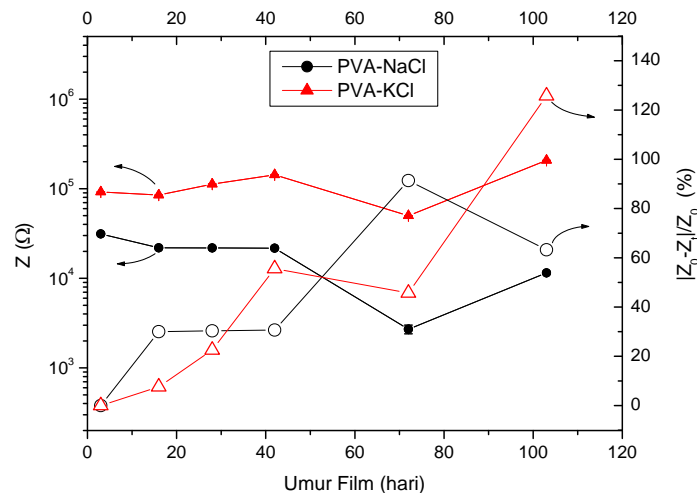
Gambar 4. Pengaruh elektrolit pada sifat peka RH film PVA, diukur dengan frekuensi 1 kHz, massa NaCl: 0,08 g dan KCl : 0,08 g.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

a. Reprodusibilitas Fabrikasi dan Stabilitas Film Peka RH pada PVA-Elektrolit

Hasil eksperimen untuk mempelajari pengaruh elektrolit terhadap impedansi film PVA ditampilkan pada Gambar 4. Komposisi film yang dipelajari terdiri atas tiga macam, yaitu film yang mengandung PVA saja, film PVA yang ditambah dengan NaCl dan film PVA yang ditambah KCl. PVA merupakan polimer yang bersifat sebagai isolator sehingga pada RH rendah (32,78%) diperoleh impedansi yang tinggi, yaitu berorde 10^7 . Impedansi film pada RH = 32,78% juga tidak menunjukkan perubahan yang berarti ketika film PVA ditambahi elektrolit NaCl maupun KCl. Pada RH tinggi (94,03%), impedansi film PVA mengalami penurunan sekitar satu orde. Film PVA mulai menunjukkan penurunan impedansi pada kelembaban di atas 50 %. Respon film terhadap kelembaban pada RH tinggi terlihat dapat ditingkatkan dengan baik ketika ada penambahan komponen NaCl maupun KCl. Dari Gambar 4 dapat disimpulkan bahwa penambahan elektrolit dalam film PVA dapat meningkatkan sifat peka terhadap kelembaban, yang terbukti dengan penurunan impedansi terhadap kenaikan RH yang lebih signifikan dari film PVA-elektrolit dibandingkan penurunan impedansi film PVA.

Gambar 3 menunjukkan hasil penelitian reprodusibilitas film PVA-elektrolit yang pernah diteliti. Pada RH rendah, rentang pengukuran antara batas atas dan batas bawah impedansi film PVA-NaCl lebih dari satu orde, sedangkan pada RH tinggi rentang pengukurannya setengah orde. Hasil pengukuran reprodusibilitas film PVA-KCl menunjukkan range sekitar satu orde pada RH rendah maupun pada RH tinggi. Hasil pengukuran stabilitas film PVA-NaCl dan PVA-KCl terlihat pada Gambar 5. Stabilitas film diukur pada kondisi kelembaban 75,29 %. Gambar 5 menunjukkan stabilitas impedansi film PVA-elektrolit sebagai fungsi umur film. Stabilitas impedansi film PVA-NaCl dan film PVA-KCl mempunyai karakteristik yang sama terhadap efek penuaan. Impedansi film-elektrolit cenderung naik hingga hari ke-40 kemudian impedansi menurun dan di atas 70 hari impedansi film naik secara signifikan. Jika penelitian dilanjutkan, mungkin impedansi film PVA-elektrolit akan terus naik. Persentase perubahan impedansi diukur dari impedansi mula-mula pada film PVA-NaCl mencapai 120%, sedangkan untuk film PVA-KCl sekitar 80%.



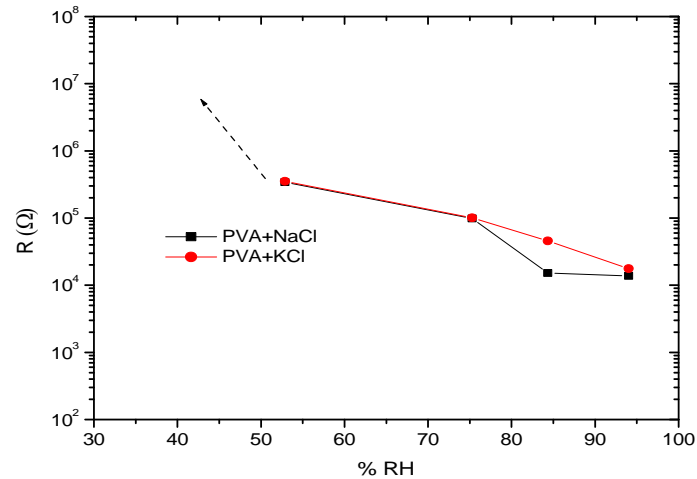
Gambar 5. Stabilitas impedansi film PVA-Elektrolit sebagai fungsi umur film, yang diukur dengan frekuensi 1 kHz, massa NaCl: 0,08 g dan KCl : 0,08 g.

Dari hasil pengukuran reprodusibilitas dan stabilitas film PVA-elektrolit yang telah diuraikan dapat disimpulkan bahwa reprodusibilitas dan stabilitas film PVA-elektrolit kurang baik untuk digunakan sebagai bahan yang peka terhadap kelembaban. Untuk memperbaiki sifat reprodusibilitas dan stabilitas ini, maka pada film PVA-elektrolit akan dicampurkan bahan keramik berupa oksida logam Cr_2O_3 . Sifat bahan keramik yang stabil dan tahan terhadap kontaminan diharapkan mampu memperbaiki reprodusibilitas fabrikasi serta menambah stabilitas impedansi film PVA-elektrolit.

b. Sifat Listrik Film PVA-Elektrolit

Sifat listrik film PVA tidak dapat diukur dengan tegangan DC tetapi dapat terukur dengan tegangan AC. Saat elektrolit ditambahkan pada film PVA, sifat listriknya dapat terukur dengan tegangan DC. Gambar 6 memperlihatkan hasil pengukuran resistansi film PVA-elektrolit dengan tegangan DC. Seperti halnya pada film PVA tanpa elektrolit, pada RH = 32,78 % nilai resistansi film PVA yang ditambah elektrolit juga tidak dapat

terukur dengan tegangan DC. Nilai resistansinya masih tinggi sehingga tidak terbaca oleh RCL meter yang digunakan. Pada $RH = 52,89\%$ nilai resistansinya mulai terbaca sebesar $3,4 \times 10^5 \Omega$ untuk film PVA dengan tambahan NaCl dan $3,5 \times 10^5 \Omega$ untuk film PVA dengan tambahan KCl. Ketika kelembaban dinaikkan, resistansinya menurun hingga mencapai $1,3 \times 10^4 \Omega$ untuk film PVA dengan tambahan NaCl dan $1,7 \times 10^4 \Omega$ untuk film PVA dengan tambahan KCl pada $94,03\%$.



Gambar 6. Pengukuran resistansi dengan tegangan DC pada film PVA-elektrolit.

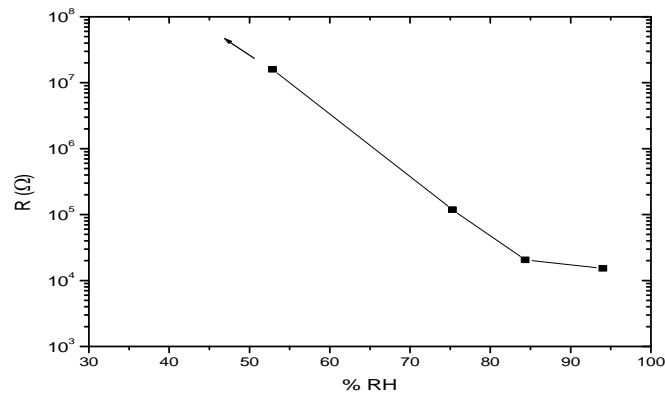
Penurunan resistansi film PVA yang ditambah elektrolit terjadi karena adanya pembawa muatan yaitu ion-ion elektrolit. Pada saat preparasi, kristal NaCl dilarutkan terlebih dahulu sehingga terionisasi membentuk ion Na^+ dan Cl^- sebelum dicampurkan dengan PVA. Setelah film mengering terlihat NaCl yang telah larut sebagian akan kembali mengkristal dan ada ion-ion yang terjebak dalam matrik PVA. Ion-ion inilah yang memberi kontribusi dalam menurunkan resistansi film pada saat diberi beda potensial [6]. Saat RH dinaikkan, PVA menyerap uap air sehingga kristal-kristal garam sebagian akan mencair dan terionisasi. Kristal garam yang terionisasi ini menyebabkan pembawa muatan semakin banyak sehingga saat kelembaban meningkat maka resistansi akan semakin kecil⁶. Selain itu, pada RH tinggi PVA menyerap molekul air yang menyebabkan rantai-rantai polimernya mengembang (*swelling*) menjadi lurus satu sama lain. Geometri polimer seperti ini dapat meningkatkan mobilitas ion-ion Na^+ dan Cl^- sehingga meningkatkan konduktivitasnya. Sebaliknya pada RH rendah mobilitas ion Na^+ dan Cl^- akan menurun karena pada kondisi ini umumnya rantai polimer akan mengeriting [12,13].

Penurunan resistansi film PVA dengan tambahan NaCl pada RH tinggi lebih tajam dibandingkan dengan penurunan resistansi film PVA dengan tambahan KCl. Hal ini disebabkan karena mobilitas di air ion Na^+ lebih besar daripada ion K^+ , sehingga film PVA dengan tambahan NaCl mengalami penurunan resistansi lebih besar dibandingkan dengan film PVA dengan tambahan KCl. Ketika tegangan AC diberikan pada film PVA, molekul uap air yang diserap oleh PVA akan terpolarisasi. Semakin tinggi kelembaban, semakin banyak uap air yang diserap oleh film PVA sehingga polarisasi film PVA akan semakin besar. Ketika nilai polarisasi semakin besar maka nilai konstanta dielektrik relatif yang berbanding lurus dengan polarisasi juga semakin besar. Perubahan nilai konstanta dielektrik ini akan berpengaruh pada nilai kapasitansi film PVA. Saat kelembaban dinaikkan maka nilai kapasitansi akan semakin besar yang menyebabkan nilai reaktansi kapasitif akan turun karena kapasitansi berbanding terbalik dengan reaktansi kapasitif. Penurunan nilai reaktansi kapasitif akan menurunkan nilai impedansinya. Hal inilah yang menjelaskan kenaikan nilai kapasitansi dan penurunan nilai impedansi film PVA-elektrolit terhadap kenaikan RH .

c. Sifat Listrik Film PVA- Cr_2O_3

Gambar 7 menunjukkan pengaruh kelembaban terhadap nilai resistansi film PVA- Cr_2O_3 yang diukur dengan tegangan DC. Dengan menggunakan tegangan DC, resistansi film komposit PVA- Cr_2O_3 tidak terukur pada RH rendah. Pada $RH = 52,89\%$ nilai resistansinya mulai terbaca sebesar $1,5 \times 10^7 \Omega$. Ketika kelembaban dinaikkan resistansinya akan menurun sehingga pada $RH = 94,03\%$ menjadi $1,5 \times 10^4 \Omega$. Penurunan resistansi pada film PVA- Cr_2O_3 terjadi karena baik PVA maupun Cr_2O_3 menyerap uap air. Penurunan resistansi film PVA- Cr_2O_3 terjadi karena Cr_2O_3 menyerap uap air sehingga terbentuk lapisan-lapisan *physisorb* uap air. Selanjutnya pada lapisan-lapisan *physisorb* terjadi mekanisme Grotthuss. Dengan adanya mekanisme Grotthuss ini maka akan ada proton hopping diantara molekul air yang menyumbangkan konduktivitas pada film komposit

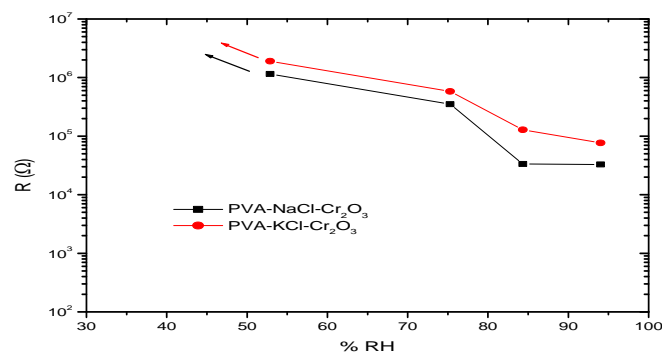
PVA-Cr₂O₃. Pada kelembaban tinggi, mekanisme Grotthuss menjadi semakin dominan sehingga resistansi film komposit PVA- Cr₂O₃ akan semakin berkurang [9,10].



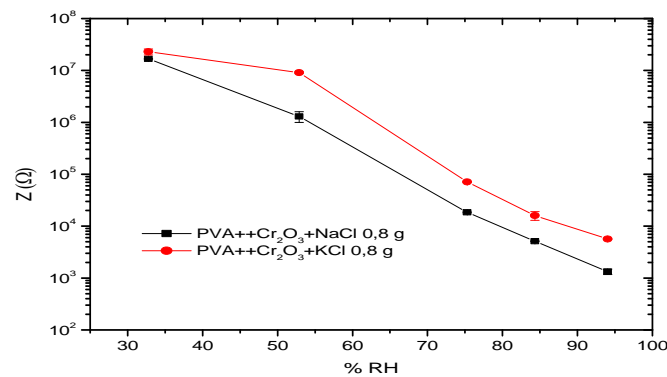
Gambar 7. Pengukuran resistansi dengan tegangan DC pada film PVA- Cr₂O₃.

d. Sifat Listrik Film PVA-Elektrolit-Cr₂O₃

Seperti yang telah diuraikan di atas, Cr₂O₃ digunakan sebagai modifikator film PVA-elektrolit yang bertujuan untuk memperbaiki reproduibilitas fabrikasi dan stabilitas impedansi. Gambar 8 memperlihatkan hasil pengukuran resistansi terhadap kenaikan RH dengan menggunakan tegangan DC. Dari Gambar 8 terlihat bahwa pada RH rendah resistansi PVA-NaCl-Cr₂O₃ berorde 10⁶ Ω, sedangkan pada RH tinggi resistansinya turun sekitar dua orde. Hasil ini identis dengan hasil pengukuran pada film PVA-KCl-Cr₂O₃. Penurunan impedansi ini terjadi selain adanya kontribusi ion-ion elektrolit yang mobil juga disebabkan karena adanya mekanisme Grotthuss pada lapisan-lapisan uap air yang menempel pada Cr₂O₃.



Gambar 8. Pengukuran resistansi dengan tegangan DC pada film PVA-elektrolit-Cr₂O₃.



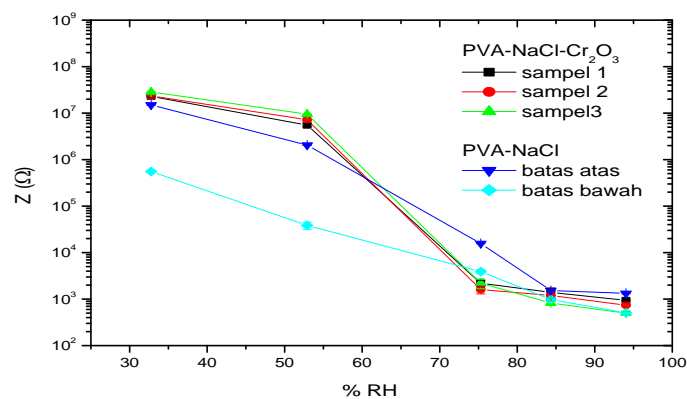
Gambar 9. Pengukuran impedansi dengan tegangan AC pada film PVA-elektrolit- Cr₂O₃.

1 PERBAIKAN REPRODUSIBILITAS FABRIKASI DAN STABILITAS IMPEDANSI

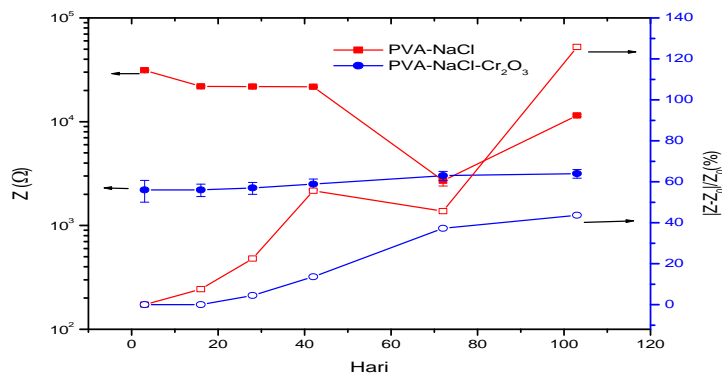
Hasil karakterisasi film PVA-elektrolit-Cr₂O₃ dengan menggunakan tegangan AC tampak pada Gambar 9, dan terlihat perbandingan antara penambahan NaCl dan KCl. Pada RH rendah (32,78%) terlihat bahwa impedansi film komposit PVA- Cr₂O₃ yang ditambah NaCl maupun KCl berorde 10⁷. Pada RH tinggi (94,03%) film dengan tambahan NaCl maupun KCl keduanya berorde 10³. Dari Gambar 9 terlihat penurunan impedansi film PVA dengan tambahan NaCl pada RH tinggi lebih tajam dibandingkan dengan penurunan resistansi film PVA dengan tambahan KCl. Hal ini terjadi karena mobilitas ion Na⁺ lebih besar dibandingkan dengan ion K⁺.

e. Reprodusibilitas Fabrikasi dan Stabilitas Impedansi Film Peka RH pada PVA-Elektrolit-Cr₂O₃.

Dari pembahasan sebelumnya diperoleh kesimpulan bahwa reprodusibilitas fabrikasi film dan stabilitas impedansi PVA-elektrolit kurang baik sehingga perlu diperbaiki. Untuk memperbaiki sifat tersebut digunakan Cr₂O₃ sebagai modifikator film PVA-elektrolit. Gambar 10 menunjukkan hasil pengukuran reprodusibilitas fabrikasi yang dibandingkan antara film PVA-elektrolit dengan PVA-NaCl- Cr₂O₃. Pada Grafik tersebut terlihat dengan penambahan Cr₂O₃ pada film PVA mampu memperbaiki reprodusibilitas fabrikasi film PVA-elektrolit. Ketiga film dengan komposisi yang sama menghasilkan respon yang sama terhadap kelembaban relatif.



Gambar 10. Perbandingan reprodusibilitas fabrikasi film PVA-Elektrolit dengan PVA-elektrolit Cr₂O₃ sebagai fungsi umur film. Diukur dengan frekuensi 1 kHz, massa NaCl: 0,08 g dan Cr₂O₃ : 0,5 g.



Gambar 11. Perbandingan stabilitas impedansi film PVA-Elektrolit dengan PVA-elektrolit-Cr₂O₃ sebagai fungsi umur film. Diukur dengan frekuensi 1 kHz, massa NaCl: 0,08 g dan Cr₂O₃ : 0,5 g.

Gambar 11 memperlihatkan perbandingan antara stabilitas impedansi film PVA-NaCl dengan film PVA-NaCl-Cr₂O₃ sebagai fungsi umur film. Impedansi film PVA-NaCl-Cr₂O₃ cukup stabil hingga hari ke-40, kemudian menunjukkan kenaikan yang tidak terlalu besar, sedangkan impedansi film PVA-NaCl cenderung naik hingga hari ke-40 kemudian impedansi menurun dan di atas 70 hari impedansi film naik secara signifikan. Jika diukur persentase kenaikan impedansi dari impedansi awal, maka pada film PVA-NaCl-Cr₂O₃ persentase kenaikan terukur 43 %, sedangkan film PVA-NaCl menunjukkan persentase kenaikan sebesar 125 %. Persentase kenaikan rata-rata impedansi dihitung dari impedansi awal film PVA-NaCl-Cr₂O₃ adalah 0,42% per hari, sedangkan pada film PVA-NaCl sebesar 1,2% per hari. Dari gambar 11 dapat disimpulkan bahwa penambahan Cr₂O₃ mampu memperbaiki stabilitas impedansi film PVA-elektrolit.

Penambahan Cr₂O₃ telah dibuktikan dapat memperbaiki reprodusibilitas fabrikasi serta stabilitas impedansi film PVA-elektrolit. Hal ini diduga dipengaruhi oleh beberapa hal, di antaranya sifat Cr₂O₃ yang

merupakan bahan keramik. Kelebihan bahan keramik adalah mempunyai stabilitas mekanik, termal, dan kimia yang tinggi. Selain itu adanya butir-butir Cr_2O_3 yang berukuran kecil diduga dapat mengurangi *swelling* film PVA saat menyerap uap air.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil karakterisasi dan analisis yang telah dilakukan, dapat ditarik kesimpulan bahwa film PVA-elektrolit menunjukkan reproduktibilitas fabrikasi dan stabilitas impedansi yang kurang baik karena rentang pengukuran batas atas dan batas bawah reproduktibilitas fabrikasi menyimpang sekitar satu orde, sedangkan persentase perubahan impedansi dari impedansi awal setelah 103 hari pada film PVA-NaCl mencapai 120%, sedangkan untuk film PVA-KCl sekitar 80%.

Impedansi film peka kelembaban berbasis PVA secara umum menurun dengan meningkatnya kelembaban relatif. Sifat *sensing* film PVA-elektrolit yang dimodifikasi dengan Cr_2O_3 tidak dipengaruhi oleh konsentrasi Cr_2O_3 tetapi lebih didominasi oleh konsentrasi elektrolitnya. Hasil karakterisasi film PVA yang dimodifikasi dengan Cr_2O_3 menunjukkan bahwa penambahan Cr_2O_3 pada film PVA-elektrolit mampu memperbaiki reproduktibilitas fabrikasi dan stabilitas impedansi. Persentase kenaikan rata-rata impedansi dihitung dari impedansi awal film PVA-NaCl- Cr_2O_3 adalah 0,4 % per hari, sedangkan pada film PVA-NaCl sebesar 1,2% per hari.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Goepel, W. (Editor), 1992, "Sensors, a Comprehensive Survey, Vol. 3 Chemical and Biochemical Sensors part II", Weinheim, Germany: VCH.
- [2] Kulwicki, B.M., 1991, "Humidity Sensor," *Journal of the American Ceramic Society*, **74**(4), 697-708.
- [3] Roveti, K. D., 2001, "Choosing a Humidity Sensor: a Review of Three Technologies," Ohmic Instruments Co.
- [4] Yang, B., Aksak, B., Qiao, L., Metin, S., 2006, "Compliant and Low-Cost Humidity Nanosensor using Nanoporous Polymer Membranes," *Sensors & Actuators B*, **114**, 254-262.
- [5] Finch, C.A., 1992, "Polyvinyl Alcohol-Development," New York: Wiley.
- [6] Yang, M.-R., Chen, K.-S., 1998, "Humidity Sensors using Polyvinyl Alcohol Mixed with Electrolytes", *Sensors & actuators B*, **49**, 240-247.
- [7] Anonim, Chapter 2. "Review of Humidity Sensors," http://www4.gu.edu.au:8080/adt-root/uploads/approved/adt-QGU2004131206/public/03chapter_2.pdf, diakses 22 April 2005.
- [8] Xu, C.-N., Miyazaki, K., Watanabe, T., 1998, Humidity Sensors using Manganese Oxides," *Sensors & Actuators B*, **46**, 87-86.
- [9] Chen, Z., Lu, C., 2005, "Humidity Sensor: A Review of Material and Mechanism", *Sensor Letter*, **3**, 274-295.
- [10] Varghese, O., Grimes, C., 2003, "Metal Oxide Nanoarchitectures for Environmental Sensing," *Journal of Nanoscience and Nanotechnology*, **3**(4), 277-293.
- [11] Bai, T. H., 2007, "Modifikasi Film Polivinil Alkohol dengan Elektrolit Sebagai Bahan Sensitif Kelembaban," Jakarta: Tesis Pascasarjana UI.
- [12] Parvatikar, N., Jain, S., Khasim, S., Revansidappa, M., Bharaskar, S.V., Prasad, A., 2006, "Electrical and Humidity Sensing Properties of Polyaniline/ WO_3 Composites," *Sensors & Actuators B*, **114**, 599-603.
- [13] Kulkarni, M., Viswanath, A., Khanna, P.K., 2006, "Synthesis and Humidity Sensing Properties of Conducting Poly(N-methyl aniline) Doped with Different Acids," *Sensors & Actuators B*, **115**, 140-149.