STUDI FILM *POLYVINIL ALCOHOL* (PVA) DIMODIFIKASI DENGAN *ACRYLAMIDE* (AAm) SEBAGAI MATERIAL SENSITIF TERHADAP KELEMBABAN

TESIS

MAURITS JIHAR SIMANJUNTAK

6305220289

PROGRAM STUDI ILMU FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
PROGRAM PASCASARJANA
UNIVERSITAS INDONESIA
DEPOK
2008

UNIVERSITAS INDONESIA

STUDI FILM *POLYVINIL ALCOHOL* (PVA) DIMODIFIKASI DENGAN *ACRYLAMIDE* (AAm) SEBAGAI MATERIAL SENSITIF TERHADAP KELEMBABAN

TESIS

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Magister Sains

MAURITS JIIHAR SIMANJUNTAK

6305220289

Kekhususan Murni dan Terapan
Program Studi Ilmu Fisika
Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam
Program Pascasarjana
Universitas Indonesia
Depok, 2008

PENGESAHAN

Tesis ini diajukan oleh	:	
Nama	:	**Maurits Jihar Simanjuntak**
NPM	:	630 522 0289
Program Studi	:	Pascasarjana Fisika - Murni dan Terapan
Judul Tesis	:	Studi Film *Polyvinyl Alcohol* (PVA) Dimodifikasi dengan *Acrylamide* (AAm) Sebagai Material Sensitif Terhadap Kelembaban.

Telah berhasil dipertahankan dihadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Magister Sains pada Jurusan Kekhususan Murni dan Terapan Program Studi Ilmu Fisika Pascasarjana Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Indonesia.

DEWAN PENGUJI

Penguji :	Penguji :	Penguji :
Prof. Dr.Rosari Saleh	Dr.Bambang Soegijono	Dr. Djoko Triyono
Pembimbing I :	Pembimbing II :	Ketua Sidang :
Dr. Ing. Cuk Imawan	Dr. Yanti Sabarinah. S	Dr. Dedi Suyanto

Mengetahui
Ketua Program Magister Fisika

Dr. Dedi Suyanto
NIP.130 935 271

Tanggal Lulus : 16 Juni 2008

Studi film..., Maurits Jihar Simanjuntak, FMIPA UI, 2008

KATA PENGANTAR

Puji dan puja kehadirat Tuhan Yang Maha Pengasih atas segala berkat dan anugerah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan tesis ini yang berjudul "Studi Film *Polyvinyl Alcohol* (PVA) Dimodifikasi dengan *Acrylamide* (AAm) Sebagai Material Sensitif Terhadap Kelembaban". Semoga tesis ini dapat bermanfaat bagi orang banyak dan terutama bagi penulis.

Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Dr.Ing Cuk Imawan selaku Pembimbing I yang telah menyediakan waktunya memberikan bimbingan, petunjuk dan arahan kepada penulis selama penelitian sampai pada penyusunan tesis ini
2. Dr. Yanti Sabarinah.S, selaku pembimbing II yang telah banyak memberikan arahan teknis serta dorongan semangat dalam penyusunan tesis ini.
3. Dr. Dedi Suyanto, selaku pembimbing akademik dan ketua Program Pascasarjana Fisika.
4. Dr. Djoko Tryono, atas diskusi dan pengarahan yang diberikan kepada penulis.
5. Ibu dan Bapak Dosen Penguji : Prof, Dr. Rosari Saleh, Dr. Bambang Soegiono, Dr. Djoko Triyono, atas masukan dan arahan yang diberikan demi penyempurnaan tesis ini
6. Para Dosen Pascasarjana Fisika Instrumentasi atas materi kuliah yang telah diberikan.
7. Ibunda tercinta Tiominar Purba yang selalu berdoa untuk keberhasilan dan keselamatan penulis.

Studi film..., Maurits Jihar Simanjuntak, FMIPA UI, 2008

8. Istriku tercinta Lie Connie Tirtajaya, putra kebanggaanku Zico Leonard Djagardo dan putri tambatan hatiku Agatha Leonie Coritsa atas dorongan semangat, pengertian serta pengorbanan yang ditanggungkan selama penulis kuliah.
9. Drs. M.T. Ritonga M.M, M.B.A, selaku Kepala SMA Negeri 65 Jakarta Tahun Pelajaran 2004-2006, yang memberikan dorongan dan motivasi kepada penulis untuk kuliah.
10. Dra. Endang Gumilang Trimukti M.Pd, selaku Kepala SMA Negeri 65 Tahun Pelajaran 2007-2010, yang memberikan dukungan dan dispensasi kepada penulis selama melakukan penelitian dan penulisan.
11. Ibu Dian, Ibu Dewi, Ibu Titah yang dengan hati terbuka membantu penulis pada saat melakukan pengujian sifat mekanik di BATAN, Pasar Jumat.
12. Teman-teman satu bimbingan : Triyono, Syafri Erizon, Siti Holilah dan Endi.P atas kerja samanya selama kuliah.
13. Rekan-rekan Guru SMAN 65 Jakarta yang telah memberikan dorongan kepada penulis untuk menyelesaikan S2.
14. Rekan-rekan Mahasiswa Program S2 Fisika UI angkatan 2005.
15. Semua pihak yang telah membantu penulis,

Penulis

2008

Studi film..., Maurits Jihar Simanjuntak, FMIPA UI, 2008

PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

(Perorangan)

Sebagai sivitas akademika Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama	: Maurits Jihar Simanjuntak
NPM	: 6305220289
Program Studi	: Pascasarjana Fisika – Murni dan Terapan
Judul Tesis	: Tesis

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia Hak Bebas Royalti Non- Eksklusif (Non-exclusive Royalty-Free Right) atas karya ilmiah saya yang berjudul :

Studi Film *Polyvinyl Alcohol* (PVA) Dimodifikasi dengan *Acrylamide* (AAm) Sebagai Material Sensitif Terhadap Kelembaban

Beserta perangkat yang ada (bila diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Non Eksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia /format-kan, mengelolanya dalam bentuk pangkalan data (database), mendristribusikannya, dan menampilkan/mempublikasikannya di internet atau media lain untuk kepentingan akademis tanpa perlu meminta izin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta. Segala bentuk tuntutan hukum yang timbul atas pelanggaran Hak Cipta dalam karya ilmiah ini menjadi tanggung jawab saya sendiri.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Jakarta
Pada tanggal : 25 Juni 2008
Yang menyatakan :

Maurits Jihar Simanjuntak
NPM: 6305220289

ABSTRAK

Nama : Maurits Jihar Simanjuntak

Program Studi : Pascasarjana Fisika

Judul Tesis : Studi Film *Polyvinil Alcohol* (PVA) Dimodifikasi dengan *Acrylamide* (AAm) Sebagai Material Sensitif Terhadap Kelembaban.

Penelitian terhadap *Polyvinil Alcohol* (PVA) yang dimodifikasi dengan monomer *Acrylamide* (AAm) dengan menggunakan *Ammonium Peroksodisulfat* (APS) sebagai inisiator telah dilakukan. Larutan dipreparasi dan dideposisikan pada subtrat berelektroda dengan metode celup (*dip-coating*) sehingga berbentuk film yang dapat dikarakterisasi sifat listriknya. Karakterisasi lainnya adalah sifat mekanis dan struktur film.

Sifat mekanis film dilakukan melalui pengujian kekuatan tarik, fraksi gel dan swelling. Struktur film diidentifikasi dengan FTIR dan topografi film dikarakterisasi dengan SEM. Karakterisasi sifat listrik film dilakukan dengan menggunakan RCL meter pada kondisi atmosfer yang kelembaban relatifnya dapat ditentukan.

Karakerisasi sifat mekanis menunjukkan fraksi gel dari film tidak berubah, sedangkan sifat swelling dan kekuatan tarik film PVA-AAm sedikit meningkat dibandingkan dengan film PVA. Spektrum absorbsi film PVA dan film PVA-AAm dari hasil FTIR tidak dapat dibedakan dengan baik, sebab sifat PVA yang mudah menyerap molekul air memberikan pelebaran spektrum absorbsi dari film. Hasil-hasil ini menunjukkan bahwa antara PVA dan AAm diduga hanya mengalami kopolimerisasi, sehingga sifat mekanisnya tidak mengalami perubahan yang besar.

Sifat listrik film yang diukur dari impedansinya menunjukkan bahwa penambahan AAM tidak merubah impedansi film. Sifat sensitif kelembaban dari film PVA-AAm juga menunjukkan karakter yang sama dengan film PVA dan tidak merubah sinsitivitasnya, bahkan sampai pada konsentrasi AAm 20%. Hal ini menunjukkan bahwa lengan NH_2 pada AAm yang diharapkan dapat menyumbangkan peningkatan sensitivitas film melalui kemampuan mengikat molekul H_2O tidak berfungsi dengan baik. Fenomena ini diduga selain disebabkan oleh konsentrasi AAm yang masih terlalu sedikit juga diduga orientasi lengan NH_2-nya saat menjadi film tidak memungkinkan untuk mengikat molekul air dengan baik. Walaupun demikian, penambahan AAm pada PVA telah menunjukkan peningkatan stabilitas film, yang diduga disebabkan oleh terjadinya kopolimerisasi.

Kata kunci : Film PVA-AAm, dip coating, kopolimerisasi, sensitive kelembaban

Studi film..., Maurits Jihar Simanjuntak, FMIPA UI, 2008

DAFTAR ISI
(1)

HALAMAN JUDUL …….....		i
LEMBAR PENGESAHAN ……		ii
KATA PENGANTAR ……		iii
ABSTRAK ……..		v
DAFTAR ISI …….....		vi
DAFTAR GAMBAR …….....		viii
DAFTAR TABEL ……..……..		x
BAB 1	PENDAHULUAN ……...	1
BAB 2	DASAR TEORI……...……..	3
2.1.	Definisi Kelembaban ……	3
2.2.	Material Sensitif Kelembaban …….	3
2.2.1.	Material Sensitif Kelembaban Berbasis Polimer ……..…….	4
2.3.	PVA dan AAm ……..…….	6
2.3.1	PVA…….	6
2.3.2	AAm……..……..	7
BAB 3	METODOLOGI PENELITIAN ……..…...	10
3.1.	Lokasi dan Bahan ……..	10
3.2	Diagram Alir Penelitian ……..……...	11
3.2.1	Preparasi Film PVA-AAm ……..	11
3.2.2	Pelapisan Film Pada Modul Berelektrode……..	13
3.2.3	Pengaturan Kondisi Kelembaban *Chamber*	14
3.2.4	Karakterisasi Film …….	15
3.2.5	Spektrofotometer *Fourier Transform Infra Red* (FTIR)	16
BAB 4	HASIL DAN PEMBAHASAN Metode …….	17

Studi film..., Maurits Jihar Simanjuntak, FMIPA UI, 2008

DAFTAR ISI
(2)

4.1	Sifat Mekanik Film ……..……..	17
4.1.1	Pengujian Kekuatan Tarik .....….....…….	17
4.1.2	Pengukuran Fraksi Gel ...…….....……..	18
4.1.3	Pengujian Tingkat *Swelling* ……...……	19
4.2	Topografi Film PVA-AAm ……	21
4.3	Struktur Film PVA-AAm.....	22
4.4	Sifat Listrik ……..……	24
4.4.1	Pengaruh RH Terhadap Impedansi ……....…….....……	24
4.4.2	Pengaruh Pelapisan Terhadap Impedansi	25
4.4.3	Pengaruh Frekuensi Terhadap Impedansi Film.....	27
4.4.4	Pengaruh RH Terhadap Resistansi.....	30
4.4.5	Pengaruh Frekuensi Terhadap Kapasitansi..Film.....	32
4.5	Model Rangkaian Ekivalen ImpedansiFilm.....	34
4..5.1	Reproduksibilitas Fabrikasi Film PVA-AAm.....	36
4.5.2	Stabilitas Impedansi Film PVA-Aam.....	37
Bab5	KESIMPULAN.....	40
	DAFTAR PUSTAKA	41

Studi film..., Maurits Jihar Simanjuntak, FMIPA UI, 2008

DAFTAR TABEL

2.1. Jenis dan sifat material sensitif..... …… 9

3.1. Komposisi film PVA–AAm ..... …….....……. 12

3.2. Nilai RH (%) Larutan Garam Jenuh …….. 20

Studi film..., Maurits Jihar Simanjuntak, FMIPA UI, 2008

DAFTAR GAMBAR
(1)

2.1.	Berbagai jenis struktur molekul polimer yang terdiri dari polimer linier, bercabang, *crosslinked* dan jaringan polimer dalam 3 dimensi	5
2.2.	(a) Vinil Asetat (b) PVA	6
2.3.	(a) Monomer akrilamida (b) struktur polimer AAm (c) Struktur AAm (d) Diagram Polimer AAm	7
2.4.	Diagram Alir Penelitian	7
2.5.	Diagram Alir Preparasi Film	8
3.1	Modul substrat berelektrode	10
3.2	Karakterisasi listrik film sensitif kelembaban dengan RLC meter *Fluke* tipe *PM6306*	11
3.3	Karakterisasi listrik film sensitif kelembaban dengan RLC meter *Fluke* tipe *PM6306*	13
3.4.		19
3.5.		20
4.1		21
4.2		22
3.5.		23
3.7.		28
4.1.		30
4.2.		31
4.3.		31

Studi film..., Maurits Jihar Simanjuntak, FMIPA UI, 2008

DAFTAR GAMBAR
(2)

4.4. 32
4.5. 33
4.6. 34
4.7. 34
4.8. 35
4.9. 36
4.10. 37
4.11. 38
4.12. 39
4.13. 40
4.14. 40
4.15. 50
4.16. 51
4.17. 53
4.18. 54
4.19. 55

Studi film..., Maurits Jihar Simanjuntak, FMIPA UI, 2008

DAFTAR GAMBAR
(3)

4.20. 56
4.21. 57
4.22. 58
4.23. 59
4.24. 60
4.25. 61
4.26 62
4.27. 63
4.28. 64

Studi film..., Maurits Jihar Simanjuntak, FMIPA UI, 2008

DAFTAR LAMPIRAN

No.	Keterangan Lampiran	Hal.
1.	Lampiran 1 : Sertifikat Stellite 6 …….	69
2.	Lampiran 2 : Referensi Fasa CrCo, Cr_4Ni, dan Co_2O_3 ……	70
3.	Lampiran 3 : Data EDX Batas Butir…….	71
4.	Lampiran 4 : Grafik EDX Batas Butir …….	72
5.	Lampiran 5 : Data EDX Butir ……..	73
6.	Lampiran 6 : Grafik EDX Butir ……	74
7.	Lampiran 7 : Grafik Pengukuran dengan XRD ……	75
8.	Lampiran 8 : Grafik Hasil Refinement Sampel ……	79
9.	Lampiran 9 : Tabel Data Posisi Atom ……..	85
10.	Lampiran 10 : Tabel Data Posisi Atom Quenching ……..	87
11.	Lampiran 11 : Gambar Hasil SEM ……...	89
12.	Lampiran 12 : Data Uji Hardness …….	92
13.	Lampiran 13 : Grafik Kekerasan ……..	94

Studi film..., Maurits Jihar Simanjuntak, FMIPA UI, 2008

BAB
1. PENDAHULUAN

Kelembaban udara sangat berpengaruh terhadap kehidupan maupun terhadap material yang ada disekitarnya. Kelembaban didefenisikan sebagai konsentrasi molekul uap air diudara[1,2]. Kelembaban relatif *(Relatif Humidity, RH)* diartikan sebagai perbandingan tekanan uap air udara aktual dengan tekanan uap saturasi[3] dan dinyatakan dalam persen[1]. RH merupakan fungsi temperatur sehingga pengukurannya bersifat relatif.

Dewasa ini permintaan atas sensor kelembaban dalam berbagai bidang meningkat dengan pesat seperti pada air conditioner, peralatan elektronik, peralatan kedokteran, bidang pertanian, industri gula serta pada proses pengeringan keramik dan makanan[1,2]. Banyak penelitian dilakukan terhadap berbagai jenis material yang sensitif terhadap kelembaban namun masih kurang memenuhi kriteria seperti yang diharapkan4. Material sensitif kelembaban yang baik memiliki kriteria seperti sensitifitas tinggi, respon cepat, histerisis rendah, durabilitas tinggi, tahan terhadap kontaminan, tidak tergantung pada temperatur, proses fabrikasinya sederhana serta biaya relatif murah[1,3].

Beberapa material sensitif kelembaban yang telah diteliti dan masih perlu dikembangkan adalah polimer. Polimer merupakan makromolekul dengan struktur yang berulang. Kebanyakan polimer merupakan senyawa hibrida karbon atau turunannya1. Polimer bekerja dengan cara penyerapan dan pelepasan molekul air (H_2O) oleh matriksnya. Penggunaan polimer sebagai material sensitif kelembaban menunjukkan peningkatan[1,6]. Keunggulan dari polimer adalah tidak memerlukan pemeliharaan pada suhu tinggi secara periodik, sedikit ketergantungan terhadap suhu, proses pembuatannya sederhana sehingga biaya produksi relatif murah.

Berbagai jenis material yang digunakan dari jenis polimer diantaranya adalah polivinil alkohol (PVA) yang bersifat hidrofilik dan polimetil metakrilat (PMMA) yang bersifat hidrofobik yang dicangkok (grafting) dengan bahan hidrofilik[4,11].Namun kestabilan polimer masih rendah. Sakai cs. telah mencoba

Studi film..., Maurits Jihar Simanjuntak, FMIPA UI, 2008

meningkatkan kestabilan polimer dengan menggunakan metode graft copolimers sebagai bahan film sensitifnya[5]. Kelemahan yang terdapat pada PVA adalah impedansinya terlalu tinggi. Masalah ini telah diselesaikan dengan cara melakukan penambahan elektrolit pada PVA, misalnya natrium klorida (NaCl) dapat menurunkan impedansi film PVA serta menambah sensitivitas film[6,7].

Kelemahan lain film PVA adalah tidak stabil selama efek penuaan karena sifat hidrofilik PVA menjadikan tekstur film berubah dan tidak stabil ketika menyerap molekul H_2O. Perubahan sifat mekanik film dapat dipengaruhi oleh beberapa kemungkinan, yaitu adanya pengaruh temperatur dan kondisi kelembaban relatif ruang penyimpanan film, film menjadi swelling pada saat menyerap molekul uap air pada kelembaban tinggi. Usaha untuk menstabilkan tekstur film telah dilakukan oleh Nurlaila dkk. menggunakan metode pengikatan silang secara kimiawi dengan penambahan inisiator ammonium peroksodisulfat (APS) agar terjadi crosslinking pada film PVA[2,6,7].

Pada tesis ini dilakukan studi terhadap material sensitif kelembaban dari campuran jenis polimer hidrofilik yaitu PVA dengan monomer akrilamida (AAm). AAm diharapkan dapat memperbaiki stabilitas film PVA sebagai material sensitif terhadap kelembaban. AAm mempunyai sifat larut dalam air (water-soluble) dan cabang polimernya dapat dimodifikasi dengan interaksi kimia untuk membentuk materi yang tidak larut air (water-insoluble) namun masih sensitif terhadap perubahan RH[8,9]. Dengan menambahkan APS (ammonium peroksodisulfat) sebagai inisiator diharapkan terjadi pengikatan silang (crosslinking) pada film PVA dan AAm. Preparasi film dilakukan dengan menggunakan metode celup (dip-coating). Larutan PVA-AAm dengan komposisi tertentu dicelupkan pada elektrode Printed Circuit Board (PCB) tembaga yang telah dilapisi logam perak (Ag).

Penelitian ini dilakukan di laboratorium Kimia Industri Departemen Fisika UI Depok, Badan Tenaga Nuklir Nasional (BATAN) Pasar Jumat dan Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI) bidang Kimia, Serpong. Bentuk penelitian terapan dengan metode eksperimental. Tujuan penelitian untuk memperbaiki sensitifitas film PVA terhadap kelembaban relatif dengan grafting AAm pada PVA

Studi film..., Maurits Jihar Simanjuntak, FMIPA UI, 2008

BAB
2. DASAR TEORI

2.1. Definisi Kelembaban

Kelembaban dapat didefenisikan sebagai banyaknya kandungan air atau uap air di udara[1,2]. Kelembaban dapat dinyatakan dalam beberapa istilah dan unit, yaitu kelembaban mutlak (*absolute humidity*), kelembaban relatif (*relative humidity, RH*) dan titik embun (*dew point*). Kelembaban absolut didefenisikan sebagai perbandingan massa uap air terhadap volume udara atau gas, atau massa air dalam volume unit udara lembab, dinyatakan dalam gram/m_3[2,3,7]. Kelembaban relatif (RH) dinyatakan sebagai perbandingan tekanan uap air parsial dengan tekanan uap jenuh[3] pada temperatur yang sama, dinyatakan dalam persen (% RH). Kondisi jenuh dicapai apabila jumlah molekul uap air yang masuk sama dengan yang keluar pada fase cair (*liquid*). Titik embun merupakan temperatur dan tekanan saat gas mulai berkondensasi menjadi cairan[2]. Titik embun digunakan untuk mengukur uap air pada temperatur tinggi dalam proses industri dinyatakan dalam Celcius atau pun Fahrenheit.

2.2. Material Sensitif Kelembaban

Material sensitif terhadap kelembaban berbasis keramik memiliki keunggulan yang lebih dibanding polimer dan garam elektrolit, yaitu lebih stabil, respon cepat, histerisis kecil, tahan terhadap kontaminan dan lain-lain. Akan tetapi dari segi ekonomis, keramik relatif lebih mahal karena memerlukan pemanasan pada suhu tinggi untuk proses pemeliharaan.

Material sensitif kelembaban berbasis elektrolit cukup stabil terhadap waktu dan harganya relatif murah, namun kelemahannya adalah responnya lambat, ketelitiannya relatif rendah sedang usia hidup (*life time*) relatif lebih singkat. Kelebihan material polimer dibandingkan material keramik dan garam elektrolit adalah harganya relatif lebih murah, proses fabrikasinya relatif sederhana dan tidak memerlukan pemanasan pada suhu tinggi dan tidak memerlukan ruangan khusus bebas debu, mempunyai struktur yang bervariasi dan mudah dimodifikasi.

Studi film..., Maurits Jihar Simanjuntak, FMIPA UI, 2008

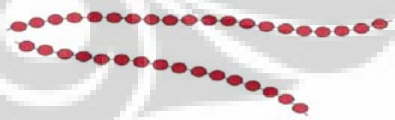
Tabel 2. 1: Jenis dan sifat material sensitif

Material Sensitif	Keunggulan	Kelemahan
• Elektrolit: LiCl, dan lain-lain	• Stabilitas tinggi • Biaya produksi relatif murah • Reproduksibel	• Respon lambat • Akurasi rendah • Usia pakai pendek
• Polimer organik: polimer hidrofilik, polimer konduktif, dan lain-lain	• Proses fabrikasi sederhana • Biaya produksi murah • Tidak perlu pemanasan pada suhu tinggi	• Kurang stabil • Respon lambat • Histerisis tinggi
• Keramik: Oksida logam (TiO_2, Fe_3O_4)	• Sensitifitas tinggi • Respon cepat • Histerisis kecil • Reproduksibel • Stabilitas tinggi • Tahan terhadap kontaminan • Memiliki kekuatan mekanik dan termal yang baik	• Temperatur dan kelembaban operasional rendah • Impedansinya tinggi • Memerlukan pemanasan pada suhu tinggi • Biaya pembuatan relatif mahal

2.2.1 Material Sensitif Kelembaban Berbasis Polimer

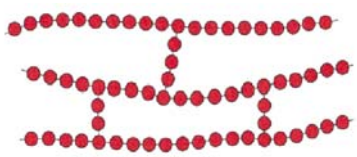
Gugus fungsional yang terikat pada backbone polimer dapat berupa atom tunggal seperti oksigen atau gugus fungsi seperti –OH, –COOH, –NO2. Gugus fungsional menentukan sifat fisika dan kimia dari polimer[4,11].

a. Linear polymers :

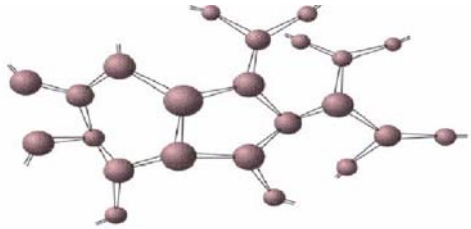


b. Branched polimers :

c. Cross-linked polimers :



d. Network polimers :



Gambar 2. 1: Berbagai jenis struktur molekul polimer yang terdiri dari polimer linier, bercabang, crosslinked dan jaringan polimer dalam 3 dimensi.

Jenis polimer yang sering digunakan sebagai material sensitif kelembaban adalah:

- **Polimer Hidrofobik**[16,17], merupakan jenis polimer yang sulit menyerap air. Polimer jenis ini digunakan sebagai material sensitif jenis kapasitif karena non-ionik dan polaritasnya besar. Pada jenis ini, molekul air diikat pada tempat yang sesuai dalam jaringan polimerik selama proses penyerapan dan pelepasan uap air.Contoh material jenis ini adalah poliamida, polietilentereptalat dan *polivynil crotonate*.
- **Polimer Hidrofilik**[18], merupakan jenis polimer yang mempunyai sifat penting yaitu dapat menyerap uap air, tahan terhadap air, penyerapan air rendah, memiliki kekuatan impact dan fleksibilitas rendah pada temperatur rendah, sifat elastis dan sifat mekanik yang baik, stabilitas panas, tahan terhadap bahan kimia dan proses pembuatan mudah. Untuk banyak aplikasi diperlukan polimer yang mempunyai daya serap yang tinggi terhadap uap air tetapi pada waktu yang sama material juga harus tahan air. Beberapa material hidrofilik komersial yang umum adalah kopolimer poliamida kristal, polietana atau poliester.

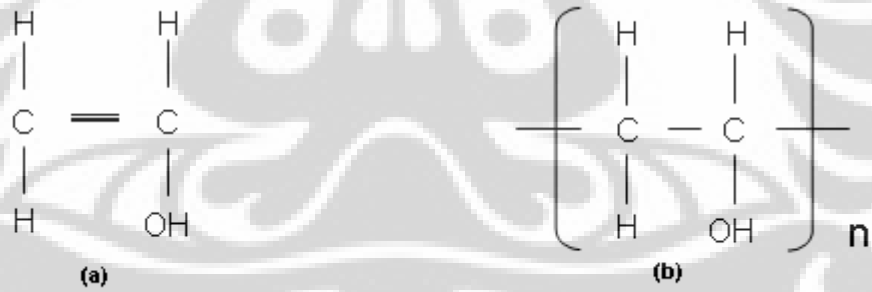
Dibandingkan dengan ikatan pada keramik dan logam, ikatan antar molekul polimer lebih lemah, sehingga untuk menguatkan ikatan antar molekul polimer dapat dilakukan dengan cara menambahkan sifat hidrofobik, yaitu dengan cara mencangkokkan (grafting) monomer hidrofilik[19]. Selain itu dapat juga digunakan beberapa teknik, diantaranya adalah pemberian filler yang merupakan ikatan silang pada rantai. Pada penelitian ini untuk menguatkan ikatan antar molekul polimer dilakukan dengan mencangkokkan monomer AAm pada larutan hidrofilik PVA[10,19].

2.3 Sifat Polivinil Alkohol dan Akrilamida

2.3.1 Sifat Polivinil Alkohoh

Polimer PVA dengan rumus molekul $(-C_2H_4O-)n$, PVA merupakan salah satu polimer hidrofilik berbentuk bubuk halus, berwarna putih kekuningan, tidak berbau dan memiliki densitas 1,3 gram/cm^3 (pada 20^{o}C) dengan kisaran pH 3,5 – 7,0 (jika dilarutkan dengan konsentrasi 40 gram/liter pada 20^{o}C). PVA merupakan polimer yang larut dalam air, tidak toksik, non karsinogenik, mempunyai ketercampuran hayati yang baik dan memiliki sifat fisik yang elastis[20,22,23], serta memiliki kemampuan yang tinggi untuk mengembang dalam air. PVA berbentuk padatan kering,butiran atau bubuk[20,22], memiliki bentuk film yang baik, tidak korosif, lembut dan bersifat adesif serta kekuatan tarik yang baik. Ditinjau dari sifat listrik, PVA merupakan bahan isolator dengan resistivitas (ρ) yang tinggi yaitu 3,1 – 3,8 x 10^7 Ωcm[20].

PVA telah digunakan secara luas pada berbagai aplikasi[12,20], antara lain pelapis kertas (paper coating), pemodifikasi permukaan mengkilap (warpsizing), bahan adesif dan biomaterial, material sensitif kelembaban. PVA diproduksi dari monomer vinil asetat. Gambar 2.2 memperlihatkan struktur PVA.



Gambar 2. 2: (a) Vinil asetat dan (b) PVA

Peningkatan kestabilan dan jaringan matriks film PVA[2] dapat dilakukan secara kimiawi dengan menggunakan larutan ammonium peroksodisulfat (APS) yang memiliki rumus molekul $(NH_4)_2S_2O_8$. APS akan memicu terbentuknya pengikatan silang (*cross-link*) antar PVA. Pengikatan silang secara kimiawi memiliki kelemahan karena dapat meninggalkan residu pada matriks film dan dapat merusak film, namun harganya relatif lebih murah dan lebih mudah diperoleh dibandingkan dengan pengikatan silang secara radiasi gamma[7,10].

Studi film..., Maurits Jihar Simanjuntak, FMIPA UI, 2008

Salah satu polimer komersil yang mempunyai berat molekul yang tinggi adalah PVA. Tingkat kelarutan dan kekentalan dari PVA tergantung pada tingkat polimerisasi dan tingkat hidrolisis[20]. Larutan PVA dapat menurunkan tegangan permukaan air dan berguna sebagai koloid pelindung. Tegangan permukaan larutan PVA bertambah seiring dengan tingkat pertambahan hidrolisis, tapi hanya sedikit terpengaruh oleh tingkat polimerisasi[22]. Larutan PVA berubah warna menjadi kuning ketika dipanaskan. Titik leleh PVA untuk kelompok terhidrolisis sebagian pada kisaran 150-190^{o}C dan untuk kelompok terhidrolisis penuh pada 210-230^{o}C.

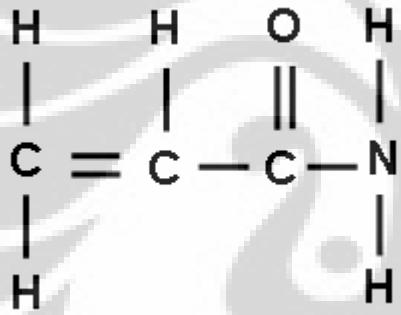
Ketika PVA menyerap uap air, molekul H_2O yang bersifat polar akan terpolarisasi. Pada saat diberi tegangan ac, polarisasi dari molekul H_2O ini akan bersifat konduktor sehingga impedansinya terukur. Semakin tinggi RH (semakin banyak molekul H_2O yang terserap film), maka impedansinya semakin rendah. Jika digunakan tegangan dc, polaritas H_2O akan mensejajarkan diri dan akan menghantar arus listrik. Akan tetapi, bila molekul H_2O semakin banyak (pada RH tinggi), maka akan terjadi penumpukan polarisasi yang mengakibatkan film menjadi tidak mampu mendeteksi perubahan RH[22,24].

Polimer hidrofilik PVA memiliki impedansi cukup tinggi berada pada orde sebesar 10^7 Ω dengan stabilitas yang rendah[5]. Impedansi yang terlalu tinggi akan menyulitkan dalam pengukuran parameter-parameter listrik. Untuk mengurangi impedansi film PVA, M.R Yang dkk. menambahkan elektrolit seperti: *p-styrenesulfonatesodium* (PSSD), NaCl dan *m-benzenedisulfonate disodium* (MBSD) pada film PVA, sedangkan untuk meningkatkan stabilitasnya dilakukan crosslink dengan plasma argon[6]. Film PVA yang ditambahkan NaCl dan APS menunjukkan sensitifitas yang tinggi terhadap molekul dengan penurunan impedansi hingga 6 orde[4,6]. Hasil penelitian terhadap variasi kadar PVA dan variasi tegangan trigger ternyata tidak mempengaruhi perubahan impedansi sehingga dapat digunakan sebagai material sensitif kelembaban. Kadar APS yang optimal diperoleh pada massa 40,0 mg atau 4% dari massa PVA[6] Dengan memodifikasi PVA dengan AAm terpolimerisasi terjadi pengikatan silang dan pencangkokan AAm pada PVA, diharapkan stabilitas dan sensivitas film dapat meningkat[10] .

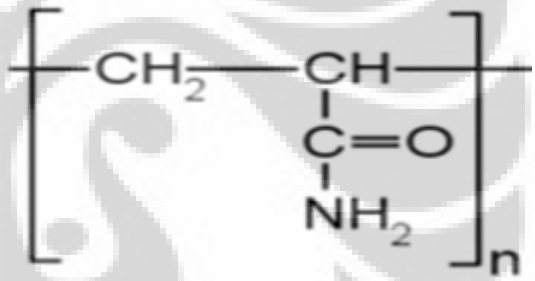
Studi film..., Maurits Jihar Simanjuntak, FMIPA UI, 2008

2.3.2 Sifat Akrilamida

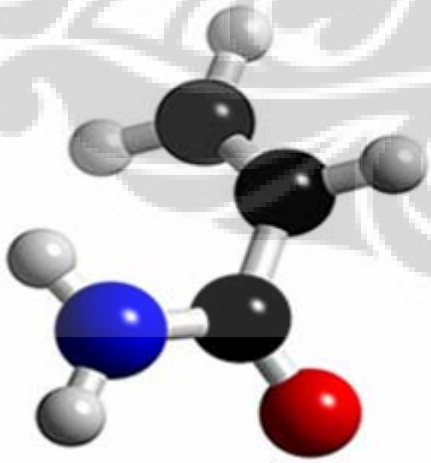
Akrilamida dengan formula CH_2=CHCONH$_2$ atau C_3H_5NO dikenal dengan nama lain sebagai 2-propenamida, etilenkarboksamida, vinil amida atau akrilik amida yaitu bahan padatan organik, lapisan luar seperti kristal berwarna putih, tidak berbau, larut air, etanol, eter dan kloroform. Akrilamida tidak larut dalam asam dan basa, penghantar oksidasi pada besi dan garam besi. Tanpa pemanasan, akrilamida akan membentuk amonia dan dengan pemanasan menghasilkan karbon monoksida, karbon dioksida dan nitrogen oksida[8,9]. Akrilamida sering digunakan sebagai poliakrilamida sintesis, sebagai bahan pengontrol kondisi air, menjaga kejernihan air, gel elektroforesis, proses pembuatan kertas, dan proses pembuatan bijih besi. Pada penelitian ini akrilamida yang digunakan adalah Cas no : 79 – 06 –1, Mocular Weight (berat molekul) : 71.09 gr/mol, Solubility (kelarutan): 216 g/ 100 g water @ 30^oC Product Codes : J.T Baker 4081,5530.



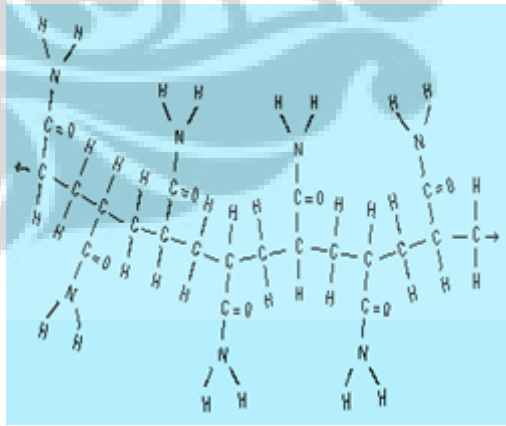
(a) **Monomer akrilamida**



(b) **struktur polimer AAm**



(c) **) Struktur AAm**



(d) **Diagram Polimer AAm**

Gambar 2. 3: (a) Monomer akrilamida, (b) struktur polimer AAm, (c) Struktur AAm, (d) Diagram Polimer AAm

.

Pencangkokan monomer hidrofilik pada polimer hidrofilik meningkatkan sifat hidrofobik sehingga ikatan antar molekul polimer menjadi relatif lebih kuat [18] AAm diharapkan dapat meningkatkan kekuatan tarik dengan pengikatan silang, sehingga filmPVA-AAm memilki stabilitas yang lebih baik[9,10].

Studi film..., Maurits Jihar Simanjuntak, FMIPA UI, 2008

BAB
3. METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini dijelaskan tentang lokasi, bahan, dan peralatan pembuatan film PVA-AAm. Bab ini juga menjelaskan tentang proses dan prosedur pembuatan film PVA-AAm sebagai material sensitif kelembaban. Prosedur pembuatan yang dilakukan meliputi tahap persiapan, preparasi larutan PVA-AAm, pelapisan elektrode dan pengkondisian ruang kelembaban. Karakterisasi film yang dilakukan meliputi uji sifat mekanik, analisa topografi, identifikasi stuktur dan karakterisasi sifat kelistrilistrikan film terhadap RH.

3.1. Lokasi dan Bahan

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Kimia Fisika jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA), Universitas Indonesia (UI) Depok dan Laboratorium Badan Tenaga Atom Nasional (BATAN) Pasar Jumat, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI) Departemen Kimia, Serpong. Penelitian dilakukan sejak Januari 2007 sampai dengan Desember 2008.

Material yang digunakan dalam pembuatan film terdiri dari bahan kimia dan pelarut. Hampir semua bahan kimia yang digunakan merupakan bahan pro analisis (p.a) yang berasal dari MERCK. KCl dan KNO_3 merupakan bahan non p.a (teknis). Bahan kimia yang digunakan adalah PVA, AAm, APS, natrium klorida (NaCl), magnesium klorida ($MgCl_2$), magnesium nitrat ($Mg(NO_3)_2$), kalium klorida (KCl) dan kalium nitrat (KNO_3). Sementara bahan pelarutnya adalah aquabides dan demineral, dan cairan asam klorida (HCl) untuk membersihkan modul sebelum deposisi film.

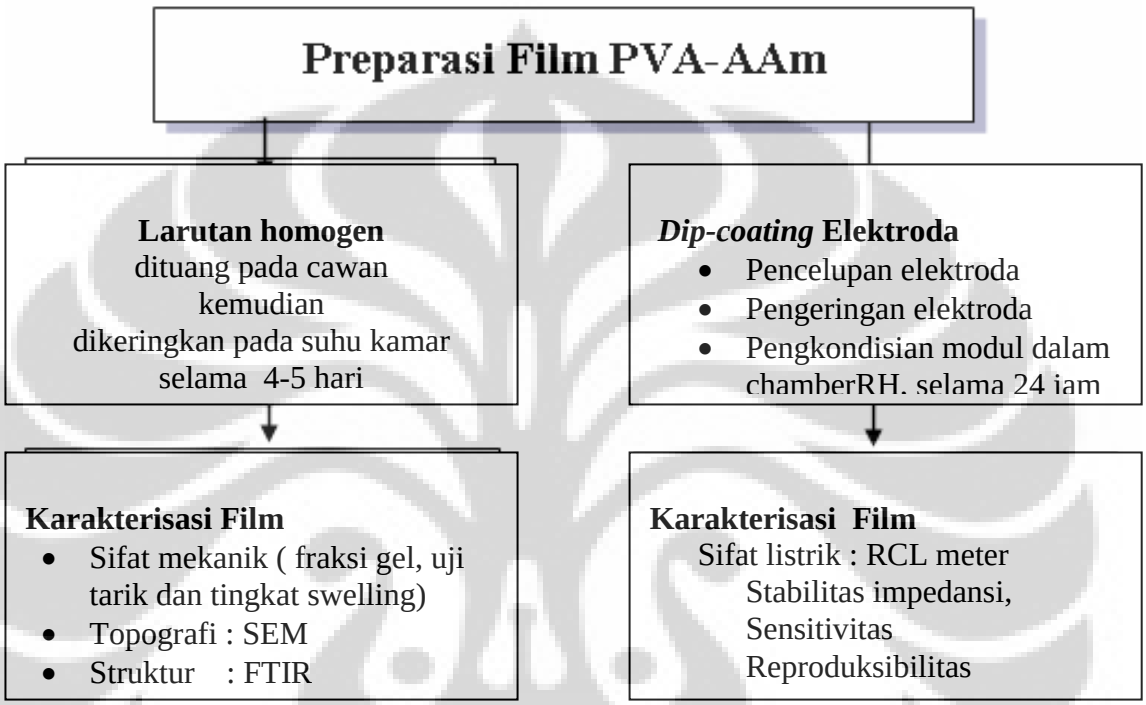
Peralatan yang digunakan dalam pembuatan film PVA-AAm untuk material sensitif kelembaban berupa gelas sloki tahan panas (sampai 100^oC) sebagai tempat membuat larutan film, batang pengaduk, thermostat (Memmert) dengan kapasitas 90^oC untuk memanaskan larutan, timbangan digital (Shimadzu Libror AeU) dengan kapasitas 200,0 g. Untuk karakterisasi film PVA-AAm digunakan wadah/chamber plastik kedap udara dan RLC meter Fluke tipe PM6306[29].

Studi film..., Maurits Jihar Simanjuntak, FMIPA UI, 2008

3.2 Diagram Alir Penelitian

3.2.1 Preparasi Film PVA-AAm

Skema alur penelitian yang dilakukan dalam pembuatan film PVA-AAm sebagai material sensitif terhadap RH ditunjukkan pada Gambar 3. 1.



Gambar 3. 1: Diagram alir penelitian

Tahapan penelitian yang dilakukan dalam pembuatan larutan PVA-AAm dimulai dengan persiapan, dilanjutkan dengan pelaksanaan preparasi larutan PVA-AAm yang dipolimerisasi dengan inisiator APS. Perbandingan massa PVA, aquabides dan APS ditetapkan sesuai dengan komposisi terbaik yang telah diteliti[6,8,9] dan massa AAm yang bervariasi. Sampel yang dipersiapkan sebanyak enam buah, sampel A sampai F dengan komposisi seperti pada tabel 3.1. Setelah preparasi larutan, dilakukan deposisi film pada modul subtrat dengan metode pencelupan dan dimasukkan kedalam chamber dengan kondisi kelembaban yang telah diatur dengan cara memasukkan garam jenuh kedalam chamber kedap udara.

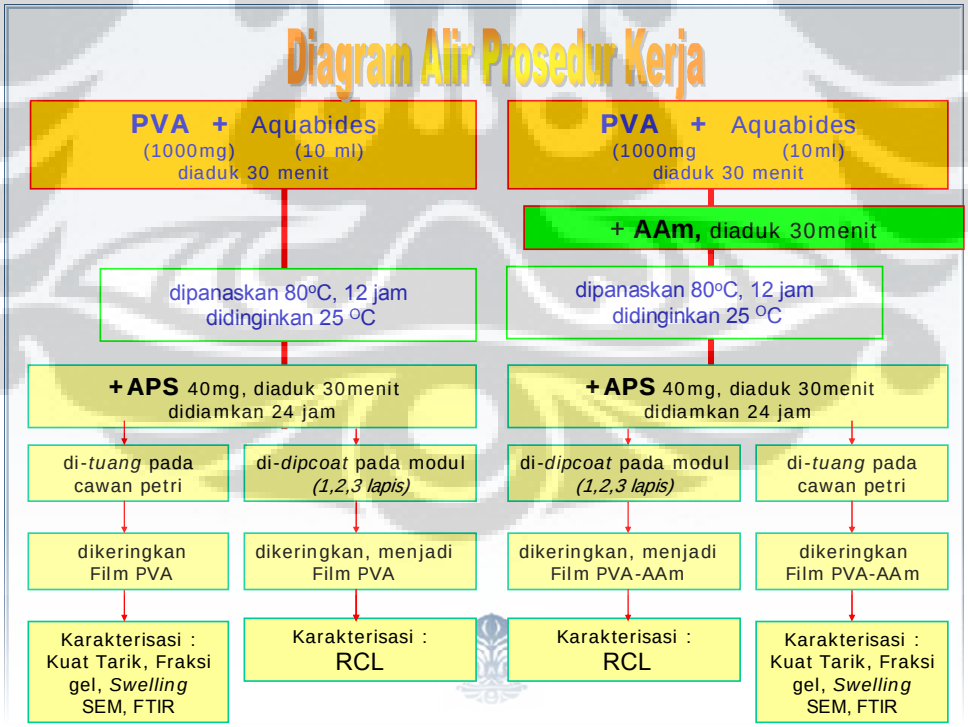
Setelah deposisi film selesai, kemudian dilakukan karakterisasi film untuk meneliti sifat mekanik, topografi, struktur dan sifat listrik film.

Studi film..., Maurits Jihar Simanjuntak, FMIPA UI, 2008

Tabel 3. 1: Komposisi film PVA–Aam

Film	PVA (mg)	AAm (mg)	Aquabides (ml)	APS (mg)
A	1000	0,0	10	40,0
B	1000	20,0	10	40,0
C	1000	60,0	10	40,0
D	1000	100,0	10	40,0
E	1000	150,0	10	40,0
F	1000	200,0	10	40,0

Tahap permulaan adalah pembuatan sampel A. Preparasi larutan PVA dilakukan dengan cara mencampur 1000 mg PVA dengan 10 ml aquabides, diaduk sampai merata selama 30 menit, kemudian ditambahkan 40,0 mg APS dan diaduk kembali selama 30 menit. Proses preparasi film disajikan pada Gambar 3. 2.

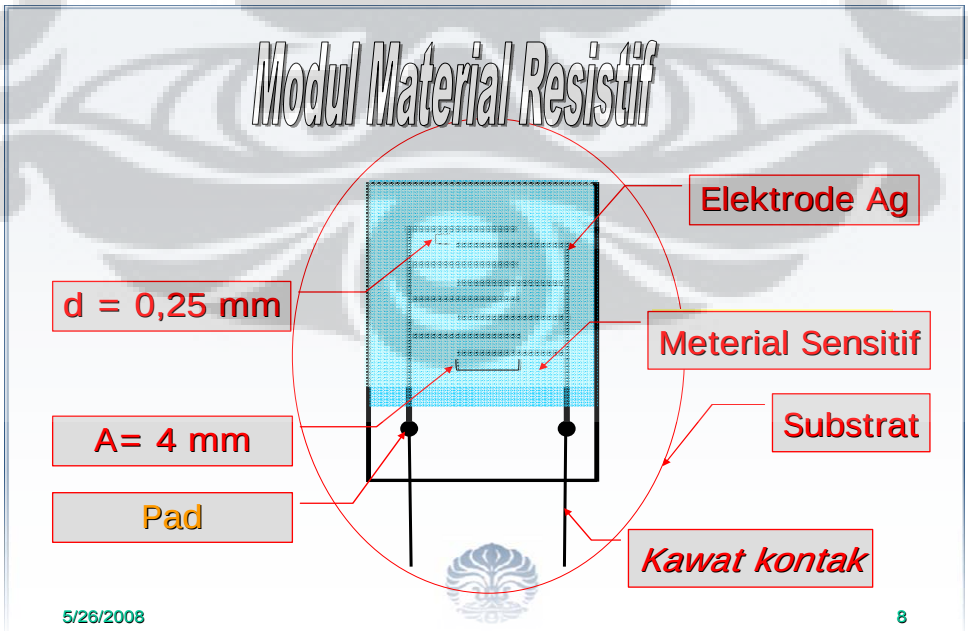


Gambar 3. 2: Diagram Alir Preparasi Film.

Tahap berikutnya dilakukan pembuatan sampel B sampai F dengan cara yang sama dengan sampel A. Selanjutnya kedalam larutan PVA-aquabides sampel A sampai sampel F ditambahkan AAm dengan massa yang bervariasi sesuai dengan daftar pada Tabel 3. 1. lalu diaduk kembali selama 30 menit agar larutan menjadi homogen. Larutan PVA-AAm didiamkan selama 24 jam pada suhu kamar untuk proses polimerisasi. Kemudian larutan PVA-AAm dipanaskan selama 12 jam pada suhu 80 ^{o}C agar terjadi pengikatan silang pada PVA maupun AAm secara kimia, selanjutnya larutan didinginkan pada suhu kamar dan didiamkan selam 24 jam. Selanjutnya modul dicelupkan pada larutan dan dikeringkan dalam desikator untuk menghindari penyerapan uap air lalu dlakukan karakterisasi.

3.2.2 **Pelapisan Film Pada Modul Berelektrode**

Pelapisan film pada modul substrat berelektrode bertujuan untuk melapiskan film pada elektrode Ag. Pelapisan dilakukan dengan metode pencelupan. Sebelum dicelupkan, elektrode Ag dibersihkan menggunakan aquabides dan HCl encer kemudian dikeringkan dengan menggunakan *hair dryer*. Elektrode Ag yang telah dibersihkan, dicelupkan ke dalam campuran hasil preparasi selama kurang lebih 3 detik lalu diangkat perlahan-lahan.



Gambar 3. 3: Modul material resistif, substrat berelektrode

Elektrode yang telah dicelupkan, dimasukkan ke dalam chamber berisi garam $Mg(NO_3)_2$ selama ± 24 jam untuk mempercepat proses pengeringan dan terjadi curing. Kemudian dilakukan pencelupan kembali untuk membuat film lapis dua dan lapis tiga dengan prosedur yang sama. Setelah kering, elektrode dimasukkan ke dalam chamber RH yang telah berisi garam selama ± 24 jam untuk pengkondisian sebelum dilakukan pengukuran dengan RLC meter.

3.2.3 **Pengaturan Kondisi Kelembaban Chamber**

Karakterisasi dilakukan pada *chamber* yang tertutup rapat sehingga tidak ada pergantian udara selama proses karakterisasi. Penutupan chamber dilakukan dengan menambahkan vaselin pada tutup chamber[8,9]. Pengambilan data dilakukan pada temperatur stabil dengan perubahan temperatur ± 0,5^oC. Kondisi lingkungan sangat mempengaruhi proses kalibrasi, oleh karena itu diusahakan tidak terjadi perubahan yang besar pada lingkungan di sekitar chamber[31].

Pengkondisian kelembaban chamber dilakukan dengan mendesain chamber kalibrator yang terisolasi yang di dalamnya diberikan larutan garam jenuh. Chamber harus terisolasi agar larutan garam jenuh tidak mengalami penguapan sehingga hasil pengukuran tidak fluktuatif. Garam-garam yang digunakan untuk kalibrasi ditunjukkan pada Tabel 3. 2. Nilai RH (%) Larutan Garam Jenuh[32]

Tabel 3. 2: RH garam jenuh

No.	Jenis Garam	25^oC
1.	Magnesium Klorida ($MgCl_2$)	32,78
2.	Magnesium Nitrat ($MgNO_3$)	52,89
3.	Natrium Klorida (NaCl)	75,29
4.	Kalium Klorida (KCl)	84,34
5.	Kalium Nitrat (KNO_3)	94,05

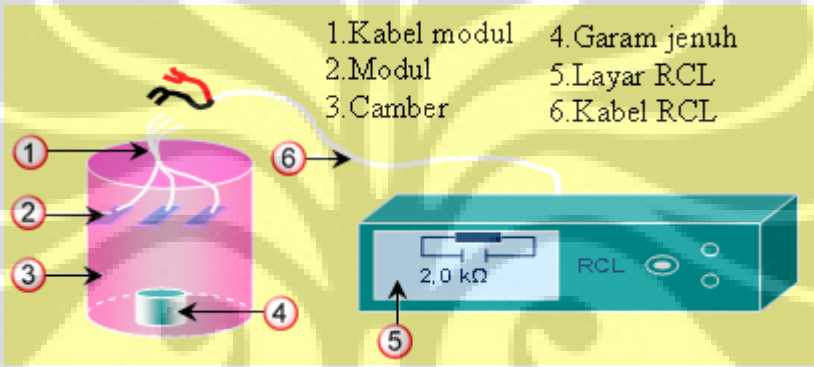
Teknik kalibrasi garam jenuh menggunakan beberapa jenis garam untuk menghasilkan kelembaban yang dikehendaki. Larutan garam dibuat jenuh kemudian

Studi film..., Maurits Jihar Simanjuntak, FMIPA UI, 2008

ditempatkan di dasar chamber. Setiap pergantian garam yang digunakan, chamber dibersihkan untuk menghindari kontaminasi oleh garam yang digunakan sebelumnya. Dengan menggunakan lima jenis garam yang berbeda akan diperoleh lima RH yang berbeda.

Pengambilan data dilakukan pada temperature 25^{o}C dengan perubahan temperatur sekitar 0,5^{o}C, sehingga tingkat kelembaban yang digunakan dalam pengambilan data adalah 32,78%, 52,89%, 75,29%, 84,34% dan 94,05%.

3.2.4 **Karakterisasi Film**



Gambar 3. 4: Karakterisasi listrik film sensitif kelembaban dengan RCL meter Fluke tipe PM630

Sifat listrik modul substrat berelektrode yang telah dibuat dikarakterisasi menggunakan RCL meter Fluke tipe PM630633 seperti yang terdapat pada gambar 3.4. Untuk mengetahui mekanisme sensing dan sifat kelistrikan film sebagai material sensitif terhadap kelembaban dilakukan karakterisasi film PVA–AAm dengan variabel massa AAm, frekuensi trigger, tebal lapisan film, stabilitas dan reproduksibilitas fabrikasi film.

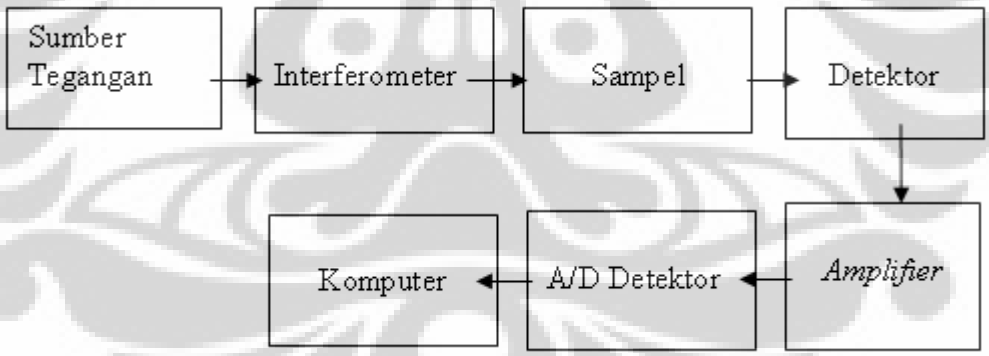
Untuk mengetahui pengaruh frekuensi terhadap nilai impedansi , resistansi (R) dan kapasitansi (C) film dilakukan dengan variasi frekuensi 1kHz, 10 kHz, 100 kHz dan 1 MHz serta tegangan triger sebesar 1 Volt. Untuk mengetahui topografi film, film PVA-AAm dikarakterisasi dengan menggunakan scanning elektron mikroscope (SEM). Film yang dikarakterisasi sebagai sampel adalah film PVA dan film PVA-AAm.

Studi film..., Maurits Jihar Simanjuntak, FMIPA UI, 2008

3.2.5 **Spektrofotometer Fourier Transform Infra Red (FTIR)**

Spektroskopi infra merah merupakan metode anlisis yang dilakukan untuk mengidentifikasi struktur sampel berdasarkan absorbsi didaerah infra merah. Identifikasi dengan Infra merah dapat digunakan untuk berbagai jenis sampel baik padat, cair ataupun gas. Spektrometer infra merah pada dasarnya terdiri dari komponen sejenis dengan UV-Vis yaitu sumber cahaya, monokromator, alat optik, sel tempat cuplikan, detektor, amplifier dan perekam spektrum (recorder).

Metode FTIR merupakan metode yang digunakan untuk memperoleh spektrum. Dengan instrumen ini hampir semua spektrum gelombang mencapai detektor secara bersamaan dan oleh fourier transform diubah menjadi spektrum infra merah yang khas. Sebagai pengganti monokromator digunakan interferometer untuk memisahkan dan menggabungkan cahaya. Jika sampel ditempatkan pada cahaya kombinasi diatas detektor, instrumen spektrofotometer akan menyesuaikan menjadi spektrum absorbsi infra merah. Gambar berikut menunjukkan rangkaian penggunaan alat identifikasi struktur film, FTIR.



Gambar 3. 5: Bagan alat FTIR

BAB
4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini dibahas hasil karakterisasi sifat mekanik, analisa topografi, identifikasi struktur dan sifat listrik film PVA, dan PVA yang dimodifikasi dengan AAm. Pengujian terhadap sifat mekanik meliputi fraksi gel, uji kekuatan tarik dan tingkat swelling. Analisa topografi dan identifikasi struktur dengan menggunakan SEM dan FTIR. Karakterisasi sifat listrik meliputi sensitivitas, stabilitas impedansi dan reproduksibilitas fabrifikasi film sebagai efek dari penambahan konsentrasi massa AAm, jumlah pelapisan film, perubahan frekuensi ukur serta pengaruh RH terhadap sensitifitas impedansi.

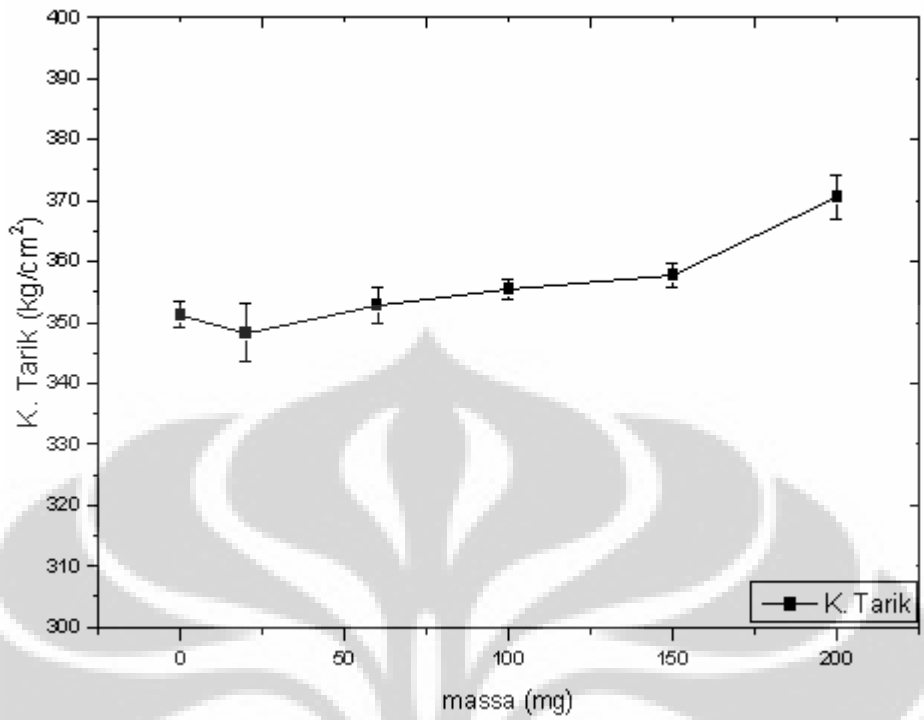
4.1. Sifat Mekanik Film

Penelitian terhadap sifat mekanik film dilakukan dengan melakukan pengujian fraksi gel, kekuatan tarik, swelling dan dengan pengamatan langsung terhadap film PVA-AAm. Pada penelitian ini ditetapkan massa PVA 1000,0 mg, massa APS 40,0 mg dan aquabides 10,0 ml.

4.1.1. Pengujian Kekuatan Tarik

Pada pengujian kekuatan tarik, film PVA memiliki nilai kekuatan tarik sebesar 351,27 kg/cm^2. Film PVA yang dimodifikasi dengan AAm 20,0 mg sampai dengan 200,0 mg memiliki kekuatan tarik yang semakin meningkat seiring dengan meningkatnya massa AAm. Nilai kekuatan tarik minimum terdapat pada konsentrasi massa AAm 20 mg sebesar 348,31 kg/cm^2. Nilai kekuatan tarik film PVA-AAm dengan konsentrasi massa AAm 60 mg adalah 352,88 kg/cm^2, 100 mg sebesar 355,50 kg/cm^2, 150 mg sebesar 357,79 kg/cm^2. Nilai kekuatan tarik maksimum terdapat pada konsentrasi massa AAm 200 mg sebesar 370,52 kg/cm^2 atau meningkat sebesar 5,5 % terhadap nilai kekuatan tarik film PVA. Peningkatan kekuatan tarik ini diduga disebabkan oleh pengikatan silang (*cross-link*) yang terjadi antar PVA dan AAm sendiri.

Studi film..., Maurits Jihar Simanjuntak, FMIPA UI, 2008

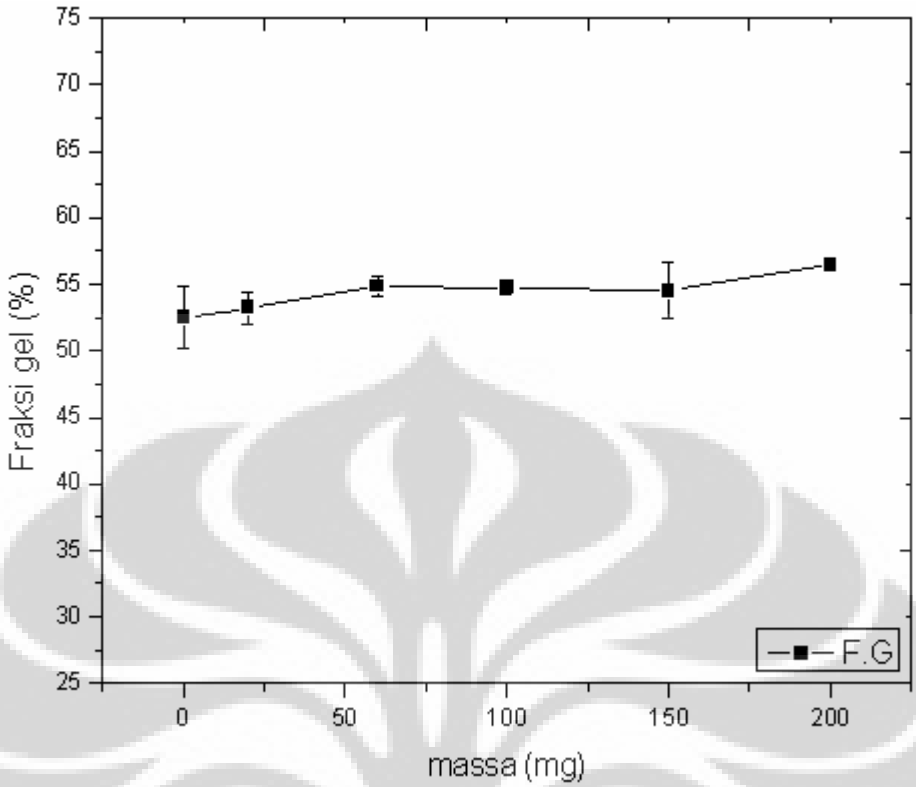


Gambar 4. 1: Pengaruh massa AAm terhadap kekuatan tarik film PVA-AAm

4.1.2 Pengukuran Fraksi Gel

Uji fraksi gel dilakukan untuk mengetahui persentase massa PVA-AAm yang menjadi gel. Film dipotong-potong dalam ukuran kecil (1cm x 2cm). Untuk mengurangi kadar air, film dipanaskan dalam oven pada suhu 70^{o} C selam 2jam, kemudian diambil dan ditimbang didapat massa kering m_o (0,2 - 0,4 gr). Selanjutnya film direndam dalam 100 ml aquabides dan dikocok selama 24 jam, disaring menggunakan kasa dan dikeringkan pada suhu kamar selama 24 jam. Film yang sudah kering ditimbang, didapat massa akhir m. Nilai fraksi gel diperoleh dengan membandingkan massa m dengan m_o dikalikan dengan 100%. Film PVA-AAm dengan komposisi massa PVA 1000,0 mg, aquabides 10 ml, APS 40,0 mg dan massa AAm mulai dari 0,0 mg, 20,0 mg, 60 mg, 100,0 mg, 150,0 mg sampai dengan 200,0 mg diukur persentase fraksi gelnya. Hasil pengukuran fraksi gel disajikan pada gambar 4.2.

Studi film..., Maurits Jihar Simanjuntak, FMIPA UI, 2008



Gambar 4. 2: Hubungan massa AAm dengan fraksi gel

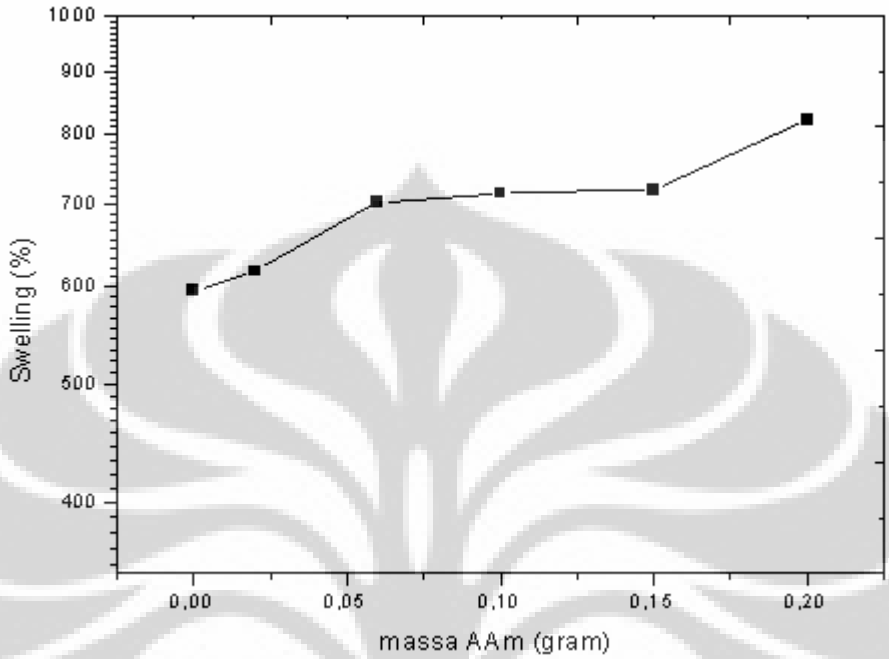
Pada Gambar 4. 2 tampak bahwa film PVA tanpa AAm memiliki persentase fraksi gel sebesar 52,55%. Film PVA yang dimodifikasi dengan AAm sebesar 20,0 mg, 60,0 mg, 100,0 mg, 150,0 mg, dan 200,0 mg memiliki nilai persentase fraksi gel berturut-turut sebesar 53,23%, 54,87%, 55,99%, 55,23%, dan 56,46%. Dengan demikian antara film PVA-AAm 200 mg dengan film PVA terjadi peningkatan fraksi gel sebesar 8,06 %. Peningkatan persentase fraksi gel sebesar 8 % tidaklah signifikan. Diduga tidak terjadi interaksi antar molekul seperti pengikatan silang maupun jaringan interpenetrasi antar molekul PVA dengan AAm, sehingga PVA dengan AAm hanya menghasilkan ikatan molekul relatif lemah.menyebabkan film PVA-AAm memiliki kekuatan tarik relatif rendah.

4.1.3 Pengujian Tingkat Swelling

Tingkat swelling dapat diperoleh dengan cara menghitung massa film yang telah direndam dalam aquabides lalu ditiriskan dikurang massa film yang telah kering sebelum direndam dibagi dengan massa film kering sebelum direndam

Studi film..., Maurits Jihar Simanjuntak, FMIPA UI, 2008

dikalikan dengan 100%. Dengan menguji tingkat swelling dapat diketahui jumlah molekul air yang diserap oleh massa suatu film. Hasil pengujian tingkat swelling dapat dilihat pada grafik gambar 4.3.



Gambar 4. 3: Pengaruh massa AAm terhadap tingkat swelling pada film PVA-AAm.

Tingkat swelling film PVA tanpa AAm besarnya 595,94%. Penambahan AAm pada film PVA sebanyak 20,0mg, 60,0mg, 100,0mg, 150,0mg, dan 200,0 mg meningkatkan swelling berturut-turut mejadi 617,88%, 704,12%, 715,30%, 760,18%, dan 821,11%. Jika dihitung tingkat swelling PVA-AAm 60,0 mg dikurang tingkat swelling PVA dibagi dengan tingkat swelling PVA lalu dikalikan 100%, maka diperoleh kenaikan sebesar 27,4 %. Peningkatan tingkat swelling diduga akibat PVA dan AAm sama-sama hidrofilik bahkan AAm memiliki sifat hidrofilik relatif lebih besar dari PVA. Hal inilah yang menyebabkan film PVA-AAm memiliki kemampuan lebih besar dalam menangkap molekul air sekaligus menaikkan tingkat swelling. Kenaikan tingkat swelling relatif kecil hal ini diduga disebabkan oleh penambahan konsentrasi massa AAm relatif kecil (penambahan massa AAm maksimum 20%) dibandingkan dengan massa PVA.

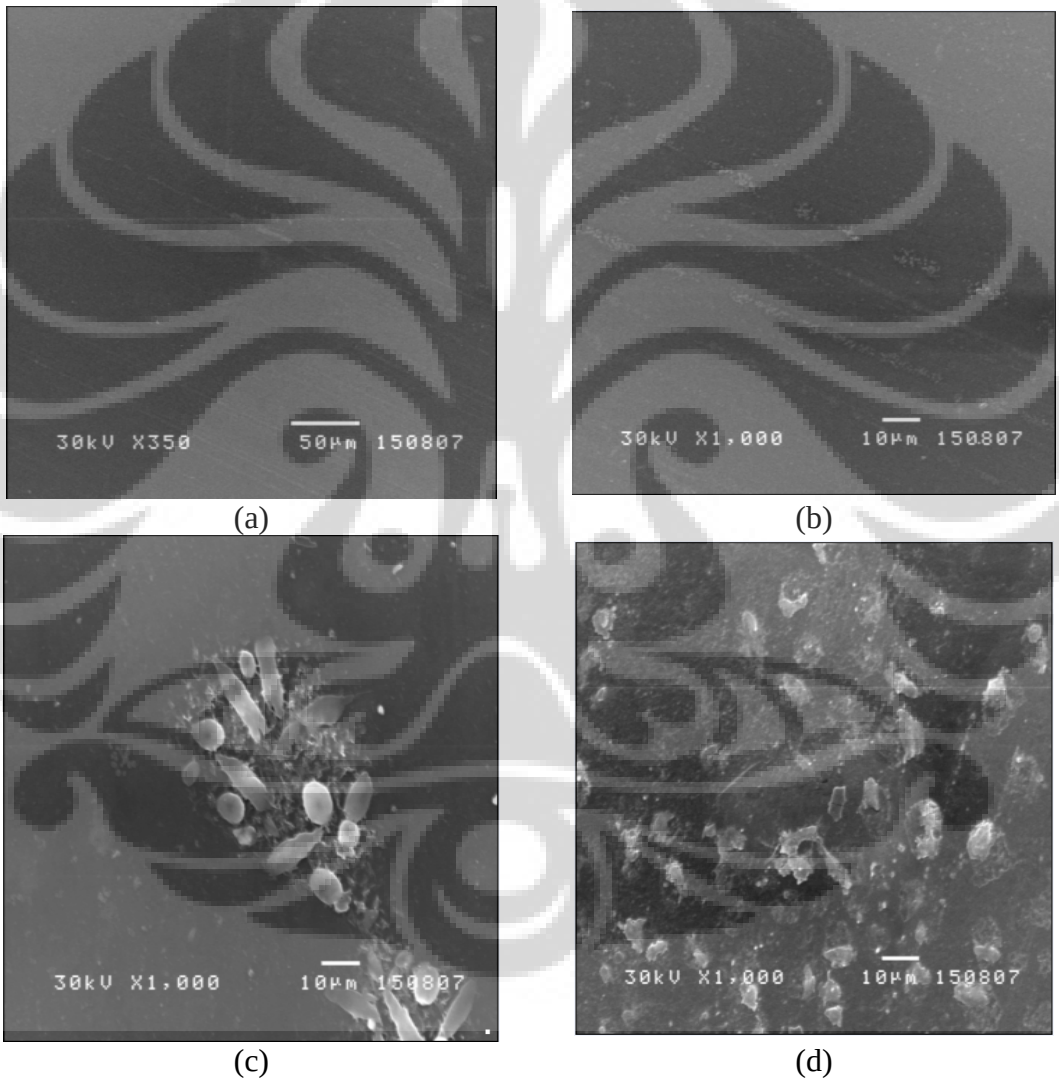
Dilihat dari struktur molekulnya, AAm memiliki gugus $CONH_2$ sehingga AAm lebih suka menyerap uap air dibanding PVA yang hanya mempunyai gugus OH. Pada gugus $CONH_2$, atom N (sangat elektronegatif) dapat berikatan hidrogen dengan atom H dari H_2O (air).

Studi film..., Maurits Jihar Simanjuntak, FMIPA UI, 2008

Melalui hasil penelitian sifat mekanik, yaitu pengujian kekuatan tarik, fraksi gel, dan tingkat swelling, dapat disimpulkan bahwa modifikasi AAm pada film PVA memberikan kontribusi positif relatif kecil terhadap film PVA..

4.2 Topografi film PVA-AAm

Penentuan topografi film digunakan SEM pada film PVA dan film PVA-AAm. Hasil foto SEM dari film PVA dan PVA-AAm dengan perbesaran tampilan 350 hingga 1000 kali ditunjukkan pada gambar 4.4



(a) (b)

(c) (d)

Gambar 4. 4: Foto SEM dari film PVA-AAm (a) film PVA dengan perbesaran 350x, (b) film PVAdengan perbesaran 1000x, (c) film PVA-AAm 20,0 mg dengan perbesaran 1000x dan (d) film PVA-AAm 200,0 mg dengan perbesaran 1000x

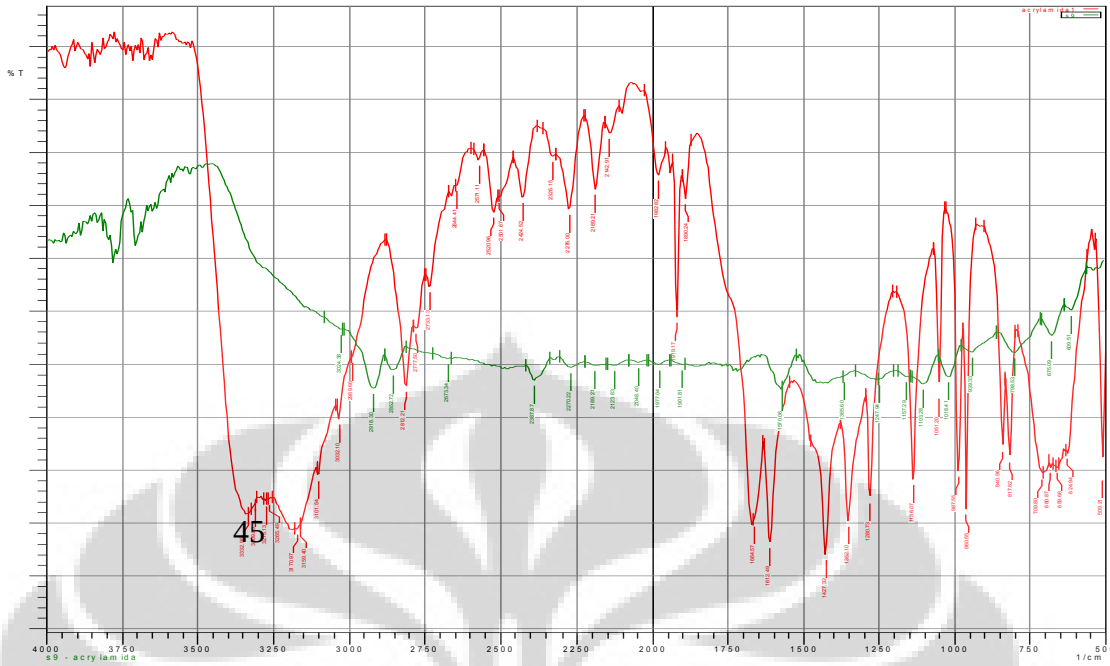
Pada gambar 4.4a dan 4.4b tampak permukaan film PVA menyerupai pelat hitam. Pada gambar 4.4c, film PVA dimodifikasi dengan AAm konsentrasi massa 20,0 mg, tampak AAm menyerupai tetes-tetes lilin membentuk gugusan ditengah permukaan pelat PVA-AAm. Hal ini karena massa AAm yang digunakan hanya 20,0 mg. Sedangkan pada Gambar 4.4d, menampilkan film PVA yang dimodifikasi dengan AAm konsentrasi massa 200,0 mg, tampak AAm tersebar lebih merata. Dapat disimpulkan bahwa AAm tidak larut dalam PVA akan tetapi AAm tersebar pada permukaan PVA.

4.3 Sruktur Film PVA–AAm

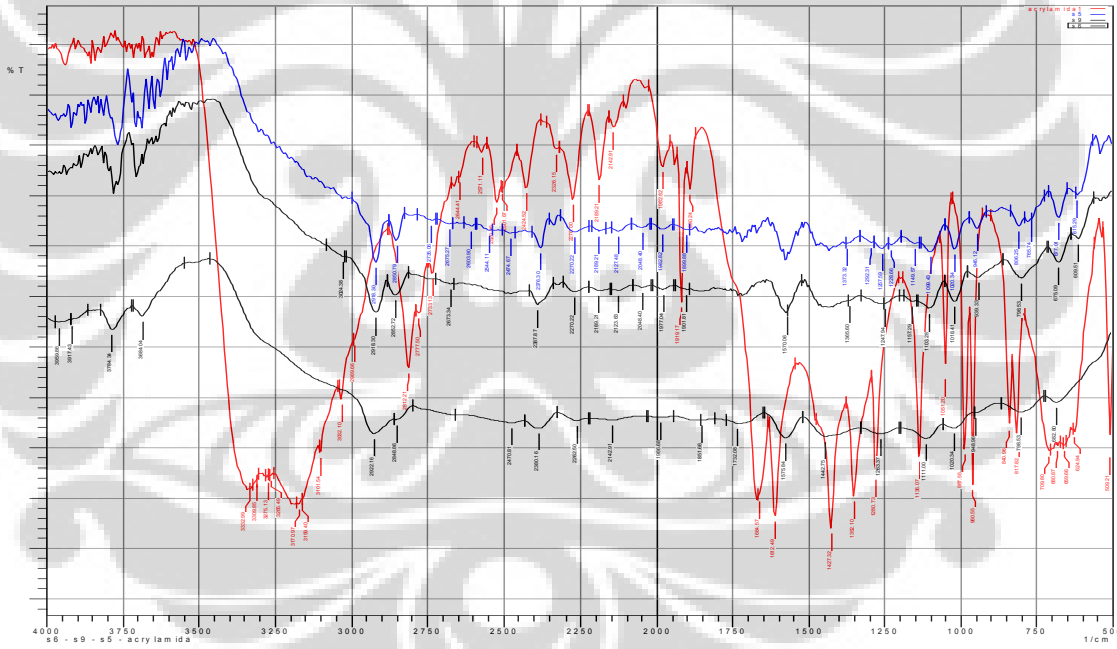
Spektroskopi Infra merah merupakan metode analisis yang digunakan untuk mengidentifikasi struktur sampel berdasarkan absobrsi daerah Infra merah. Molekul sampel mengabsorbsi sinar infra merah dan energi yang diserap dirubah dalam bentuk vibrasi pada berbagai frekuensi daerah energi yang sesuai dengan gugus fungsi molekul sampel, stretching vibrasi atau bending vibrasi terlihat sebagai puncak puncak spektrum yang spesifik. Pada gambar 4.5 disajikan spektrum dari film PVA dan film PVA-AAm. Berdasarkan literatur, gugus fungsi PVA dan AAm meliputi gugus fungsi O – H, C – H berada pada daerah rentangan energi 2700 m^{-1} – 3800 cm^{-1} sedangkan C – O, C – C pada 800 cm^{-1} – 1300 cm^{-1} dan N – C = O pada daerah 570 cm^{-1} – 630 cm^{-1}.

Berdasarkan hasil identifikasi struktur dari empat sampel yang diteliti memperlihatkan tren yang sama (overlap). Penambahan massa AAm pada film PVA tidak merubah spektrum dari sampel yang diteliti sehingga dapat diduga antara PVA dan AAm hanya terjadi pencangkokan pada permukaan subtrat (*surface grafting*). Dengan demikian film PVA tidak mengalami perubahan sifat kimia yang berarti karena tidak adanya perubahan struktur film PVA. Hal ini sesuai dengan hasil pengujian pada sifat mekanik film.

Studi film..., Maurits Jihar Simanjuntak, FMIPA UI, 2008



Gambar 4. 5: Hasil FTIR Film PVA (hijau) dan Film AAm (merah)



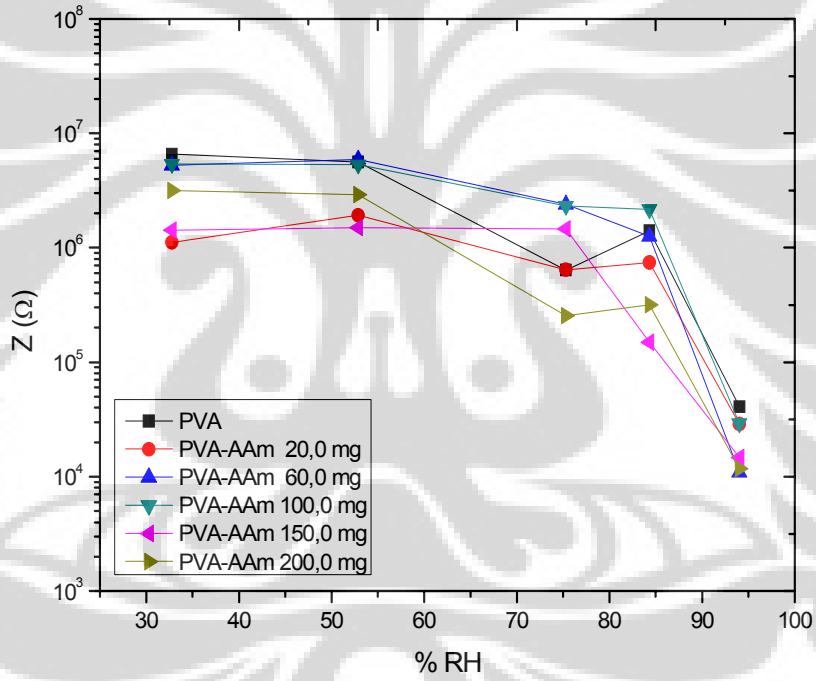
Gambar 4. 6: Hasil FTIR Film AAm (merah), PVA (hitam), PVA-AAm 20,0 mg (biru) PVA-AAm 200,0 mg (hitam tipis)

Tampak pada gambar 4.5 dan 4.6, perbedaan rentang spektrum dari sampel film PVA dan film PVA-AAm 20,0 mg dan PVA-AAm 200,0 mg relatif kecil sebanding dengan konsentrasi massa AAm terhadap massa PVA. Berdasarkan analisa spektrum FTIR dapat diduga bahwa penambahan konsentrasi massa AAm relatif tidak merubah struktur film PVA. Film PVA-AAm adalah merupakan campuran polimer dengan polimer *(co-polimer).*

4.4 Sifat Listrik

4.4.1 Pengaruh RH terhadap Impedansi

Pada eksperimen ini diteliti film PVA-AAm dengan konsentrasi PVA sebesar 1000 mg, APS 40 mg serta aquabides 10 ml.. AAm ditambahkan pada PVA divariasi dengan konsentrasi massa 20 mg, 60 mg, 100 mg, 150 mg dan 200 mg. Hasil eksperimen tentang pengaruh konsentrasi massa AAm terhadap impedansi film PVA-AAm disajikan pada Gambar 4.8.



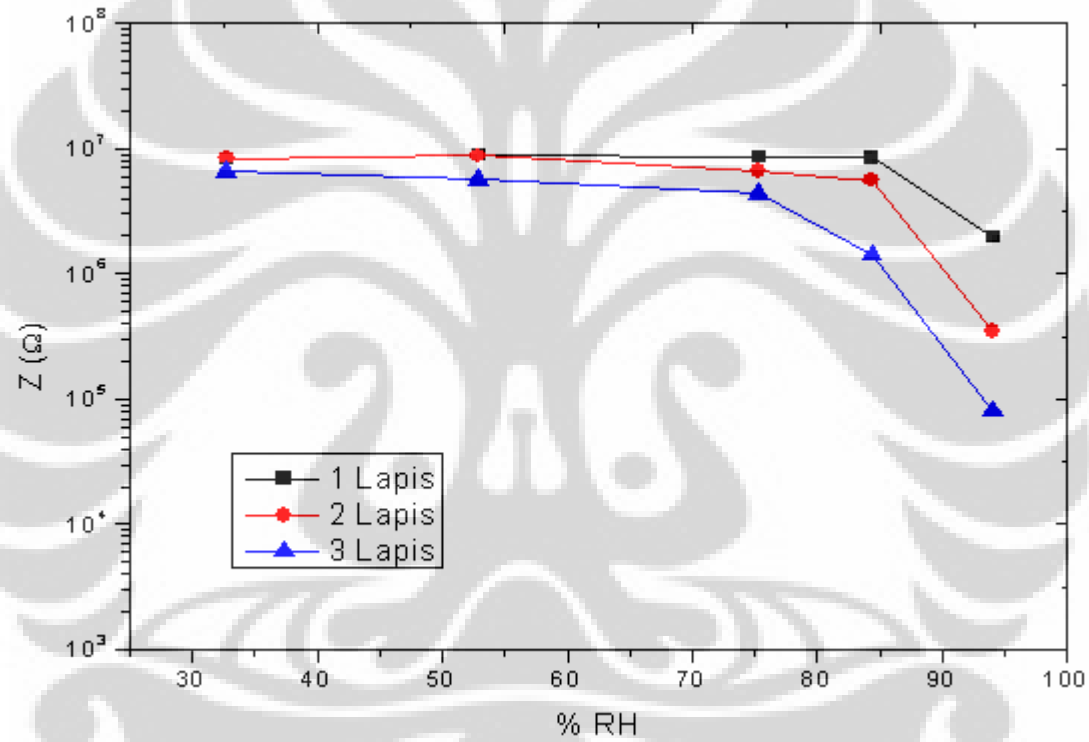
Gambar 4. 7: Pengaruh RH terhadap impedansi film PVA-AAm untuk berbagai massa pada frekuensi 1 kHz

Pada gambar 4.8 terlihat pada RH rendah (32,78%) penambahan AAm tidak berpengaruh pada nilai impedansi film PVA-AAm. Pada RH diatas 55 % impedansi semakin turun. Film dengan konsentrasi massa AAm 20,0 mg dan 60,0 mg yang memperlihatkan linieritas yang cukup baik sedangkan pada RH tinggi (94,03%) impedansi film PVA-AAm mengalami penurunan hampir dua orde terutama untuk konsenterasi massa AAm 20 mg dan 60,0 mg. Berdasarkan fakta yang diperoleh

maka film yang akan diteliti terhadap produksibilitas dan stabilitasnya adalah film dengan konsentrasi massa AAm 20,0 mg dan 60,0 mg.

4.4.2 Pengaruh Pelapisan Terhadap Impedansi

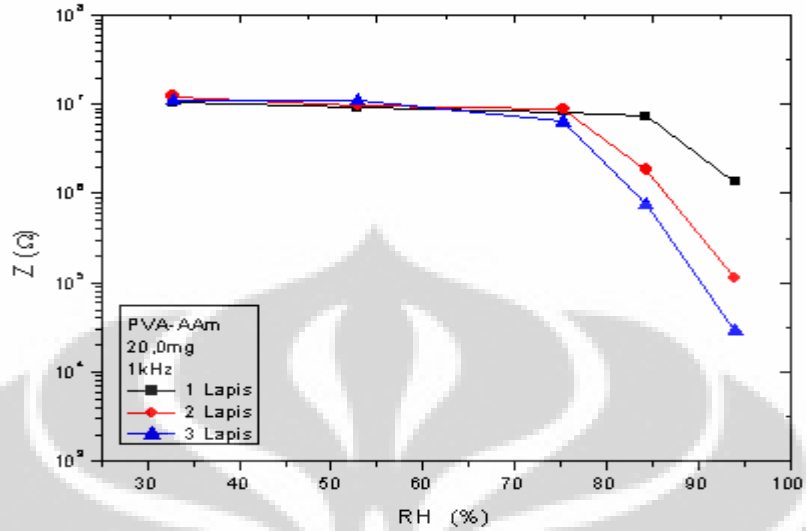
Hasil karakterisasi film untuk mengetahui pengaruh tebal lapisan dan pengaruh frekuensi trigger terhadap impedansi film PVA. Lapisan film PVA-AAm yang digunakan ada tiga macam yaitu film satu lapis, dua lapis, dan tiga lapis. Pengukuran di mulai dari RH 33% hingga RH 94%, disajikan pada gambar 4.9.



Gambar 4. 8: Pengaruh tebal lapisan film terhadap impedansi film PVA (10^3 mg) pada frekuensi 1 kHz

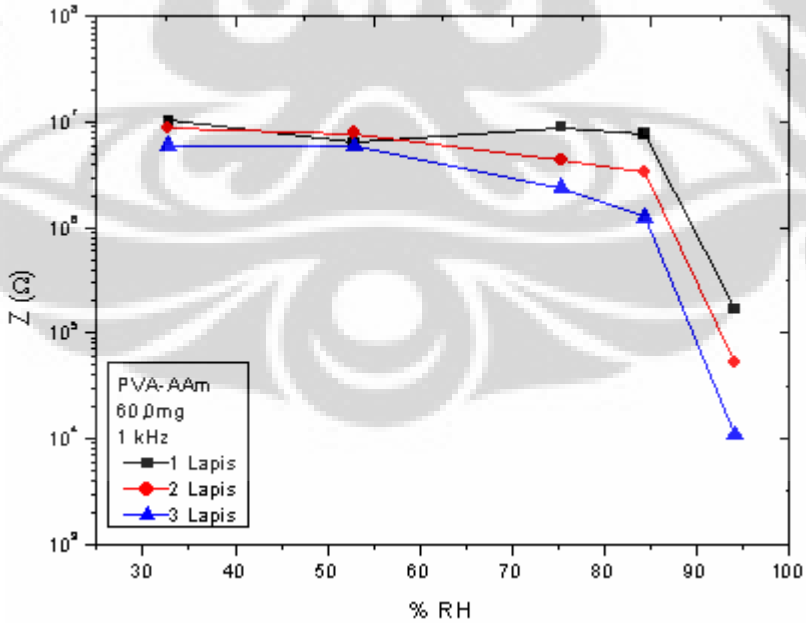
Tampak pada Gambar 4.9, pada RH 33% sampai 75%, impedansi ketiga film PVA berada pada orde 6. Antara RH 75% sampai dengan RH 84%, impedansi film tiga lapis turun setengah orde. Pada kelembaban lebih dari 84% impedansi turun setengah orde untuk film satu lapis dan satu orde untuk film dua lapis. Dibandingkan dengan film satu lapis dan dua lapis, film tiga lapis lebih sensitif karena penurunan impedansi mencapai satu setengah orde. Hal ini diduga disebabkan

oleh film yang lebih tebal mempunyai massa PVA lebih besar sehingga memiliki kapasitas menyerap uap air lebih banyak dan dapat menurunkan impedansi film.



Gambar 4. 9: Pengaruh tebal lapisan film terhadap impedansi film PVA-AAm (PVA 10^3 mg, AAm 20,0 mg) pada frekuensi 1 kHz

Tampak pada Gambar 4.10, pada RH 33% sampai 75%, impedansi ketiga film PVA-AAm berada pada orde 6. Mulai 75% hingga 94%, impedansi film satu lapis turun 1 orde, film dua lapis 2 orde, dan film tiga lapis 3 orde. Hal ini membuktikan bahwa penambahan AAm meningkatkan sensitivitas film PVA-AAm.



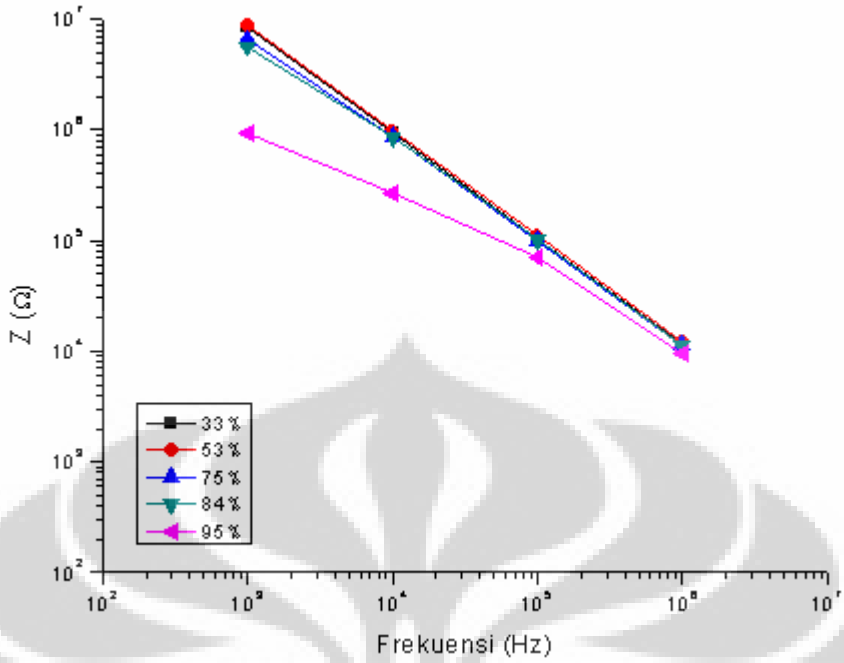
Gambar 4. 10: Pengaruh tebal lapisan film terhadap impedansi film PVA-AAm (PVA 10^3 mg, AAm 60,0 mg) pada frekuensi 1 kHz

Pada gambar 4.11 terlihat bahwa ketiga film mengalami penurunan impedansi sejak RH 33% hingga RH 94%. Impedansi film satu lapis turun 1,5 orde, film dua lapis 2 orde, dan film tiga lapis 3 orde. Impedansi film PVA-AAm 2 lapis memiliki nilai yang lebih rendah dari impedansi film PVA-AAm 1 lapis. Hal ini dikarenakan film dengan dua kali pencelupan (2 lapis) menghasilkan film yang lebih homogen dibandingkan dengan satu kali pencelupan (1 lapis) dan dikarenakan kandungan PVA yang lebih banyak bila dibandingkan dengan film 1 lapis. Film 3 lapis lebih tebal sehingga sangat sensitif terhadap perubahan RH. Dapat disimpulkan bahwa film PVA-AAm dengan konsentrasi AAm 20,0 mg dan 60,0 mg memiliki hasil yang bagus pada film dengan tiga kali pencelupan (3 lapis). Pada film PVA-AAm dengan konsentrasi AAm 60,0 mg, semakin tebal lapisan film, impedansi film semakin turun. Hal ini diduga karena massa AAm yang lebih besar sehingga film tersebut lebih banyak mengikat uap air. Pada film PVA-AAm 1 lapis dan 2 lapis diperoleh perbedaan nilai impedansi yang cukup besar. Demikian juga film 3 lapis memiliki impedansi yang lebih rendah dibandingkan dengan impedansi film PVA-AAm 1 lapis dan 2 lapis.

4.4.3 Pengaruh Frekuensi Terhadap Impedansi Film

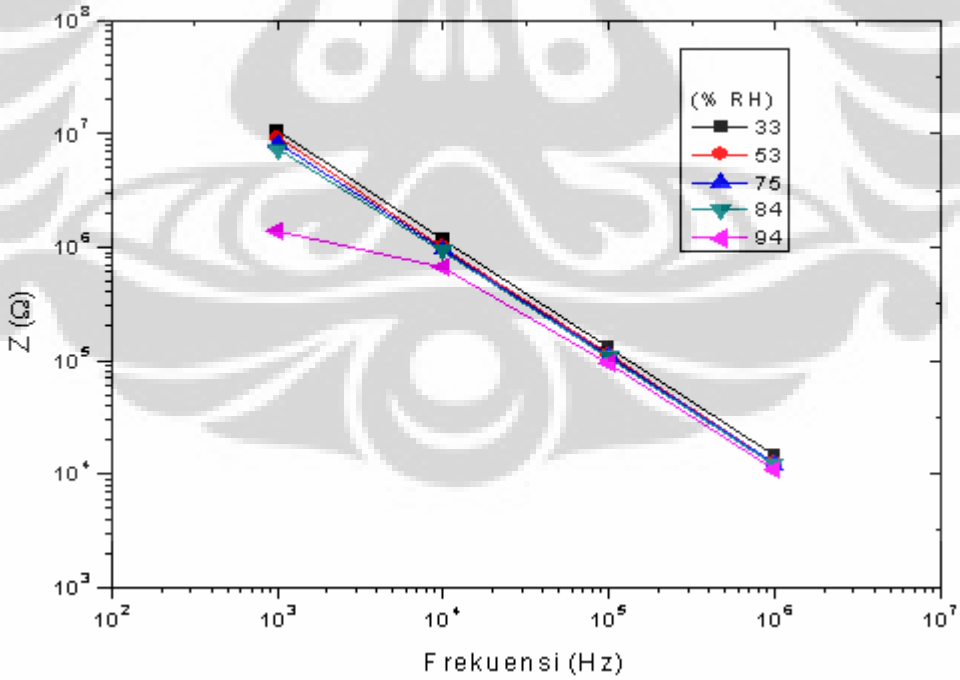
Pada gambar 4.12 tampak penurunan impedansi film PVA yang signifikan mulai dari frekuensi 1 kHz hingga 1000 kHz, yaitu sebesar tiga orde terjadi pada RH 33%, 53%, 75%, dan 84% sedangkan pada RH 94%, impedansi turun dua orde. Pada frekuensi 1 kHz, 10 kHz, dan 100 kHz RH 94%, penurunan impedansi tidak setajam penurunan impedansi pada RH lain. Hal ini berarti pada frekuensi frekuensi 1 kHz, 10 kHz, dan 100 kHz RH 94%, film PVA kurang sensitif terhadap kelembaban.

Studi film..., Maurits Jihar Simanjuntak, FMIPA UI, 2008



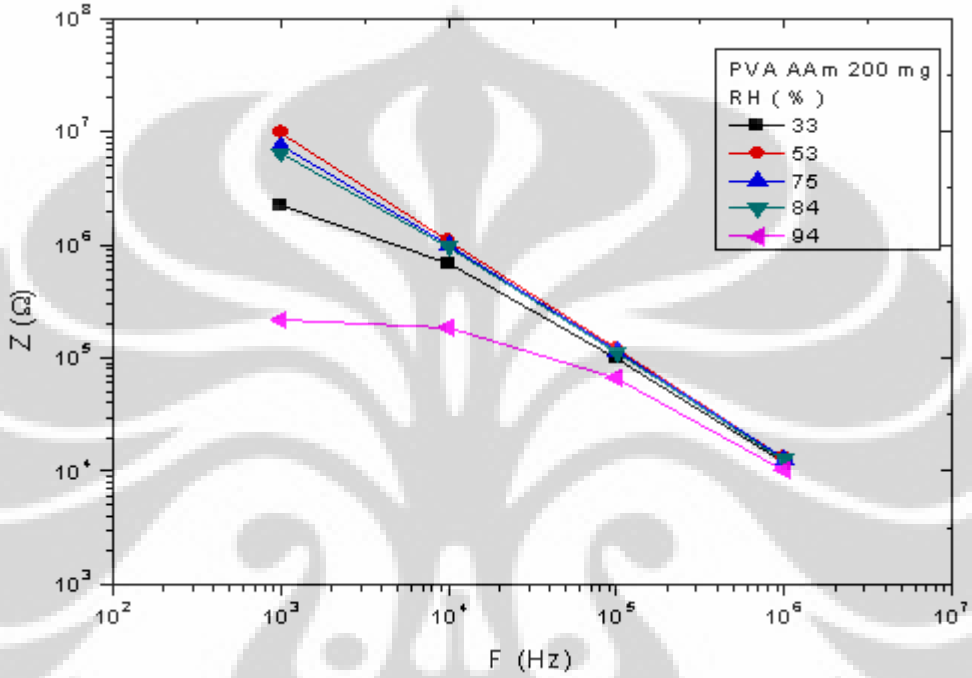
Gambar 4. 11: Hubungan frekuensi terhadap impedansi film PVA pada berbagai RH

Hasil pengukuran impedansi film PVA-AAm dengan massa AAm 20,0 mg terhadap perubahan RH pada rentang frekuensi antara 1 kHz sampai 1000 kHz, disajikan pada gambar 4.12.



Gambar 4. 12: Hubungan frekuensi dan impedansi film PVA-AAm untuk berbagai RH. PVA 1000 mg, AAm 20,0 mg dalam 10 ml aquabides.

Pada RH 33 % sampai dengan 84 %, film PVA-AAm sensitif pada semua frekuensi karena impedansi turun tiga orde. Antara frekuensi 1 kHz sampai 10 kHz Pada RH 94%, impedansi mengalami penurunan relatif lebih kecil mencapai sekitar dua orde. Pengaruh frekuensi terhadap nilai impedansi dengan RH yang berbeda untuk film PVA-AAm 60,0 mg disajikan pada gambar 4.14.



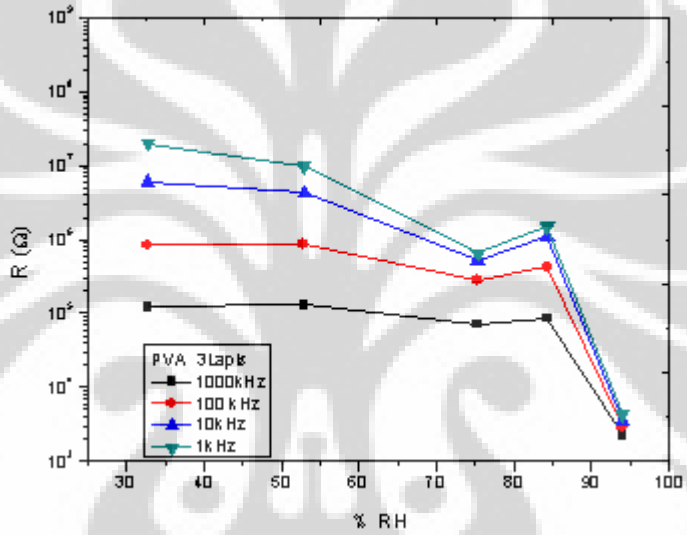
Gambar 4. 13: Pengaruh frekuensi terhadap impedansi film PVA-AAm untuk berbagai RH. PVA 1000,0 mg, AAm 60 mg dan aquabides 10 ml.

Pada gambar 4.14 terlihat pada RH 33% sampai dengan 84%, impedansi mengalami penurunan sebesar tiga orde dan ketika diukur pada RH 94%, impedansi mengalami penurunan sebesar satu orde seiring dengan pertambahan frekuensi ukur. Identik dengan film PVA-AAm 20 mg, pada film PVA-AAm 60,0 mg bahwa pada RH rendah, sensifitas film dipengaruhi oleh frekuensi ukur sedangkan pada RH tinggi pengaruh frekuensi terhadap sensitifitas film tidak terlihat. Dengan demikian pada frekuensi 1 kHz, 10 kHz, dan 100 kHz, film PVA-AAm 60,0 mg tidak sensitif pada RH 94,0%. Berdasarkan uraian di atas dapat disimpulkan bahwa pada RH 94%, impedansi film PVA-AAm hanya turun sangat sedikit pada frekuensi ukur 1 kHz dan 10 kHz, artinya film tersebut kurang sensitif pada kondisi itu. Adapun pada RH 33%, 53%, 75%, dan 84% impedansi film PVA-

AAm turun drastis pada semua frekuensi. Hal ini berarti film tersebut sangat sensitif pada kondisi tersebut.

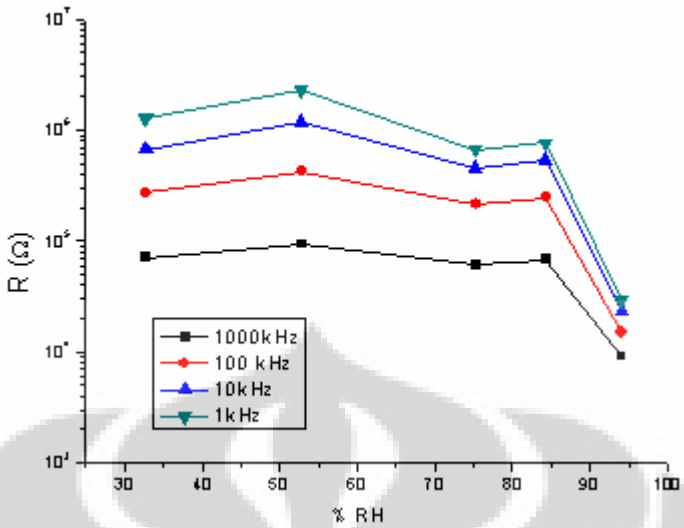
4.4.4 Pengaruh RH Terhadap Resistansi

Resistansi suatu film dapat mempengaruhi sensitivitas film tersebut. Pada gambar 4.15 dapat dilihat bahwa semakin besar RH, maka resistansi film PVA semakin kecil sehingga film PVA semakin sensitif.



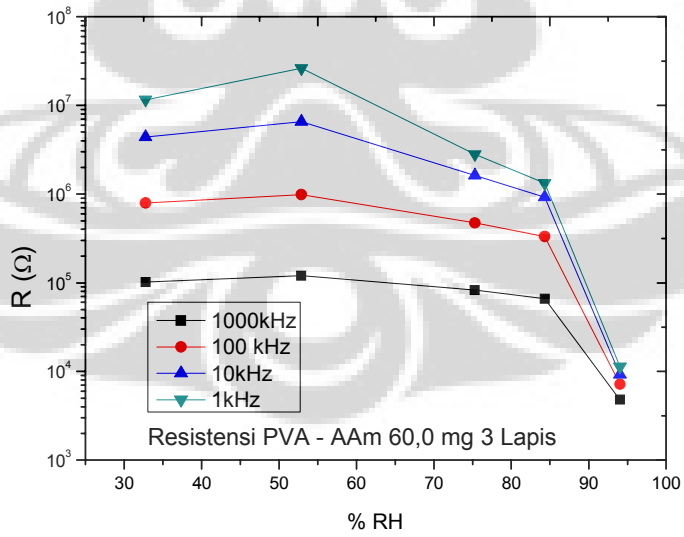
Gambar 4. 14: Hubungan RH dengan resistansi film PVA

Selisih resistansi pada RH 33% dengan RH 94% frekuensi 1000 kHz paling sedikit (2 0rde) dibandingkan dengan penurunan resistansi pada ketiga frekuensi lainnya. Adapun selisih resistansi pada RH 33% dengan RH 94% frekuensi 1 kHz, paling besar (4 orde) sehingga film PVA dengan frekuensi 1 kHz adalah yang paling sensitif terhadap kelembaban.



Gambar 4. 15: Hubungan RH dengan resistansi film PVA-AAm (AAm 20,0 mg), dengan pelapisan 3 kali

Sesuai dengan gambar 4.16, film PVA-AAm 20,0 mg memiliki resistansi yang semakin turun seiring dengan meningkatnya RH pada semua frekuensi. Grafik dengan frekuensi 1 kHz turun 2 orde sedangkan grafik dengan frekuensi 1000 kHz turun 1 orde. Dapat dikatakan bahwa film pada frekuensi 1 kHz adalah yang paling sensitif.



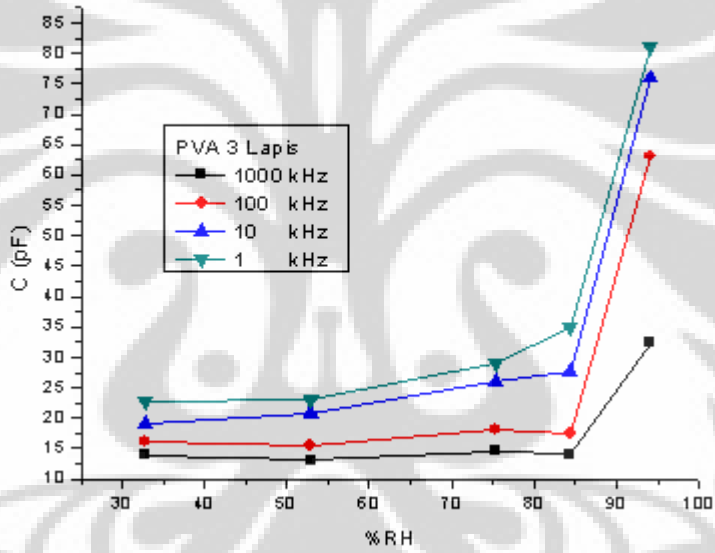
Gambar 4. 16: Hubungan RH dengan resistansi film PVA-AAm (AAm 60,0 mg)

Pada gambar 4.17, film PVA-AAm 60,0 mg memiliki resistansi yang semakin turun seiring dengan meningkatnya RH pada semua frekuensi. Grafik

dengan frekuensi 1 kHz turun 3 orde sedangkan grafik dengan frekuensi 1000 kHz turun 1 orde. Dapat dikatakan bahwa film pada frekuensi 1 kHz adalah yang paling sensitif.

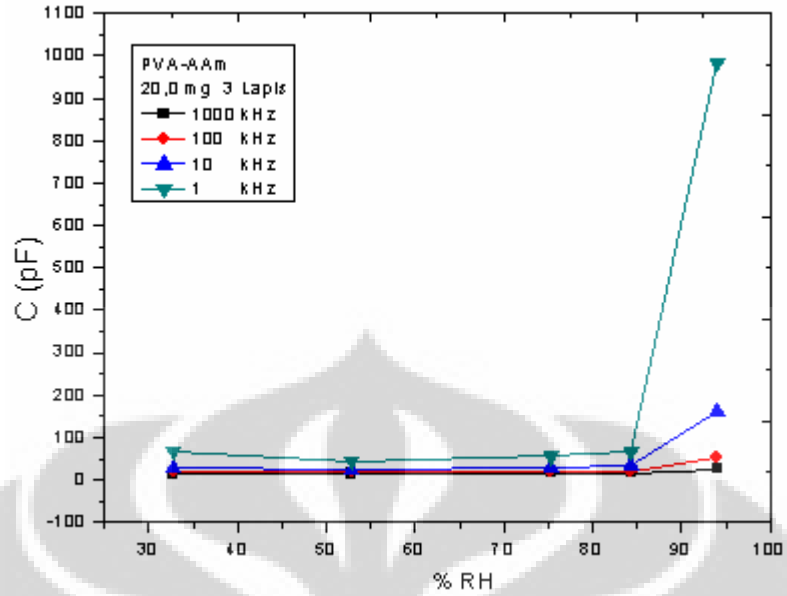
4.4.5 Pengaruh Frekuensi Terhadap Kapasitansi Film

Melalui pengukuran kapasitansi film PVA terhadap berbagai RH pada berbagai frekuensi, diperoleh data bahwa semakin besar RH, maka kapasitansi semakin besar. Hal ini berarti bahwa semakin banyak uap air yang terjerap pada permukaan film PVA. Akibatnya konstanta dielektrik semakin besar.



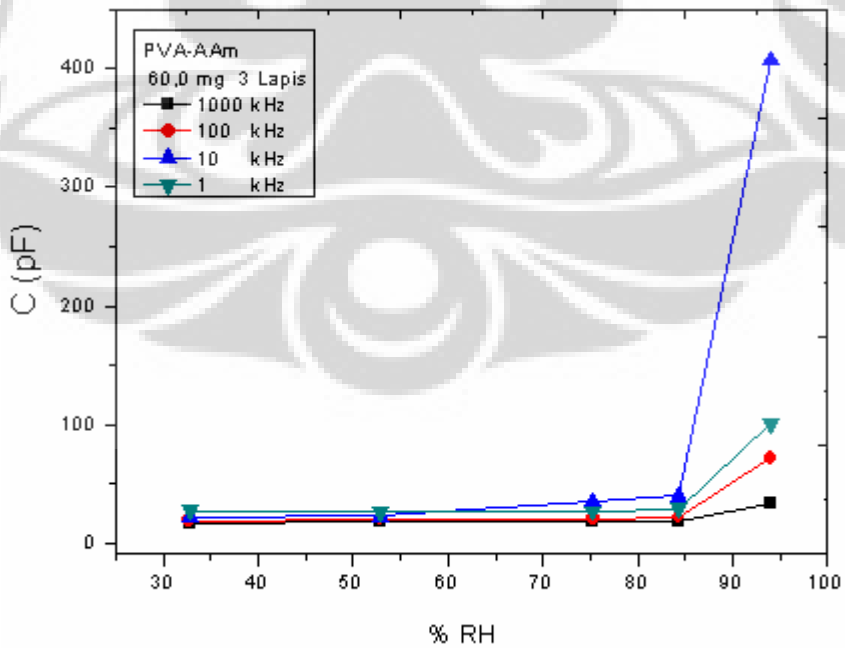
Gambar 4. 17: Hubungan RH dengan kapasitansi film PVA pada berbagai frekuensi ukur

Terlihat pada gambar 4.18 bahwa semakin rendah frekuensi, maka kapasitansi juga semakin besar. Frekuensi 1000 kHz memiliki kapasitansi yang paling rendah. Frekuensi 100 kHz memiliki kapasitansi lebih tinggi dibandingkan dengan kapasitansi 10 kHz. Adapun frekuensi 1 kHz memiliki kapasitansi paling tinggi. Hal ini mungkin karena pada frekuensi rendah, kapasitansi dapat diukur dengan baik oleh alat RLC.



Gambar 4. 18: Hubungan RH dengan kapasitansi film PVA-AAm (AAm 20,0 mg) pada berbagai frekuensi ukur

Pada gambar 4.19 terlihat bahwa kapasitansi setiap grafik pada RH 33% sampai dengan 84% relatif datar atau tidak terjadi kenaikan kapasitansi yang signifikan. Namun setelah melewati RH 84% sampai dengan 94% terjadi kenaikan kapasitansi yang cukup signifikan, terutama pada frekuensi 1 kHz. Semakin besar perubahan kapasitansi suatu film, maka film tersebut semakin sensitif terhadap kelembaban.

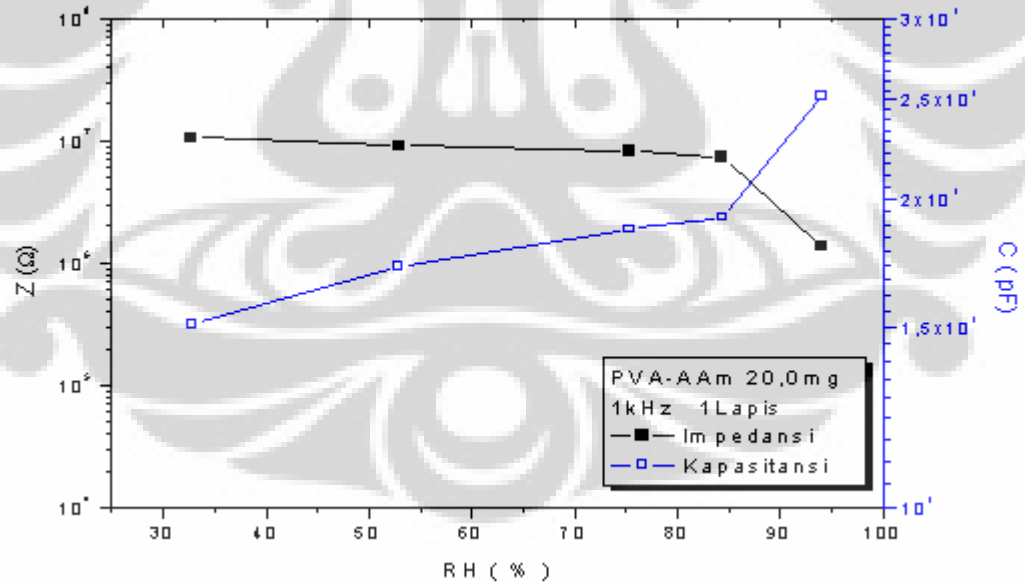


Gambar 4. 19: Hubungan RH dengan kapasitansi film PVA-AAm (AAm 60,0 mg) pada berbagai frekuensi ukur

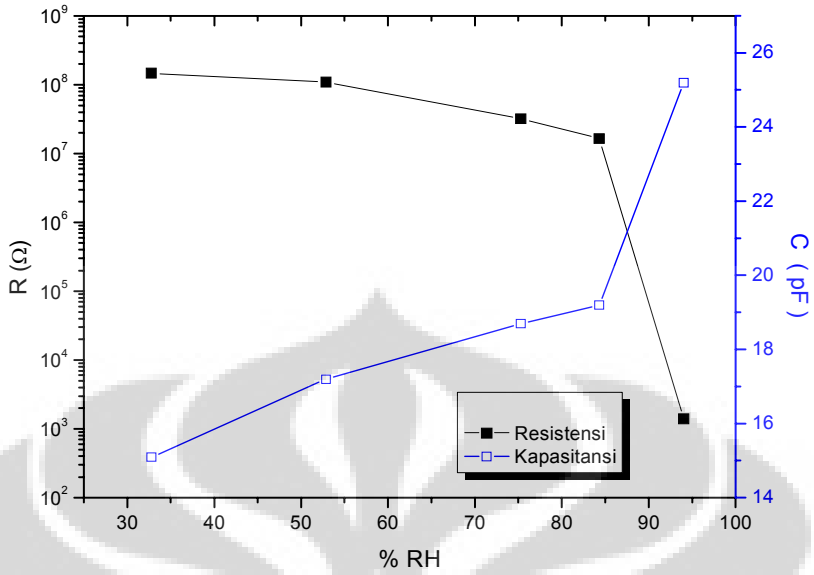
Pada gambar 4.20 terlihat bahwa pada RH 94%, grafik frekuensi 1000 kHz memiliki kapasitansi paling rendah yaitu sebesar 33 pF, frekuensi 100 kHz sebesar 72 pF, frekuensi 10 kHz sebesar 407 pF, dan frekuensi 1 kHz sebesar 100 pF. Jadi film PVA-AAm dengan massa AAm sebesar 60,0 mg memiliki kapasitansi paling tinggi pada frekuensi 10 kHz.

4.5 Model Rangkaian Ekivalen Impedansi Film

Impedansi (Z) selain dipengaruhi oleh resistansi juga dipengaruhi oleh kapasitansi (C). Frekuensi dapat mempengaruhi reaktansi kapasitif. Pada tingkat kelembaban yang sama, peningkatan frekuensi dan kapasitansi mengakibatkan penurunan nilai reaktansi kapasitif film sehingga meningkatkan nilai impedansi film. Kenaikan tingkat kelembaban akan menyebabkan banyaknya molekul air yang dijerap sehingga konstanta dielektrik film akan meningkat seperti yang disajikan pada Gambar 4. 20 dan Gambar 4. 21.



Gambar 4. 20: Pengaruh RH terhadap resistansi dan kapasitansi film PVA-AAm 3 lapis untuk massa AAm 20,0 mg pada frekuensi triger 1 kHz, PVA 1000,0 mg, APS 40,0 mg dan aquaaquabides 10 ml.



Gambar 4. 21: Pengaruh RH terhadap resistansi R dan kapasitansi C film PVA-AAm 1 lapis untuk massa AAm 60 mg pada frekuensi triger 1 kHz. PVA 1000 mg, aquaquabides 10 ml.

Nilai impedansi merupakan penjumlahan dari komponen resistansi dan reaktansi kapasitif. Gambar 4. 20 dan Gambar 4. 21 memperlihatkan hasil pengukuran resistansi dan kapasitansi film PVA-AAm yang diukur dengan tegangan ac pada frekuensi ukur 1 kHz. Dari pengukuran dengan RLC meter diperoleh nilai resistansi film PVA-AAm mengalami penurunan terhadap kenaikan kelembaban relatif dan kapasitansi film cenderung meningkat terhadap kenaikan kelembaban relatif. Berdasarkan grafik tersebut, diperoleh model rangkaian ekivalen listrik dari film PVA-AAm yang terdiri dari komponen R dan C yang tersusun paralel.

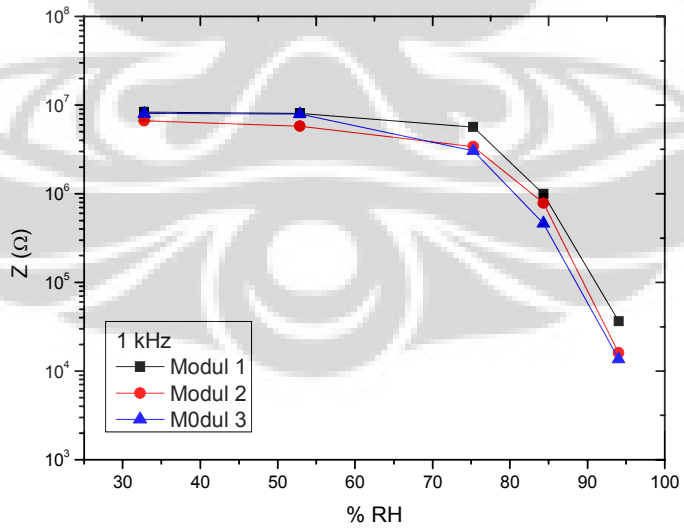
Pada gambar diatas terlihat bahwa nilai kapasitansi meningkat seiring dengan meningkatnya RH. Kenaikan nilai kapasitansi terhadap kenaikan kelembaban terjadi karena PVA menyerap uap air. Ketika tegangan ac diberikan pada film PVA-AAm, molekul uap air yang diserap oleh film PVA-AAm akan terpolarisasi. Semakin tinggi kelembaban, semakin banyak uap air yang diserap oleh film PVA-AAm sehingga polarisasi pada film PVA-AAm akan semakin besar. Ketika nilai polarisasi semakin besar maka nilai konstanta dielektrik juga semakin besar. Perubahan konstanta dielektrik akan berpengaruh pada nilai kapasitansi dari film PVA-AAm. 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 impedansi dari film PVA-AAm terhadap kenaikan kelembaban relatif.

Pada kedua grafik pada gambar 4.21 dan gambar 4.22, pada frekuensi ukur 1 kHz nilai resistansi dan nilai kapasitansi film PVA-AAm memberikan respon yang baik terhadap perubahan kelembaban. Hal ini menunjukkan bahwa film PVA-AAm baik untuk digunakan sebagai bahan sensitif kelembaban untuk tipe resistif maupun tipe kapasitif.

4.5.1 Reproduksibilitas Fabrikasi Film PVA-AAm

Pengukuran reproduksibilitas fabrikasi dilakukan dengan cara mengukur nilai impedansi tiga film PVA-AAm dengan komposisi yang sama pada beberapa kelembaban relatif. Uji ini diperlukan untuk melihat apakah film yang dibuat memiliki komposisi, struktur, dan tebal yang identik. Film dengan komposisi, struktur, dan tebal yang identik memiliki karakter yang juga identik.



Gambar 4. 22: Hubungan RH dengan impedansi tiga modul film PVA-AAm 3 lapis pada frekuensi 1 kHz. PVA 1000 mg, AAm 20,0 mg, dalam aquabides 10,0 ml.

Tampak pada gambar 4.23, ketiga modul (film PVA-AAm) memiliki impedansi yang hampir sama pada RH 33%. Hal ini berarti persen kesalahan pembuatan ketiga modul tersebut pada RH 33% sebesar 11,71%. Persen kesalahan dihitung dengan cara standar deviasi impedansi ketiga modul dibagi dengan rata-rata impedansi lalu dikalikan dengan 100%.

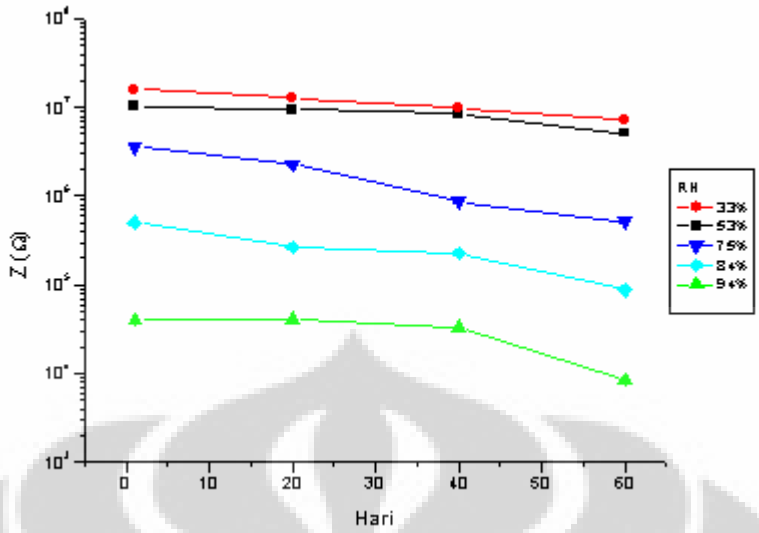
Pada RH 53%, ketiga modul masih memiliki impedansi yang relatif sama dengan persen kesalahan 3,69%. Pada RH 75%, 84%, dan 94% ketiga modul memiliki persen kesalahan berturut-turut sebesar 35,10%, 35,92%, dan 57,11%. Jadi, pembuatan film PVA-AAm paling baik dalam kondisi RH 53% sedangkan paling buruk pada RH 94%.

4.5.2 Stabilitas Impedansi Film PVA-AAm

Impedansi yang stabil dalam jangka waktu lama merupakan syarat penting untuk sebuah material sensitif kelembaban. Efek penuaan film PVA dan film komposit PVA-Fe_2O_3 telah diteliti oleh Abdul Rahman Saleh[31] selama 20 hari. Hasilnya adalah bahwa film PVA memiliki stabilitas kurang baik terhadap waktu, sedangkan film komposit PVA-Fe_2O_3 memiliki stabilitas yang baik terhadap waktu. Sri Budiawanti25 juga melakukan penelitian efek penuaan dari film PVA-elektrolit selama 103 hari. Impedansi film PVA-elektrolit cenderung meningkat sehingga stabilitas film PVA-elektrolit kurang baik untuk diaplikasikan sebagai material yang sensitif terhadap kelembaban. Untuk memperbaiki stabilitas, film PVA-elektrolit dicampur dengan material keramik yaitu kromium oksida (Cr_2O_3).

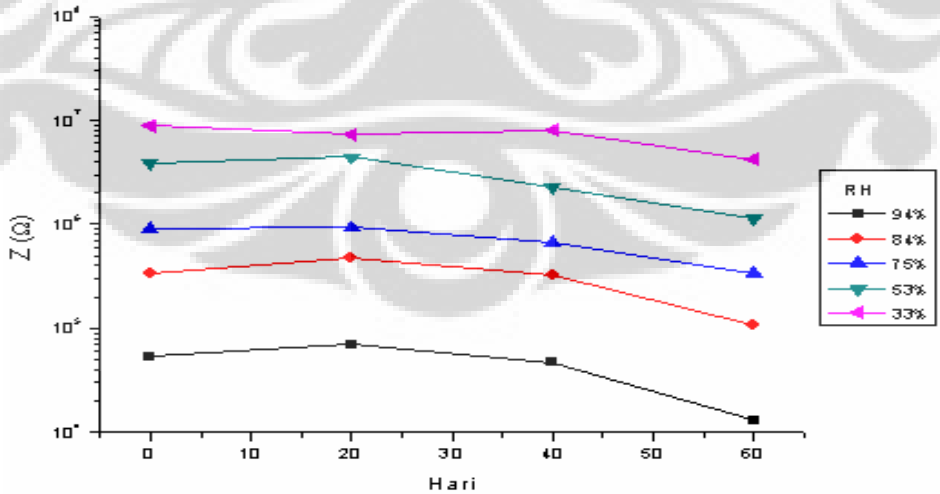
Stabilitas impedansi film PVA-AAm diukur selama 60 hari. Film yang akan diuji disimpan dalam desikator agar kelembabannya terjaga.

Studi film..., Maurits Jihar Simanjuntak, FMIPA UI, 2008



Gambar 4. 23: Pengaruh umur film PVA-AAm 3 lapis terhadap impedansi film untuk berbagai RH pada frekuensi triger 1 kHz. PVA 1000,0 mg, AAm 20,0 mg dalam 10 ml aquabides.

Gambar 4.24 menunjukkan hubungan antara umur film PVA-AAm dengan konsentrasi AAm 20,0 mg selama 60 hari terhadap impedansi film untuk berbagai RH pada frekuensi triger 1 kHz. Pada RH 33% dan 53%, impedansi film berada dalam orde 7, RH 75% pada orde 6, 84% pada orde 5, dan RH 94% pada impedansi orde 4, selama 60 hari. Stabilitas impedansi film PVA-AAm dengan konsentasi AAm 20,0 mg tidak stabil hingga hari ke 60. Hasil yang serupa juga diperoleh untuk film PVA-AAm dengan konsentrasi AAm 60,0 mg terlihat pada Gambar 4.25.



Gambar 4. 24: Pengaruh umur film PVA-AAm 3 lapis terhadap impedansi film untuk berbagai RH pada frekuensi triger 1 kHz. PVA 1000,0 mg, AAm 60,0 mg dalam 10 ml aquabides.

Seperti terlihat pada gambar 4.25, pada RH 33% dan 53%, impedansi film berada dalam orde 6, RH 75% dan 84% pada orde 5, dan RH 94% pada orde 4, selama 60 hari dalam penyimpanan. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa film PVA-AAm relatif stabil selama efek penuaan. Hal ini menguatkan dugaan terjadinya crosslink antar PVA maupun Aam pada film PVA-Aam.

Studi film..., Maurits Jihar Simanjuntak, FMIPA UI, 2008

BAB
5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dapat diambil kesimpulan bahwa film PVA yang dimodifikasi dengan monomer AAm memberikan kontribusi yang relative kecil untuk memperbaiki sifat mekanik film PVA.

Hasil karakterisasi sifat listrik film PVA-AAm menunjukkan sensitivitas film relatif lebih baik pada frekuensi ukur 1 kHz, pelapisan 3 kali dan massa AAm 60,0 mg.. Nilai impedansi film PVA-AAm relatif tidak mengalami perubahan dibandingkan terhadap impedansi film PVA.

Stabilitas film PVA-AAm relative cukup stabil pada masa penyimpanan selama 60 hari dan stabilitas impedansi film PVA-AAm ini relative sama dengan stabilitas impedansi film PVA

Studi film..., Maurits Jihar Simanjuntak, FMIPA UI, 2008

DAFTAR PUSTAKA

1. Roveti, K. Denes, *Choosing a Humidity Sensor, a Review of Three Technologies*, Ohmic Instruments Co., 2001

2. Roman Cecilia, Bodea Olimpiu, Prodan Nicolae, Levi Andrei, Cordos Emil, Manoviciu Ionel, *Cavasitive-type Humidity Sensor Using Crosslinked Poli(methyl methecrylate-co-(2 hydroxpropyl)-methacrylate*, Sensors&Actuators B, 24-25, 1995, 710-713.

3. B.M. Kulwicki, *Humidity Sensor*, Journal American Ceramic Society 74 [4] (1991) 697-708

4. Yang Mu-Rong, Chen Ko-Shao, *Humidity Sensors Using Polivinil Alcohol Mixed with Electrolyte*, Sensors & Actuators B, 49, 1998, 240-247.

5. Sakai Y., Sadaoka Y., Matsuguchi M., *Humidity Sensors Based on Polimer Thin Films*, Sensors & Actuators B, 35-36, 1996, 85-90.

6. MUT Muttaqin H.S. Afdhal, *Sifat Listrik Film Polivinil Alkohol (PVA) yang dengan NaCl serta aplikasinya sebagai Sensor*, Tesis Pascasarjana UI, 2005.

7. Nurlaila, *Preparasi Sensor Kelembaban Relatif dari Film Polivinil Alkohol dengan Metode Celup (dip-coating)*, Tesis 2006.

8. Wikipedia, 2006. Akrilamida (AAm), 3 hal. http://en.wikipedia.org/wiki/Acrylamide, 18 September 2006

9. Wikipedia, 2007, Poliakrilamida (PAM), 5 hal. http:// en.wikipedia.org/wiki/Polyacrylamide, 27 Desembar 2007

10. Soebianto, Yanti.S, *Karakteristik Pencangkokan Asam Akrilat Dan Akrilamida Pada Serbuk Selulosa Dengan Inisiasi Sinar Gamma*, Puslitbang Toknologi Isotop dan Radiasi (P3TIR)- Batan.

11. 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

12. Giancoli, C. Douglas, *Physics Principles with Applications*, Fifth edition, Prentice Hall, Inc., New Jersey, 1998.

13. Van Vlack, L H. *Elemen-elemen Ilmu dan Rekayasa Material*, edisi keenam, Erlangga, Jakarta, 2001.

14. Callister, W D, *Material Science and Engineering*, Fourth edition, John Wiley & Sons, Inc., New York, 1997.

15. Chen Zhi, Iu Chi, *Humidity Sensor : A Review of Material and Mechanism*, Sensor Letter, Vol 3, 2005, 274-295.

16. 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

17. *Hydrophilic Polimers. Thermoplastic elastomers with poliethylene oxide segments*, 2 hlm. http://pbm.tnw.utwente.nl/doprachten/husken.htm, 7Februari 2006.

18. C.A. Finch, *Polivinyl Alcohol-Development*, Wiley, New York, 1992.

19. Tidco, Ltd., 2004, Polivinyl Alcohol. 4hlm. http://www.tidco.com/tidcodocs/tn/Opurtunities/POLIVINYLALCOHOL.doc7 Februari 2006.

20. DC Chemical Co., Ltd., 2001, Poli Vinyl Alcohol: PVA, 10 hlm. http://www.dcchem.co.kr/english/product/p_petr/p_petr8.htm, 7 Februari 2006.

21. Wikipedia, 2006, Polivinyl alcohol, 2 hlm. http://en.wikipedia.org/wiki/Polivinyl_alcohol, 7 Februari 2006.

22. Budiawanti Sri, *Perbaikan Sifat Sensitif Kelembaban dari Film PVA-Elektrolit dengan Cr_2O_3 sebagai Modifikator*, Tesis Pascasarjana UI, 2007.

23. Joseph C. Salamone, *Polimeric Materials Encyclopedia*, Vol.8 P, University of Massachusetts, Lowell.

24. Hayat Moh., *Studi Film Polivinil Alkohol yang dimodifikasi dengan Karbon Aktif sebagai Bahan Sensitif Kelembaban*, Tesis Pascasarjana UI, 2007

25. JLC International, Humidity Calibration Basics, 3 hlm. http://www.jlcinternational.com/articles/humidity_calibration_basics.htm, 21 Juli 2005.

26. Cross A.D., *Intrduction to Practical Infra Red Spectrocopy*, Imperial College of Science & Technology.

27. Agmon Noam, *The Grotthuss Mechanisme*, Departement of Physical Chemistry and The Fritz Haber Research Center, The Hebrew University, Jerusalem 91904, Israel. 1 July 1995.

28. Erik T.J. *Hydrogen Ions Caught in Act of Wandering.* www.physorg.com.2005

29. Buku Manual RLC Meter PM6306,Fluke, 1996