

EFEK KOMPOSISI TERHADAP SIFAT SENSITIF RH PADA FILM PVA TERMODIFIKASI

Sri Budiawanti

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

ABSTRAK

PVA merupakan material yang sensitive terhadap kelembaban. Impedansi film sensitif kelembaban berbasis PVA secara umum menurun dengan meningkatnya kelembaban relatif. Film berbasis PVA dipreparasi dan dideposisikan pada substrat berelektroda dengan metode *dip-coating*. Struktur elektroda substrat berupa interdigital dengan material elektroda terbuat dari film tembaga yang dilapis dengan perak. Untuk menghasilkan ikatan silang pada PVA digunakan ammonium perokdisulfat (APS) sebagai inisiator. Karakterisasi film meliputi struktur dan sifat listrik. Struktur film dikarakterisasi dengan foto SEM, sedangkan sifat listrik film dikarakterisasi menggunakan RCL meter di dalam *chamber* yang kondisi kelembabannya dikontrol dengan menggunakan larutan garam. Untuk memperbaiki sifat sensitive RH dari film berbasis PVA digunakan modifikator elektrolit NaCl serta oksida logam Cr_2O_3 . Untuk mengetahui efek konsentrasi Cr_2O_3 digunakan film dengan komposisi 1 g PVA serta elektrolit konstan 0,08 g ditambahkan Cr_2O_3 dengan variasi 0,25g, 0,5g, 0,75g dan 1g. Sedangkan untuk mengetahui efek elektrolit digunakan film dengan komposisi 1 g PVA serta Cr_2O_3 konstan 1 g ditambahkan NaCl dengan variasi 0,02g, 0,04g, 0,08g, 0,1g dan 0,12g. Hasil karakterisasi film PVA yang dimodifikasi dengan elektrolit dan Cr_2O_3 menunjukkan pada RH tinggi (94,03%) terlihat respon film terhadap kelembaban dapat ditingkatkan dengan baik.

Kata kunci : Polivinil alkohol (PVA), Elektrolit, Cr_2O_3 , kelembaban

PENDAHULUAN

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 makanan¹. Untuk memenuhi kebutuhan tersebut maka diteliti berbagai jenis material yang sensitif terhadap kelembaban dan diharapkan dapat dipromosikan sebagai material untuk pengukuran kelembaban². Material 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 ditekan⁴.

Beberapa material yang digunakan pada pengukuran kelembaban dari jenis polimer diantaranya adalah *polyvinil alcohol* (PVA) yang bersifat hidrofilik. PVA memiliki banyak gugus fungsional sehingga dapat menangkap dan melepaskan uap air pada lingkungan⁵. PVA sebagaimana material polimer pada umumnya memiliki impedansi intrinsik yang tinggi (berorde $10^7 \Omega$). Untuk memperbaiki sifat mekanik dari polimer seperti mencegah agar tidak mudah larut dalam air serta memperkuat penempelan

pada substrat digunakan metode ikatan silang (*crosslinking*)⁶. Untuk memperoleh material yang dapat digunakan sebagai pengukur kelembaban relative diperlukan suatu material yang memiliki perubahan impedansi yang cukup signifikan dengan perubahan kelembaban relative (RH). Berdasar penelitian yang telah dilakukan sebelumnya, film berbasis PVA mempunyai perubahan impedansi yang kurang signifikan terhadap perubahan kelembaban relative (RH). Untuk mendapatkan sensitivitas yang lebih baik, maka film PVA dimodifikasi dengan elektrolit dan metal oksida Cr_2O_3 dengan berbagai komposisi.

PVA adalah salah satu jenis polimer yang digunakan sebagai material sensitif kelembaban. PVA mampu menyerap dan melepaskan uap air karena mempunyai gugus OH pada struktur molekulnya. Molekul H_2O bersifat polar. Ion O uap air yang bermuatan negatif akan berikatan dengan ion H pada gugus OH⁷. Berdasarkan mekanismenya, material sensitif kelembaban berbasis keramik diklasifikasikan menjadi tipe ionik (protonik), elektronik (semikonduktor), dan kapasitif. Mekanisme sensing material keramik terhadap kelembaban tipe protonik berprinsip adanya konduksi proton yang terjadi pada lapisan uap air yang menempel pada permukaan keramik⁷. Saat kelembaban semakin meningkat maka konduktivitas dari material keramik juga semakin tinggi. Material keramik memiliki keunggulan, yaitu stabil, respon cepat, histerisis kecil, tahan terhadap

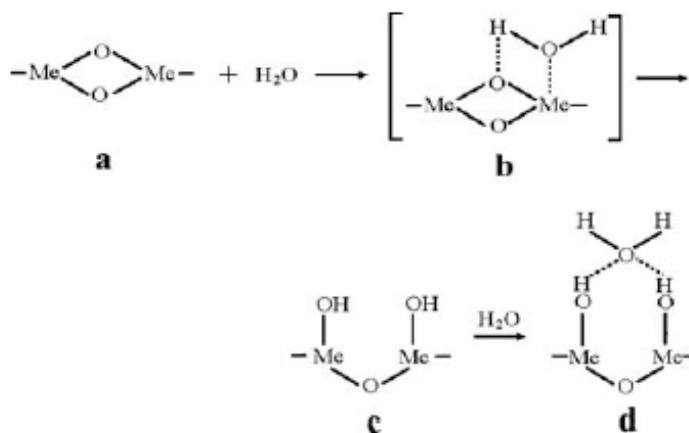
kontaminan, dan lain-lain². Mekanisme sensing material keramik terhadap kelembaban tipe protonik berprinsip adanya konduksi proton yang terjadi pada lapisan uap air yang menempel pada permukaan keramik. Saat kelembaban semakin meningkat maka konduktivitas dari material keramik juga semakin tinggi. Mekanisme konduksi proton (*protonic conduction*) pada lapisan-lapisan uap air yang diserap oleh material sensing ditemukan pada penelitian TiO₂ dan α-Fe₂O₃⁸.

METODE PENELITIAN

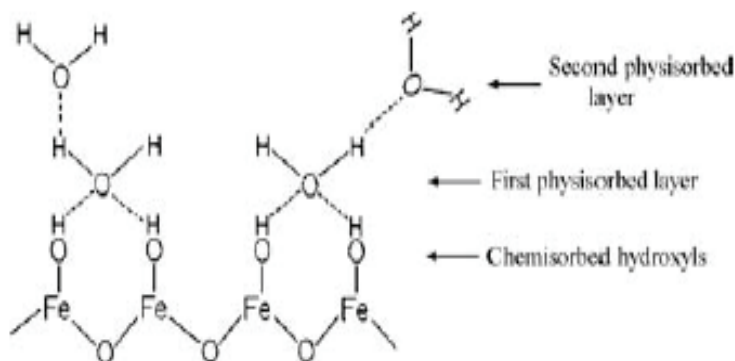
Pada preparasi semua bahan ditimbang, kemudian PVA dicampur dengan bidestilata steril dan diaduk. Untuk material komposit, PVA dicampurkan terlebih dahulu dengan Cr₂O₃ dengan variasi 0,25g,0,5g,0,75g dan 1g kemudian ditambahkan bidestilata sehingga terbentuk pasta PVA-Cr₂O₃. Larutan atau pasta ini masing-masing kemudian dicampur dengan larutan NaCl, dengan variasi 0,02g, 0,04g, 0,08g, 0,1g dan 0,12g dan disimpan selama kurang lebih 24 jam. Penyimpanan ini dilakukan agar terjadi proses *swelling* pada

PVA. Setelah itu dilakukan pemanasan terhadap larutan/pasta pada suhu 80°C selama 12 jam dalam termostat agar diperoleh larutan/pasta yang homogen. Penambahan APS dilakukan saat larutan/pasta telah mencapai suhu ruang, kemudian dilakukan pengadukan sampai tercampur rata.

Deposisi larutan atau pasta pada modul film dilakukan dengan metode *dip coating*. Modul yang digunakan berupa substat PCB (printed board circuit) yang memiliki ketahanan hingga temperatur 200°C berukuran 1cm x 1,25 cm. Substrat PCB sebelumnya diberi elektroda tembaga (Cu) yang dilapisi dengan perak (Ag) agar lebih tahan terhadap korosi. Karakterisasi sifat listrik film sensitif kelembaban berbasis PVA dilakukan dengan menggunakan RCL meter. Film yang akan dikarakterisasi diletakkan dalam *chamber* yang tertutup rapat. Teknik untuk menghasilkan kelembaban yang dapat didefinisikan digunakan larutan garam jenuh. Selain itu film juga dikarakterisasi dengan SEM untuk mengetahui topologinya.



Gambar 1. Empat tahap adsorpsi molekul air pada oksida logam (*metal oxide*)⁹

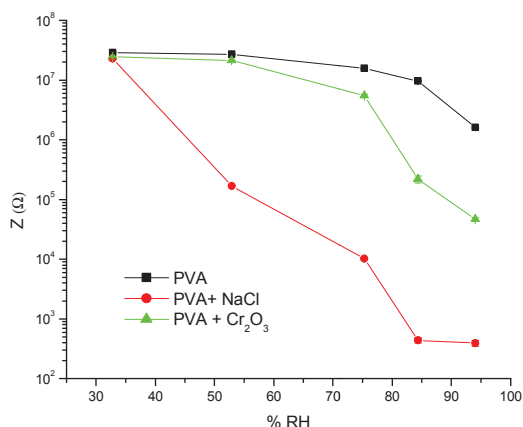


Gambar 2. Struktur multi-layer dari uap air yang diserap α-Fe₂O₃⁹

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Sifat sensitive kelembaban film PVA termodifikasi

PVA merupakan polimer yang bersifat isolator sehingga pada RH rendah (32,78%) diperoleh hasil nilai impedansi yang tinggi, Impedansi film pada RH 32,78% juga tidak menunjukkan perubahan yang berarti ketika film PVA dimodifikasi dengan elektrolit NaCl maupun Cr_2O_3 . Pada RH tinggi (94,03%), impedansi film PVA mengalami penurunan sekitar satu orde. Film PVA mulai menunjukkan penurunan impedansi pada kelembaban diatas 50%. Respon film terhadap kelembaban pada RH tinggi terlihat dapat ditingkatkan dengan baik ketika ada penambahan komponen NaCl. Impedansi film PVA yang mengandung NaCl segera berubah dengan penurunan impedansi sampai empat orde. Penurunan resistansi dari film PVA yang ditambah elektrolit terjadi karena adanya pembawa muatan yaitu ion-ion elektrolit. Film PVA yang dimodifikasi dengan Cr_2O_3 . Pada RH tinggi mengalami penurunan impedansi sekitar 3 orde. Penurunan resistansi pada film PVA- Cr_2O_3 terjadi karena baik PVA maupun Cr_2O_3 menyerap uap air. Penurunan resistansi dari film PVA- Cr_2O_3 terjadi karena Cr_2O_3 menyerap uap air sehingga terbentuk lapisan-lapisan *physisorb* uap air^{5,9}. Selanjutnya pada lapisan-lapisan *physisorb* terjadi mekanisme grotthus⁹.

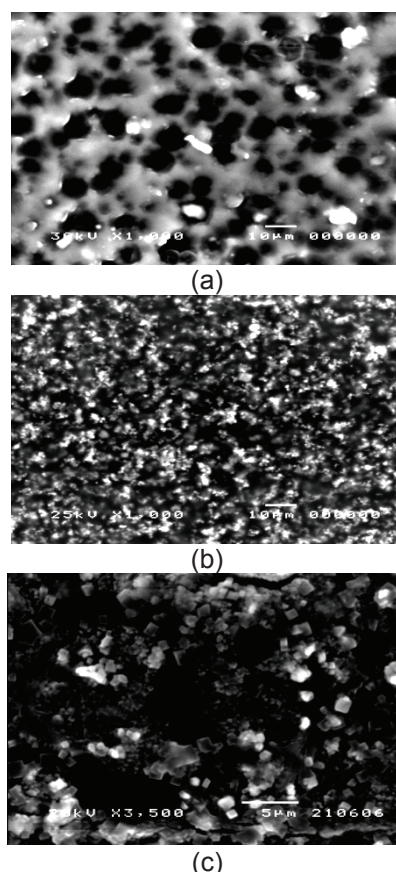


Gambar 3. Pengaruh modifikator pada sifat sensitif RH dari film PVA.

2. Struktur film PVA Termodifikasi

Foto SEM digunakan untuk mempelajari topografi dari masing-masing film yang akan dipelajari. Struktur film ini dapat digunakan untuk menerangkan sifat listrik dari film PVA yang dimodifikasi. Gambar 4.a menunjukkan topografi dari film PVA-NaCl, gambar 4.b memperlihatkan topografi film

PVA- Cr_2O_3 , sedangkan gambar 4.c menunjukkan topografi film PVA yang dimodifikasi dengan NaCl dan Cr_2O_3 . Topografi dari film PVA-NaCl menunjukkan adanya lubang-lubang yang berukuran relatif besar (dengan diameter sekitar 10 μm), pada topografi film PVA yang dimodifikasi dengan NaCl seberat 0,08 g terlihat butiran-butiran yang berwarna putih yang diduga merupakan kristal garam. Topografi film PVA yang dimodifikasi dengan Cr_2O_3 memperlihatkan butiran-butiran halus yang diduga menunjukkan butiran Cr_2O_3 yang menempel pada matrik PVA.



Gambar 4. Foto SEM yang memperlihatkan topografi film PVA yang dimodifikasi dengan NaCl (a), Cr_2O_3 (b) dan NaCl- Cr_2O_3 (c).

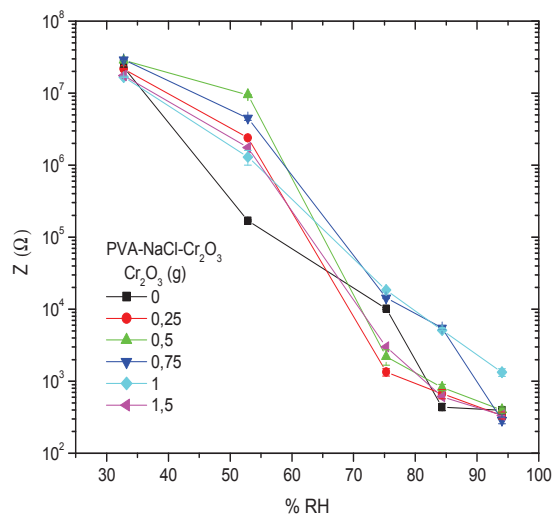
Gambar 4.c memperlihatkan foto SEM dari film PVA yang dimodifikasi dengan NaCl dan Cr_2O_3 . Topografi dari film PVA yang dimodifikasi dengan NaCl- Cr_2O_3 menunjukkan adanya butir-butir yang berbentuk kubus berwarna putih tersebar diantara butiran-butiran halus. Butiran putih yang berbentuk kubus diduga merupakan kristal NaCl yang mempunyai struktur kristal *face centered cubic (fcc)*, sedangkan butiran yang lebih halus diduga merupakan Cr_2O_3 yang berada dalam matrik PVA.

3. Efek konsentrasi Cr_2O_3 terhadap sifat sensitif RH dari film PVA termodifikasi

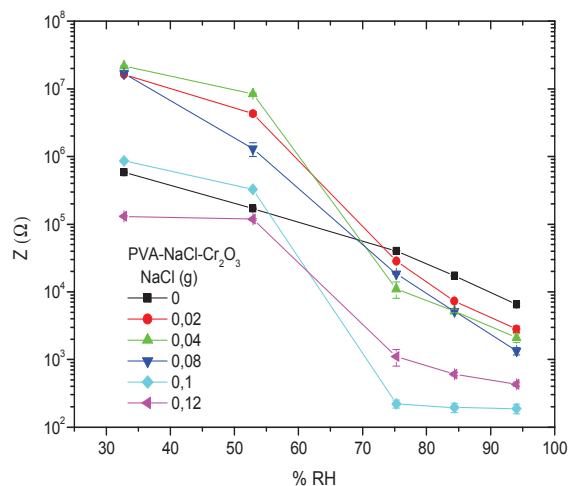
Untuk mengetahui efek konsentrasi Cr_2O_3 dibuat film PVA dengan konsentrasi PVA sebesar 1g dan tambahan NaCl yang konstan sebesar 0,08 g dan ditambahkan Cr_2O_3 dengan variasi seberat 0,25g, 0,5g, 0,75g, 1g, 1,5g. Eksperimen sebelumnya menunjukkan penambahan Cr_2O_3 lebih dari 1,5g secara fisik menjadi sulit dideposisikan pada substrat (mudah mengelupas). Gambar 5. menunjukkan Efek konsentrasi Cr_2O_3 terhadap impedansi film PVA-elektrolit termodifikasi. Dari gambar 5 terlihat pada RH rendah (32,78%) penambahan Cr_2O_3 tidak menunjukkan perubahan impedansi yang berarti, semua film menunjukkan impedansi berorde $10^7 \Omega$. Pada RH tinggi (94,03%) terlihat respon film terhadap kelembaban dapat ditingkatkan dengan baik ketika ada penambahan komponen Cr_2O_3 . Hasil yang menarik disini terlihat bahwa pada RH tinggi penambahan Cr_2O_3 sebesar 0,25 g hingga 1,5 g menunjukkan impedansi yang hampir sama yaitu berorde $10^3 \Omega$. Penambahan Cr_2O_3 sebesar 1 g menghasilkan grafik respon film terhadap kelembaban yang cukup linier. Penurunan impedansi disebabkan selain karena adanya mobility dari ion-ion Na^+ dan Cl^- yang terdissosiasi dengan kenaikan RH juga adanya polarisasi dari molekul uap air yang diserap baik oleh PVA maupun Cr_2O_3 . Pengaruh mobility dari Na^+ dan Cl^- untuk menurunkan impedansi pada RH tinggi lebih dominan dibandingkan dengan pengaruh polarisasi uap air yang diserap oleh Cr_2O_3 maupun mekanisme grotthus. Sehingga dengan penambahan Cr_2O_3 tidak begitu berpengaruh pada sifat sensing RH maupun impedansi dari film PVA termodifikasi. Pernyataan ini didukung oleh Yang dkk⁶. Sehingga pada gambar 5. terlihat penambahan Cr_2O_3 sebesar 0,25 g hingga 1,5 g menunjukkan karakter yang hampir sama.

4. Efek konsentrasi elektrolit terhadap sifat sensitif RH dari film PVA termodifikasi

Film PVA ditambah dengan Cr_2O_3 sebesar 1g karena berdasarkan hasil yang diperoleh pada gambar 5. terlihat bahwa penambahan Cr_2O_3 sebesar 1 g menghasilkan grafik respon film terhadap kelembaban yang cukup linier. Dari grafik 6. terlihat pada RH rendah (32,78%) penambahan NaCl hingga 0,08 g pada film PVA yang mengandung Cr_2O_3 tidak menunjukkan perubahan impedansi yang berarti. Pada penambahan NaCl sebesar 0,1 g terlihat penurunan impedansi sebesar satu orde sedangkan penambahan NaCl sebesar 0,12 g memperlihatkan penurunan impedansi mendekati dua orde. Pada RH tinggi (94,03%) penambahan NaCl hingga



Gambar 5. Efek konsentrasi Cr_2O_3 terhadap sifat sensing film PVA-elektrolit termodifikasi



Gambar 6. Efek konsentrasi elektrolit terhadap sifat sensing film PVA termodifikasi. 0,08 g mampu menurunkan impedansi hingga tiga orde, sedangkan penambahan NaCl sebesar 0,1 g juga dapat menurunkan impedansi sebesar tiga orde. Pada penambahan NaCl sebesar 0,12 gram hanya menurunkan impedansi sebesar dua orde.

Pada RH rendah impedansi dari film komposit PVA- Cr_2O_3 tanpa NaCl berorde $10^6 \Omega$ sedangkan impedansi dari film komposit PVA- Cr_2O_3 yang ditambah NaCl 0,02 g hingga 0,08 g impedansinya berorde $10^7 \Omega$. Hal ini kemungkinan terjadi karena ada interaksi antara NaCl dengan Cr_2O_3 sehingga mengubah struktur permukaan film PVA. Pada RH rendah penambahan NaCl diatas 0,08 g pada film komposit PVA- Cr_2O_3 mampu menurunkan impedansi film. Hal ini diduga

terjadi karena dengan penambahan NaCl yang cukup banyak, pada saat film dikeringkan banyak terdapat ion-ion Na^+ dan Cl^- yang terjebak pada film PVA termodifikasi. Ion-ion inilah yang memberikan sumbangan konduktivitas pada RH rendah. Sedangkan pada RH tinggi penurunan impedansi yang cukup tajam disebabkan selain karena adanya mobility dari ion-ion Na^+ dan Cl^- yang terdissosiasi dengan kenaikan RH, juga adanya polarisasi dari molekul uap air yang diserap baik oleh PVA maupun Cr_2O_3 . Dari hasil eksperimen terlihat penambahan NaCl diatas 1,2 g mulai mengurangi respon film PVA terhadap kelembaban.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil karakterisasi dan analisis yang telah dilakukan, maka dapat ditarik kesimpulan bahwa pada RH tinggi (94,03%) respon film terhadap kelembaban dapat ditingkatkan dengan baik ketika ada penambahan komponen NaCl dan Cr_2O_3 . Penambahan Cr_2O_3 sebesar 0,25g hingga 1,5 g pada film PVA termodifikasi menunjukkan penurunan impedansi yang hampir sama yaitu sekitar 4 orde. Sedangkan penambahan NaCl pada film PVA termodifikasi sebesar 0,02 hingga 0,08 g juga menunjukkan respon terhadap kelembaban yang hampir sama. Penambahan NaCl diatas 1,2 g mulai mengurangi respon film PVA terhadap kelembaban. Film yang menghasilkan grafik respon terhadap kelembaban yang cukup linier adalah film dengan komposisi 1g PVA, 0,08g NaCl, dan 1g Cr_2O_3 .

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Goepel W. (Editor), 1992, "Sensors, a Comprehensive Survey, Vol. 3 Chemical and Biochemical Sensors part II", VCH, Weinheim, Germany.
- [2] B.M. Kulwicki, 1991, *Humidity Sensor*, Journal American Ceramic Society 74 [4] 697-708.
- [3] Roveti, K. Denes, 2001, *Choosing a Humidity Sensor, a Review of Three Technologies*, Ohmic Instruments Co.
- [4] Yang B, Aksak B, Lin Qiao, Sitti Metin, 2006, "Compliant and low-cost humidity nanosensor using nanoporous polymer membranes, Sensor & Actuators B, 114, 254-262.
- [5] C.A. Finch, 1992, *Polyvinyl Alcohol-Development*, Wiley, New York.
- [6] Mu-Rong Yang, Ko-Shao Chen, 1998, "Humidity Sensors Using Polyvinil Alcohol Mixed with Electrolytes", Sensors & Actuators B, 49, 240-247.

- [7] Chapter 2. Review of Humidity Sensors. 47 hlm. http://www4.gu.edu.au:8080/adt-root/uploads/approved/adt-QGU2004131206/public/03chapter_2.pdf, 22 April 2005
- [8] Zhi Chen, Chi lu, 2005, "Humidity sensor : A Review of Material and Mechanism", Sensor Letter, vol 3, 274-295.
- [9] Varghese O, Grimes C, 2003, "Metal Oxide Nanoarchitectures for Environmental Sensing, Journal of nanoscience and nanotechnology, Vol 3 no4, 277-293

TANYA JAWAB

1. Penanya : Ahmad Fatoni (Univ. Mulawarman)

Pertanyaan :

$\text{Cr}_2\text{O}_3 \rightarrow \text{Cr(III)}$. Bisa tidak diganti dengan $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} \rightarrow \text{Cr(VI)}$ valensi 6?

Jawaban :

Kemungkinan bisa karena pada intinya pada Cr_2O_3 akan berinteraksi dengan uap air sehingga terjadi lapisan Chemisorp I dan penyerapan selanjutnya akan terbentuk lapisan Physisorp I an Physisorp II.

2. Penanya : Sunardi (USB)

Pertanyaan :

1). Bagaimana mekanisme penggunaan NaCl dan Cr_2O_3 ?

2). Penggunaan Cr_2O_3 apakah tidak berbahaya?

Jawaban :

1). Untuk mekanisme NaCl \rightarrow adanya mobilitas ion-ion elektrolit yang terdissosiasi pada pH tinggi. Untuk mekanisme $\text{Cr}_2\text{O}_3 \rightarrow$ adanya hopping proton pada lapisan-lapisan physisorp II.

2). Belum diteliti lebih lanjut tentang bahayanya.

3. Penanya : Sri Mulyani (UNS)

Pertanyaan :

1). Kenapa dipilih kombinasi $\text{Cr}_2\text{O}_3 + \text{NaCl}$ untuk meningkatkan sifat sensitifitas RH olrh film PVA?

2). Karakteristik apa yang dipunyai oleh Cr_2O_3 tersebut?

Jawaban :

1). Karena kedua material ini baik Cr_2O_3 maupun NaCl keduanya juga bersifat physisorp sehingga memungkinkan untuk digunakan sebagai material sensitif kelembaban seperti PVA.

2). PVA merupakan material yang mampu menyerap uap air dan mempunyai stabilitas yang tinggi.