

**SINTESIS DAN KARAKTERISASI POLIANILIN DARI ANILINIUM ASETAT
DAN ANILINIUM PROPIONAT SERTA APLIKASINYA SEBAGAI
SENSOR UAP AMONIA**

SANTI KERTATI

0302030564



Departemen Kimia

Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan alam

Universitas Indonesia

Depok

2008

**SINTESIS DAN KARAKTERISASI POLIANILIN DARI ANILINIUM ASETAT
DAN ANILINIUM PROPIONAT SERTA APLIKASINYA SEBAGAI
SENSOR UAP AMONIA**

**Skripsi diajukan sebagai salah satu syarat
untuk memperoleh gelar sarjana sains**

Oleh:

SANTI KERTATI

0302030564



**Departemen Kimia
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan alam
Universitas Indonesia
Depok
2008**

LEMBAR PENGESAHAN

SKRIPSI : SINTESIS DAN KARAKTERISASI POLIANILIN DARI
ANILINIUM ASETAT DAN ANILINIUM PROPIONAT SERTA
APLIKASINYA SEBAGAI SENSOR UAP AMONIA

NAMA : SANTI KERTATI

NPM : 0302030564

SKRIPSI INI TELAH DIPERIKSA DAN DISETUJUI

DEPOK, JULI 2008

Prof. Dr. Endang Asijati W.

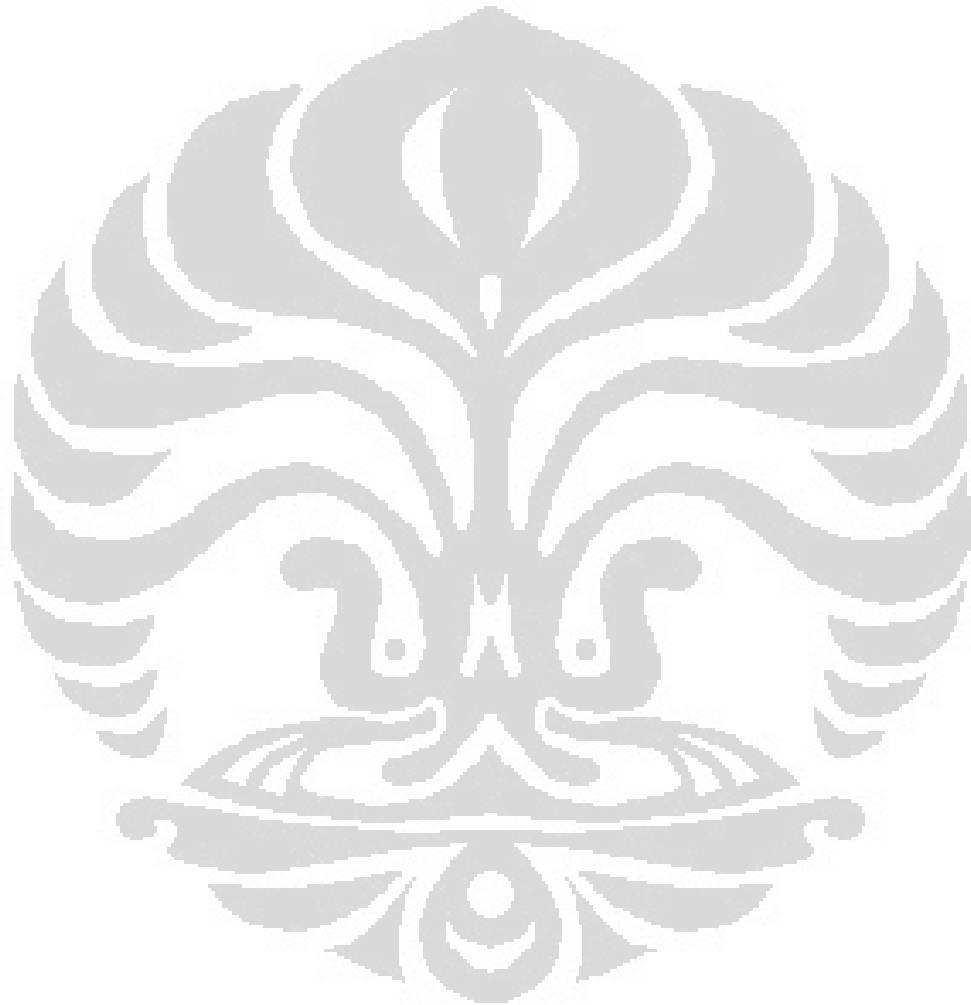
Pembimbing

Tanggal Lulus Ujian Sidang Sarjana:

Penguji I : Dr. Emil Budianto

Penguji II : Drs. Rahmat Wibowo, M.Sc

Penguji III : Prof. Dr. Wahyudi Priyono



KATA PENGANTAR

Bismillahirrohmanirrohim

Segala puji bagi Allah SWT yang senantiasa memberi kekuatan dan kemudahan kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul "*Sintesis dan Karakterisasi Polianilin dari anilinium Asetat dan Anilinium Propionat serta Aplikasinya sebagai Sensor Uap Amonia*".

Pada kesempatan ini, penulis mengucapkan terima kasih kepada Prof. Dr. Endang Asijati W. selaku pembimbing, yang senantiasa membantu dan memberi saran dalam setiap proses penelitian hingga penulisan skripsi.

Penulis juga berterimakasih kepada Dra. Tresye Utari, M.Si selaku koordinator penelitian, Dr. Ridla Bakri selaku ketua departemen kimia UI, Dra. Helmiyati, M.Si selaku pembimbing akademik, serta seluruh dosen departemen kimia UI yang telah memberi ilmu kepada penulis. Dalam penyelesaian skripsi ini, penulis pun tak lepas dari bantuan banyak pihak.

Oleh karena itu, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak, Ibu, adik, dan seluruh keluarga penulis atas do'a dan semangat yang tak putus-putus diberikan kepada penulis.
2. Pak Hedi, Mbak Ina, Mba Cucu, Mbak Ati, Mbak Indri, Mbak Ema, Mbak Tri, Pak Mardji, Pak Tris, Mas Hadi, Mas Pri, Pak Kiri, Pak Amin, Pak Wito, Pak Soleh, Pak Mul, serta lab afiliasi kimia UI

(Drs.Sunardi, Puji, Arpan, Ray) yang telah banyak membantu penulis.

3. Para penguji, Dr. Emil Budianto, Drs. Rahmat Wibowo, M.Sc, dan Prof. Dr. Wahyudi Priyono S. atas saran dan masukkan kepada penulis.
4. Sahabat sekaligus saudara ku, Rizky Ichsan Taufik dan Redy Dwijaya yang telah banyak membantu, mendengar keluh penulis serta memberi nasihat dan banyak pembelajaran kepada penulis.
5. Teman seperjuangan, Vena, Dina, Mbak Isti, Lany, untuk keceriaan dan semangat yang selalu diberikan kepada penulis.
6. Indah, Maya, Putri, Uci, Dume, Indra, Saryo, Annisa, Yenny, Barus, Surya, Andi "JB", Nur, Malik, Wito, Diana, Titut, Olin, Cika, Lavin, Vera, Riris, Nheea, Rani "mami", teh idoh, syakir, Fitra, dan seluruh teman-teman kimia 2002.
7. Kelompok Kharisma, Mbak Masanih, Inna, Rani, Anita, Erna, buat ilmu dan pembelajaran yang selalu diberikan kepada penulis.
8. Teman-teman kimia 2003 (Lia, Krisnu, Vera, Dewi, Riki, Lukman, Farid, Hudan, ela, dan lainnya), kimia 2004 (Opik, Atul, Hamim, Hanum, Ratna, Nath, dan lainnya), kimia 2005, dan kimia 2006 serta teman-teman kimia terapan 2002 (Tyas, Romadona, Yudha, Freddo, dan lainnya), kimia terapan 2003, dan kimia terapan 2004.
9. Keluarga besar HMD kimia 2004, Keluarga Besar Senat Mahasiswa FMIPA UI 2005 (Arif, Daan, Elin, Anggi, Tina, Harry,

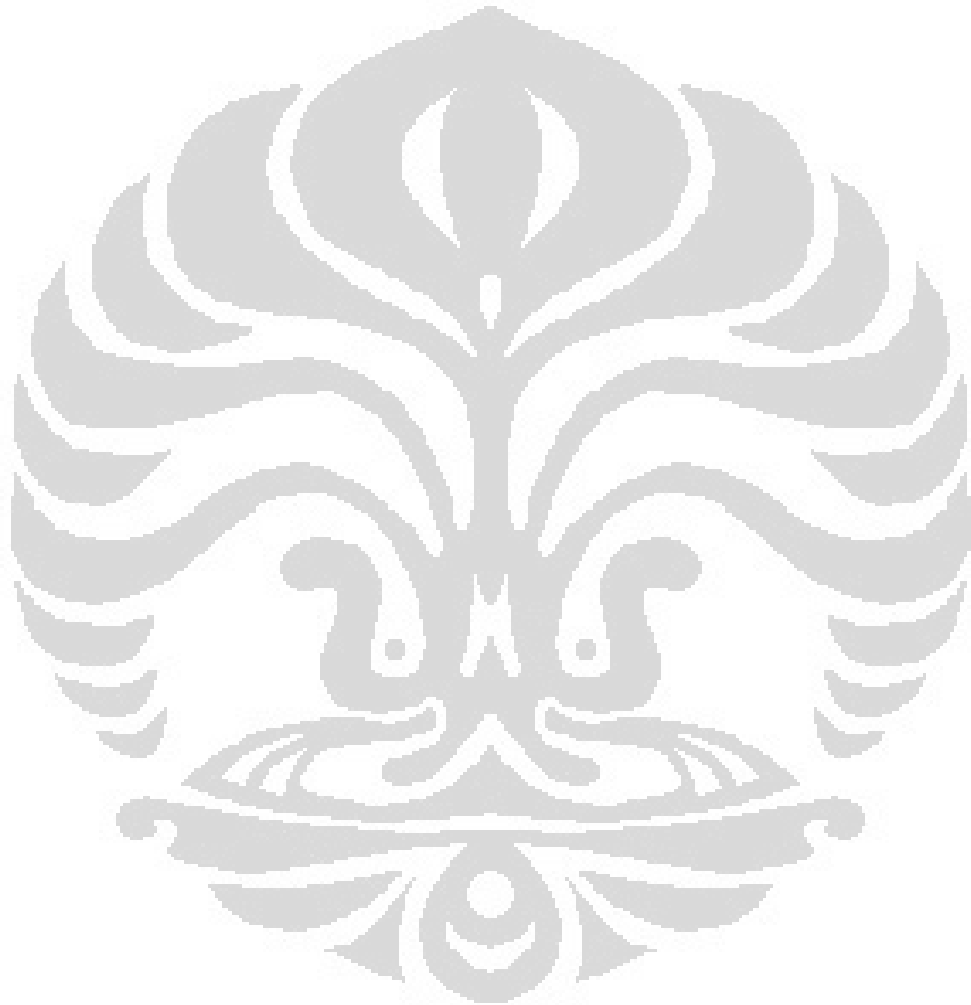
Nonny, Indah, Rika, Dody, Netty, Fakhry, Hudan, Yusuf, Silvi, Ferdy, Detty, dan seluruh staf, khususnya staf danus), SM FMIPA UI 2004 dan SM FMIPA UI 2003, serta keluarga besar UKOR basket UI dan UKOR basket FMIPA UI.

10. Mbak Yayuk (karakterisasi FTIR), Pak Wisnu (karakterisasi SEM), Pak Adang (potong kaca), Ahmad (karyawan neutrons), dan seluruh pihak yang telah banyak membantu dan memberi pembelajaran kepada penulis.

Penulis menyadari bahwa masih terdapat banyak kekurangan dalam skripsi ini. Namun, penulis berharap skripsi ini tetap dapat bermanfaat bagi semua.

Depok, 13 Juni 2008

Penulis



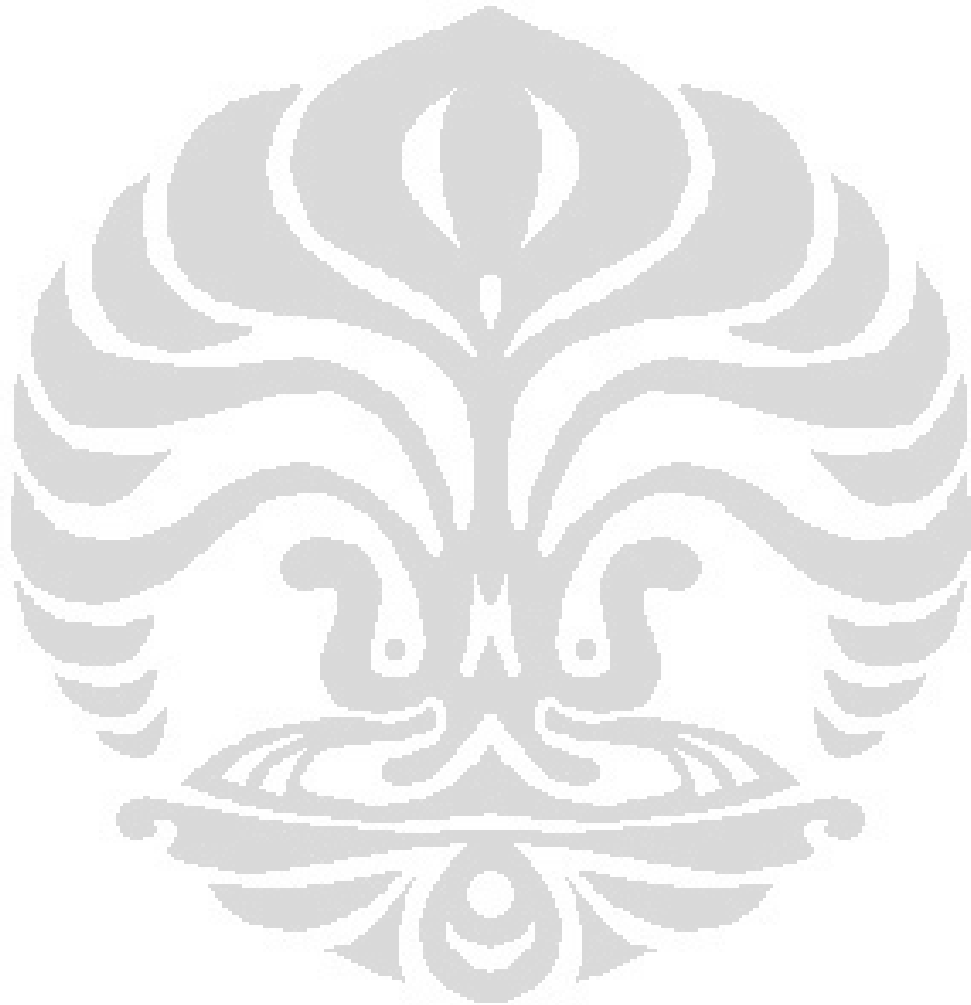
ABSTRAK

Polimerisasi anilin dilakukan dengan terlebih dahulu memodifikasi anilin menjadi garam melalui penambahan dopan asam asetat dan asam propionat. Polimerisasi keadaan standar dilakukan menggunakan garam anilinium asetat/anilinium propionat 0.2 M dengan rasio APS/anilin 1,25, $t_{\text{reaksi}} = 90$ menit. Produk polimerisasi yang terbentuk berupa bubuk dan film polianilin pada substrat kaca. Faktor-faktor yang mempengaruhi polimerisasi anilin antara lain konsentrasi reaktan, kelebihan asam, dan kelebihan APS. Pemantauan reaksi polimerisasi dipelajari menggunakan profil suhu dan pengukuran berat bubuk polianilin. Karakteristik dari reaksi-reaksi tersebut dilakukan menggunakan spektrofotometer UV-Visibel, FT-IR, dan SEM. Pemantauan reaksi menunjukkan bahwa semakin panjang rantai karbon yang digunakan sebagai dopan, semakin sulit proses polimerisasi terjadi. Film Polianilin diujicobakan sebagai sensor kualitatif uap amonia. Film polianilinium asetat yang diberi uap amonia memberikan penurunan hantaran, tetapi film polianilinium propionat menunjukkan kenaikan hantaran

Kata kunci: Oksidasi anilin, Polianilin, Polimerisasi in situ, Sensor uap amonia

xix + 92 hlm.; gbr.; tab.; lamp.

Bibliografi: 24 (1984-2008)



DAFTAR ISI

Kata Pengantar	i
Abstrak	v
Daftar Isi	vii
Daftar Gambarxi
Daftar Tabelxv
Daftar Lampiran	xviii
Bab I Pendahuluan	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan	4
Bab II Tinjauan Pustaka	5
2.1 Tinjauan Umum Polimer	5
2.2 Mekanisme Polimerisasi	6
2.3 Polianilin	7
2.4 Polimerisasi Polianilin	9
2.4.1 Pengaruh Konsentrasi Anilin	14
2.4.2 Pengaruh Konsentrasi Asam	14
2.4.3 Pengaruh Perbandingan Monomer dengan Oksidator	14
2.4.5 Pengaruh suhu	15
2.4.5 Pengaruh Waktu Polimerisasi	15
2.5 Pembuatan Film Polianilin	15

2.6 Kaca sebagai Substrat	17
2.7 Pemantauan Reaksi Polimerisasi Menggunakan Spektrofotometer	
UV-Visibel	18
2.8 Pengukuran Berat Bubuk Anilin.....	18
2.9 Karakterisasi Film Polianilin.....	18
2.9.1 Spektrofotometer UV-Visibel.....	19
2.9.2 FT-IR.....	20
2.9.3 SEM	21
Bab III Bahan dan Cara Kerja.....	23
3.1 Lokasi.....	23
3.2 Bahan.....	23
3.3 Peralatan.....	24
3.4 Penyiapan Larutan	24
3.4.1 Pemurnian Anilin.....	24
3.4.2 Larutan Amonium Peroksodisulfat (APS)	24
3.4.3 Larutan Kalium Hidrogen Pflat (KHP)	25
3.4.4 Larutan NaOH	25
3.1.5 Larutan Asam Asetat.....	25
3.4.6 Larutan Asam Propionat	26
3.5 Penyiapan Kaca sebagai Substrat	26
3.6 Percobaan.....	27
3.6.1 Pembuatan Garam Anilinium Asetat/Anilinium Propionat	27
3.6.2 Standardisasi Teknis Polimerisasi	27

3.6.2.1 Lama Polimerisasi.....	27
3.6.2.2 Pencucian Substrat dan Film Polianilin	28
3.6.2.3 Skala Pengadukan Reaksi Polimerisasi.....	28
3.6.2.4 Penyimpanan Film Anilin.....	28
3.6.2.5 Waktu Pengeringan Bubuk Polianilin.....	29
3.6.3 Pembuatan Polianilin Standar.....	29
3.6.4 Faktor-faktor yang Mempengaruhi Polimerisasi Anilin	30
3.6.4.1 Pengaruh Konsentrasi Reaktan	31
3.6.4.2 Pengaruh Kelebihan Asam	31
3.6.4.3 Pengaruh Kelebihan APS.....	31
3.6.5 Pemantauan Reaksi Polimerisasi dan Karakterisasi Produk	32
3.6.5.1 Pemantauan Reaksi Polimerisasi dengan Pemantauan Suhu	32
3.6.5.2 Pengukuran Berat Bubuk Polianilin	33
3.6.5.3 Karakterisasi dengan Spektrofotometer UV-Visibel.....	33
3.6.5.4 Karakterisasi dengan Spektrofotometer Inframerah	34
3.6.5.5 Karakterisasi dengan SEM (<i>Scanning Electron Micrograph</i>) .	34
3.6.6 Aplikasi Film Polianilin sebagai Sensor Kualitatif Uap Amonia	34
BAB IV Hasil dan Pembahasan	35
4.1 Pembuatan Garam Anilin.....	35
4.2 Polimerisasi Anilin.....	36
4.3 Pengaruh Teknis Polimerisasi Polianilin	37
4.3.1 Waktu Polimerisasi anilinium asetat/anilinium propionat	38

4.3.2 Pencucian Substrat dan Film Polianilin	39
4.3.3 Skala Pengadukan Reaksi Polimerisasi.....	41
4.3.4 Penyimpanan Film Polianilin	43
4.3.5 Waktu Pengeringan Bubuk Polianilin	45
4.3.6 Standar Teknis Polimerisasi.....	47
4.4 Polimerisasi Standar	47
4.5 Studi Faktor-faktor Yang Mempengaruhi Proses Polimerisasi	50
4.5.1 Pengaruh Konsentrasi Reaktan	51
4.5.2 Pengaruh Kelebihan Asam	57
4.5.3 Pengaruh Kelebihan APS	62
4.6 Karakterisasi Polianilin	68
4.6.1 FT-IR.....	68
4.6.2. SEM	68
4.7 Aplikasi Film Polianilin sebagai Sensor Kualitatif Uap Amonia.....	69
BAB V Kesimpulan dan Saran.....	73

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
2.1	Bentuk derajat oksidasi polianilin 8
2.2	Struktur polianilin dalam berbagai derajat oksidasi dan protonasi 9
2.3	Oksidasi aniline-HCl oleh ammonium perosodisulfat menghasilkan polianilin (emeraldin) hidroklorida (Stejskal. 2002) 10
2.4	Tahap-tahap reaksi polimerisasi anilin 11
2.5	Kesetimbangan molekul anilin netral dengan kation anilinium (Stejskal. 2008) 12
2.6	Profil suhu pada proses oksidasi anilin di berbagai medium (Stejskal. 2008) 13
2.7	Pengaruh absorbansi A_{400} ($\lambda = 400$ nm) terhadap ketebalan film polianilin hidroklorida, d_f . (Stejskal. 1999) 17
2.8	Prinsip spektrofotometer UV-Vis <i>double beam</i> 19
2.9	Prinsip penyinaran infrared terhadap sampel 20
2.10	Morfologi polianilin pada berbagai medium : (a) asam kuat, (b) asam lemah, (c) garam alkali 21
3.1	Penataan substrat kaca (tinggi 40 mm, lebar 8 mm) 26
4.1a	Spektrum akhir polianilin pada variasi penyimpanan (konsentrasi anilinium asetat 0,2 M rasio APS/anilin 1,25, suhu ruang) 43

4.1b	Spektrum akhir polianilin pada variasi penyimpanan (konsentrasi anilinium propionat 0,2 M rasio APS/anilin 1,25, suhu ruang).....	44
4.2a	Kurva waktu pengeringan bubuk polianilin dari anilinium asetat pada berbagai variasi waktu (konsentrasi anilinium asetat 0,2 M, rasio APS/anilin 1,25)	45
4.2b	Kurva waktu pengeringan bubuk polianilin dari anilinium propionat pada berbagai variasi waktu (konsentrasi anilin propionat 0,2 M, rasio APS/anilin 1,25)	46
4.3	Profil temperatur polimerisasi standar (konsentrasi anilinium asetat 0,2 M dan anilinium Propionat 0,2 M, rasio APS/anilin 1,25, suhu ruang).....	48
4.4	Spektrum akhir polianilin standar (konsentrasi anilinum asetat 0,2 M dan anilinium propionat 0.2 M, rasio APS/anilin 1,25, suhu ruang)	50
4.5a	Profil temperatur polimerisasi anilinium asetat pada berbagai variasi konsentrasi reaktan (rasio APS/anilin 1,25, suhu ruang)	51
4.5b	Profil temperatur polimerisasi anilium propionat pada berbagai variasi konsentrasi reaktan (rasio APS/anilin 1,25, suhu ruang)	52
4.6a	Spektrum serapan film polianilin anilinium asetat pada berbagai konsentrasi reaktan (rasio APS/anilin 1,25, suhu ruang, $t_{\text{polimerisasi}} = 90$ menit)	54
4.6b	Spektrum serapan film polianilin anilinium propionat pada berbagai konsentrasi reaktan (rasio APS/anilin 1,25, suhu ruang, $t_{\text{polimerisasi}} = 90$ menit).....	55

4.7a	Profil berat bubuk polianilin pada berbagai konsentrasi anilinium asetat (rasio APS/anilin 1,25, suhu ruang)	56
4.7b	Profil berat bubuk polianilin pada berbagai konsentrasi anilinium propionat (rasio APS/anilin 1,25, suhu ruang)	56
4.8a	Profil temperatur polianilin pada berbagai variasi konsentrasi kelebihan asam asetat ([ani-ase 0,2 M, rasio APS/anilin 1,25, suhu ruang)	57
4.8b	Profil temperatur polianilin pada berbagai variasi konsentrasi kelebihan asam propionat ([ani-prop 0,2 M, rasio APS/anilin 1,25, suhu ruang)	58
4.9a	Spektrum serapan film polianilin anilinium asetat, variasi kelebihan asam asetat (rasio APS/anilin 1,25, suhu ruang, $t_{\text{polimerisasi}} = 90$ menit)	60
4.9b	Spektrum serapan film polianilin anilin-propionat, variasi kelebihan asam propionat (rasio APS/anilin 1,25, suhu ruang, $t_{\text{polimerisasi}} = 90$ menit)	60
4.10a	Profil berat bubuk polianilin pada berbagai variasi konsentrasi kelebihan asam asetat ([anilinium asetat] 0,2 M, rasio APS/anilin 1,25, suhu ruang)	61
4.10b	Profil berat bubuk polianilin pada berbagai variasi konsentrasi kelebihan asam propionat ([anilinium propionat] 0,2 M, rasio APS/anilin 1,25, suhu ruang)	62
4.11a	Profil temperatur polianilin pada berbagai variasi konsentrasi	

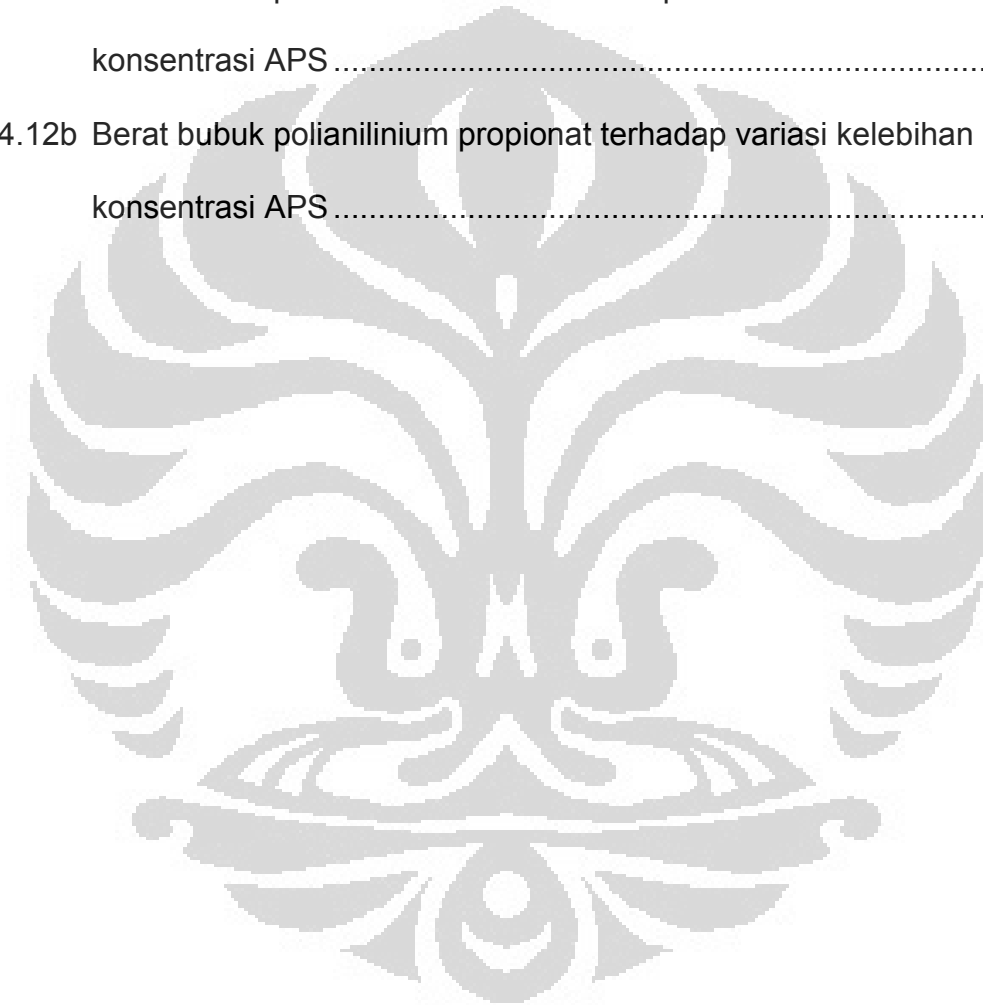
kelebihan APS ([anilinium asetat] 0,2 M, rasio APS/anilin 1,25, suhu ruang)	62
4.11b Profil temperatur polianilin pada berbagai variasi konsentrasi kelebihan APS ([anilinium propionat] 0,2 M, rasio APS/anilin 1,25, suhu ruang)	63
4.12a Spektrum serapan film polianilin dari anilinium asetat pada variasi kelebihan APS (rasio APS/anilin 1,25, suhu ruang, $t_{\text{polimerisasi}} = 90$ menit)	65
4.12b Spektrum serapan film polianilin dari anilinium propionat pada variasi kelebihan APS (rasio APS/anilin 1,25, suhu ruang $t_{\text{polimerisasi}} = 90$ menit)	66
4.13a Profil berat bubuk polianilin pada berbagai variasi konsentrasi kelebihan APS ([anilinium asetat] 0,2 M, rasio APS/anilin 1,25, suhu ruang)	67
4.13b Profil berat bubuk polianilin pada berbagai variasi konsentrasi kelebihan APS ([ani-propionat] 0,2 M, rasio APS/anilin 1,25, suhu ruang)	67
4.14 Hasil <i>scanning</i> deposisi polianilin pada permukaan substrat : (a) anilinium asetat, (b) anilinium propionat.	69
4.15a Respon anilinium asetat terhadap uap amonia	70
4.15b Respon anilinium propionat terhadap uap amonia	70

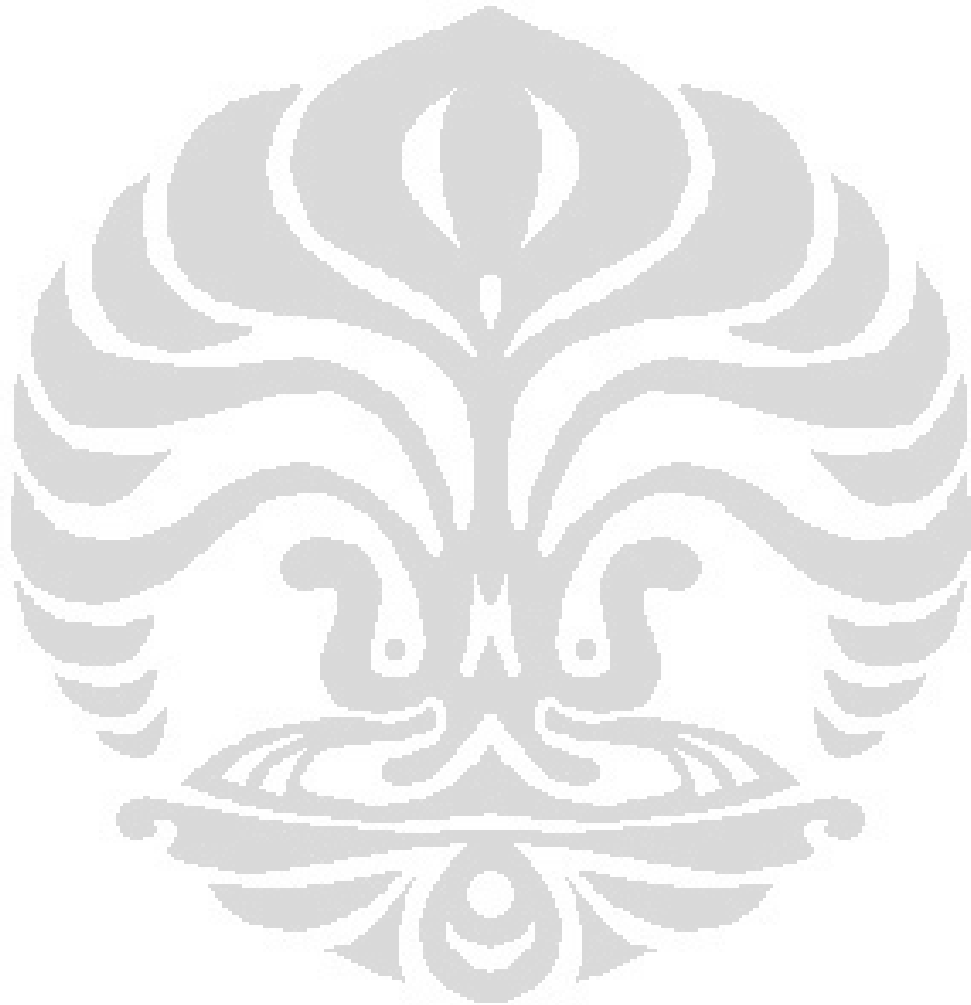
DAFTAR TABEL

Table	Halaman
4.1a	Tabel absorbansi variasi pencucian substrat dan film polianilinium asetat ($t_{\text{polimerisasi}} = 90$ menit, $\lambda = 820$ nm) 40
4.1b	Tabel absorbansi variasi pencucian substrat dan film polianilin untuk anilinium propionat ($t_{\text{polimerisasi}} = 90$ menit, $\lambda = 820$ nm) 41
4.2a	Tabel absorbansi film polianilinium asetat terhadap variasi skala pengadukan ($t_{\text{polimerisasi}} = 90$ menit, $\lambda = 820$ nm) 42
4.2b	Tabel absorbansi film polianilin dari anilinium propionat terhadap variasi skala pengadukan ($t_{\text{polimerisasi}} = 90$ menit, $\lambda = 820$ nm) 42
4.3	Waktu induksi, propagasi, terminasi, serta suhu maksimum polianili pada kondisi standar 49
4.4a	Pengaruh variasi konsentrasi reaktan pada anilinium asetat terhadap waktu induksi, propagasi, terminasi, serta suhu maksimum 52
4.4b	Pengaruh variasi konsentrasi reaktan pada anilinium propionat terhadap waktu induksi, propagasi, terminasi, serta suhu maksimum 53
4.5a	Absorbansi akhir film polianilinium asetat terhadap variasi konsentrasi reaktan ($t_{\text{polimerisasi}} = 90$ menit, $\lambda = 820$ nm) 81
4.5b	Absorbansi akhir film polianilinium propionat terhadap variasi konsentrasi reaktan ($t_{\text{polimerisasi}} = 90$ menit, $\lambda = 820$ nm) 82

4.6a	Berat bubuk polianilin pada berbagai variasi konsentrasi anilinium asetat	83
4.6b	Berat bubuk polianilin pada berbagai variasi konsentrasi anilinium propionat	83
4.7a	Pengaruh variasi kelebihan asam asetat terhadap waktu induksi, propagasi, terminasi, serta suhu maksimum.....	58
4.7b	Pengaruh variasi kelebihan asam propionat terhadap waktu induksi, propagasi, terminasi, serta suhu maksimum	59
4.8a	Absorbansi akhir film polianilinium asetat terhadap variasi kelebihan asam asetat ($t_{\text{polimerisasi}}=90$ menit, $\lambda=820$ nm)	84
4.8b	Absorbansi akhir film polianilinium propionat terhadap variasi kelebihan asam propionat ($t_{\text{polimerisasi}}=90$ menit, $\lambda=820$ nm) ...	85
4.9a	Berat bubuk polianilin pada berbagai variasi kelebihan asam asetat.....	86
4.9b	Berat bubuk polianilin pada berbagai variasi kelebihan asam propionat	86
4.10a	Pengaruh variasi konsentrasi kelebihan APS pada anilinium asetat terhadap waktu induksi, propagasi, terminasi, dan suhu maksimum.	64
4.10b	Pengaruh variasi konsentrasi kelebihan APS pada anilinium propionat terhadap waktu induksi, propagasi, terminasi, dan suhu maksimum.	64

4.11a	Absorbansi akhir film polianilinium asetat terhadap variasi konsentrasi kelebihan APS ($t_{\text{polimerisasi}}=90$ menit, $\lambda=820$ nm)	87
4.11b	Absorbansi akhir film polianilinium propionat terhadap variasi konsentrasi kelebihan APS ($t_{\text{polimerisasi}}=90$ menit, $\lambda= 820$ nm)	88
4.12a	Berat bubuk polianilinium asetat terhadap variasi kelebihan konsentrasi APS	89
4.12b	Berat bubuk polianilinium propionat terhadap variasi kelebihan konsentrasi APS	89





DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1 Anilin hasil destilasi	79
2 Lapisan polianilin pada substrat kaca.....	79
3 Spektrum FT-IR bubuk polianilin konsentrasi anilinium asetat 0.2 M/APS 0.25 M	80
4 Spektrum FT-IR bubuk polianilin konsentrasi anilinium propionat 0.2 M/APS 0.25 M.....	80
5 Absorbansi akhir film polianilinium asetat terhadap variasi konsentrasi reaktan ($t_{\text{polimerisasi}} = 90$ menit, $\lambda = 820$ nm)	81
Absorbansi akhir film polianilin propionat terhadap variasi konsentrasi reaktan ($t_{\text{polimerisasi}} = 90$ menit, $\lambda = 820$ nm)	82
6 Berat bubuk polianilin pada berbagai variasi konsentrasi anilinium asetat.....	83
Berat bubuk polianilin pada berbagai variasi konsentrasi anilinium propionat	83
7 Absorbansi akhir film polianilinium asetat terhadap variasi kelebihan asam asetat ($t_{\text{polimerisasi}}=90$ menit, $\lambda=820$ nm)	84
Absorbansi akhir film polianilin propionat terhadap variasi kelebihan asam propionat ($t_{\text{polimerisasi}}=90$ menit, $\lambda=820$ nm)	85
8 Berat bubuk polianilin pada berbagai variasi kelebihan asam asetat.....	86

	Berat bubuk polianilin pada berbagai variasi kelebihan asam propionat	86
9	Absorbansi akhir film polianilinium asetat terhadap variasi konsentrasi kelebihan APS ($t_{\text{polimerisasi}}=90$ menit, $\lambda=820$ nm)	87
	Absorbansi akhir film polianilin propionat terhadap variasi konsentrasi kelebihan APS ($t_{\text{polimerisasi}}=90$ menit, $\lambda=820$ nm)	88
10	Berat bubuk polianilin anilinium asetat terhadap variasi kelebihan konsentrasi APS.....	89
	Berat bubuk polianilin anilinium propionat terhadap variasi kelebihan konsentrasi APS	89
11	Skema Reaksi Polimerisasi Menurut N. Gospodnova dan L. Terlemezyan dan IUPAC	90
12	Skema kerja polianilin standar	91
13	Skema standardisasi teknis dan proses polimerisasi berbagai kondisi	92

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Polianilin merupakan polimer yang menarik untuk dipelajari, karena sifat-sifat yang dimiliki antara lain bersifat stabil, mudah disintesis, dan memiliki konduktivitas tinggi. Polianilin memiliki peran penting pada aplikasinya dalam kehidupan. Beberapa peran tersebut antara lain, sebagai penyimpan energi, radiasi, dan sensor (Hosseini & Ghavami. 2005).

Polianilin dapat disintesis dengan dua cara, yaitu polimerisasi secara elektrokimia dan oksidasi kimia. Pekmez *et al.* menunjukkan bahwa sintesis polianilin secara elektrokimia menyebabkan terjadinya perubahan konduktivitas sehingga dapat diaplikasikan sebagai elektroda karbon, membran redoks, sensor pH, dan sensor-sensor lainnya. Aplikasi polimer sebagai sensor gas telah dilakukan beberapa grup peneliti. Grup Bartlett membandingkan respon dari empat polimer berbeda (polipirol, polianilin, poli-N-metilpirol, dan poli-5-karboksindol) terhadap uap alkohol, aseton, dan eter. Di antara keempat polimer tersebut, disimpulkan bahwa poli-5-kaboksindol memberikan respon paling konsisten terhadap keseluruhan uap yang diuji. Aplikasi sensor gas oleh polianilin pertama kali dilakukan sebagai sensor amonia. Sensor tersebut juga dapat memberikan respon terhadap amina lainnya (Hosseini, *et al.* 2004).

Polianilin dan turunannya dapat digunakan dalam berbagai aplikasi karena didukung oleh keunikannya yang dapat berada dalam tiga buah bentuk, yakni leukoemeraldin, emeraldin, dan pernigranilin. Bentuk yang berbeda memiliki sifat yang berbeda pula. Bentuk yang sering digunakan adalah garam emeraldin (bentuk setengah tereduksi dan setengah teroksidasi) yang memiliki kestabilan yang baik, dan memiliki sifat optoelektronik yang dapat diatur dengan doping transfer muatan dan protonasi. Perubahan sifat optoelektronik ini dapat diukur dengan mudah sehingga polianilin dapat digunakan sebagai sensor material (Virji *et al.* 2004).

Penelitian yang dilakukan oleh Tockary (2005), yaitu melakukan polimerisasi dengan mereaksikan anilin langsung terhadap amonium peroksodisulfat. Namun, sifat anilin yang kurang stabil saat disimpan menyebabkan pemurnian anilin harus dilakukan berulang kali sebelum dilakukan polimerisasi. Oleh sebab itu, dilakukan modifikasi terhadap anilin tersebut, yaitu dengan menjadikannya suatu garam melalui penambahan dopan. Modifikasi tersebut telah dilakukan oleh Herlianti (2007) dengan menggunakan dopan berupa senyawa anorganik HCl membentuk garam anilinium klorida berupa endapan. Polimerisasi film polianilin dilakukan secara *in situ* pada berbagai kondisi dan variasi substrat. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa pemantauan reaksi dan karakterisasi produk yang dihasilkan dipengaruhi kondisi reaksi (konsentrasi reaktan, kelebihan

asam, kelebihan APS, dan suhu), serta kepolaran substrat berpengaruh pelapisan polianilin pada substrat tersebut.

Pada penelitian ini, modifikasi anilin pun dilakukan namun dengan menggunakan dopan senyawa organik, berupa asam asetat dan asam propionat. Pemilihan dopan berupa asam lemah pada penelitian ini merupakan salah satu cara untuk membandingkan hasil pengamatan produk yang dihasilkan dari reaksi polimerisasi anilin yang *didoping* senyawa organik, berupa asam lemah dengan produk yang dihasilkan dari reaksi polimerisasi anilin yang *didoping* senyawa anorganik, berupa HCl.

Produk polimerisasi berupa bubuk polianilin pada fasa bulk dan film polianilin yang terdeposisi pada substrat kaca. Dasar pemilihan kaca sebagai substrat adalah kepolaran kaca tersebut, sehingga diharapkan semakin banyak yang polianilin terdeposisikan sekaligus didapatkan permukaan film polianilin yang halus dan hanya pada kaca tersebut. Dengan mengacu pada polimerisasi menggunakan anilinium klorida (Stejkal, 2002), polimerisasi pada keadaan standar dilakukan dengan mereaksikan anilinium asetat/anilinium propionat 0,2 M dan konsentrasi APS 0,25 M sebagai pembanding bagi hasil polimerisasi dengan berbagai kondisi.

Sebagai aplikasi dari penelitian ini, diujicobakan pemanfaatan film polianilin sebagai suatu sensor kualitatif terhadap uap amonia dengan dasar adanya gugus-gugus karboksilat yang terdapat pada film, yang dapat berinteraksi dengan uap amonia, sehingga menyebabkan terjadinya perubahan hantaran pada film polianilin.

1.2 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah mendapatkan gambaran mengenai pembuatan polianilin dengan menggunakan dopan asam organik yang berbeda, dalam hal ini adalah asam asetat dan asam propionat. Selain itu, penelitian ini juga ingin mengetahui pengaruh panjang rantai asam dan kondisi polimerisasi terhadap hasil yang didapatkan melalui pengamatan terhadap faktor-faktor yang mempengaruhi polimerisasi dan karakteristiknya. Film polianilin yang dihasilkan diujicobakan sebagai sensor kualitatif uap amonia.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Umum Polimer

Polimer dapat didefinisikan sebagai sebuah molekul berukuran besar (makromolekul) yang tersusun atas molekul-molekul kecil lainnya. Molekul-molekul kecil tersebut dinamakan monomer. Polimer dapat berbentuk linear, bercabang, atau berhubungan satu sama lainnya.

Ukuran polimer menyatakan massanya atau banyaknya unit berulang yang terdapat dalam polimer. Banyaknya unit berulang dalam suatu polimer disebut dengan derajat polimerisasi (DP). Hubungan berat molekular polimer dengan derajat polimerisasi adalah berat molekular polimer merupakan hasil perkalian antara derajat polimerisasi dengan berat molekular unit berulangnya. Molekul organik yang memiliki massa molar sebesar 1000 atau nilai $DP > 100$ termasuk ke dalam polimer.

Polimer dapat digolongkan dengan berbagai cara, pertama, penggolongan polimer berdasarkan responnya terhadap perlakuan termal. Berdasarkan hal ini, polimer terdiri dari polimer termoplastik dan polimer termoset. Polimer termoplastik adalah polimer yang meleleh ketika melalui proses pemanasan dan kembali ke bentuk semula ketika didinginkan, sedangkan polimer termoset adalah polimer yang tidak meleleh, jika

dipanaskan pada suhu yang cukup tinggi, dan terdekomposisi secara *irreversibel*.

Penggolongan yang kedua adalah penggolongan polimer berdasarkan reaksi kimia yang terjadi pada proses polimerisasi (Carothers, 1929).

Berdasarkan hal ini, polimer dibagi menjadi polimer kondensasi dan polimer adisi. Polimer kondensasi adalah polimer yang berasal dari reaksi kondensasi yaitu terjadi pelepasan molekul kecil, seperti air, sedangkan polimer adisi adalah polimer yang terbentuk dari reaksi adisi monomer berikatan rangkap.

2.2 Mekanisme Polimerisasi

Klasifikasi dilakukan kembali oleh P.J. Flory berdasarkan mekanisme reaksinya (polimerisasi), yakni polimerisasi bertahap dan polimerisasi berantai. Pada polimerisasi bertahap, dua spesi molekular secara sembarang dapat bergabung dan berat molekul bertambah secara stabil sepanjang reaksi. Sedangkan pada polimerisasi berantai, unit monomer hanya dapat bertambah pada spesi yang sedang tumbuh dan berat molekul hanya sedikit berubah selama berlangsungnya reaksi. Pada polimerisasi bertahap, pertumbuhan rantai polimer terjadi secara perlahan dan bertahap. Sedangkan pada polimerisasi berantai, polimerisasi terjadi secara cepat. Oleh karena itu, pada polimerisasi berantai, selain terdapat polimer sebagai produk, juga ditemukan monomer yang tidak bereaksi.

Mekanisme polimerisasi pada polimerisasi bertahap melibatkan pembentukan intermediet. Sementara itu, polimerisasi berantai tidak

melibatkan pembentukan intermediet, melainkan melibatkan radikal bebas yang terbentuk secara termal ataupun oleh proses iradiasi. Polimerisasi berantai melibatkan tahap-tahap sebagai berikut:

🎬 Inisiasi

Proses ini melibatkan pembentukan radikal bebas.

🎬 Propagasi

Perpanjangan rantai polimer dengan penambahan radikal bebas pada ikatan rangkap dua molekul monomer. Produk yang dihasilkan pada proses ini merupakan radikal, dan proses tersebut berlangsung berulang kali.

🎬 Terminasi

Berakhirnya proses polimerisasi, dengan penggabungan radikal polimer dengan radikal bebas lain yang terdapat pada sistem.

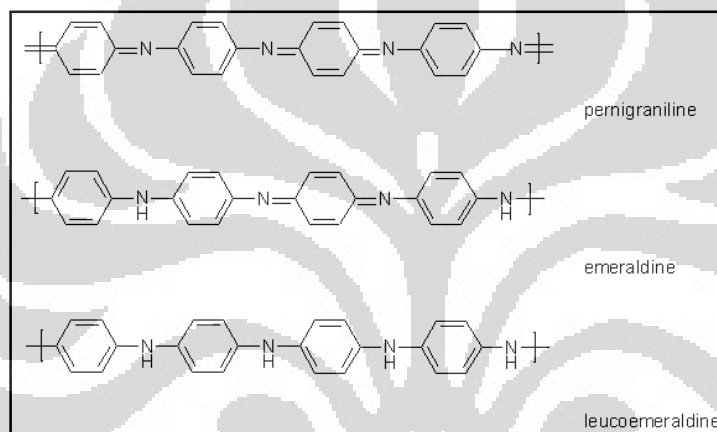
2.3 Polianilin

Polianilin merupakan polimer yang berasal dari polimerisasi anilin.

Anilin, dengan rumus molekul $C_6H_5NH_2$, adalah salah satu senyawa turunan benzena, dimana salah satu atom H diganti dengan gugus $-NH_2$ dan termasuk ke dalam kelompok amina. Polianilin (PANI) pertama kali ditemukan pada tahun 1934 sebagai **anilin black**. Polianilin merupakan polimer terkonjugasi yang memiliki tingkat kestabilan yang tinggi dan bersifat *reversible* dalam proses *doping-dedoping*.

Polianilin terdapat dalam berbagai derajat oksidasi dan protonasi. Kedua hal ini menentukan bentuk dan sifat kimia polianilin. Berdasarkan derajat oksidasinya, polianilin dapat ditemukan dalam tiga bentuk, yakni:

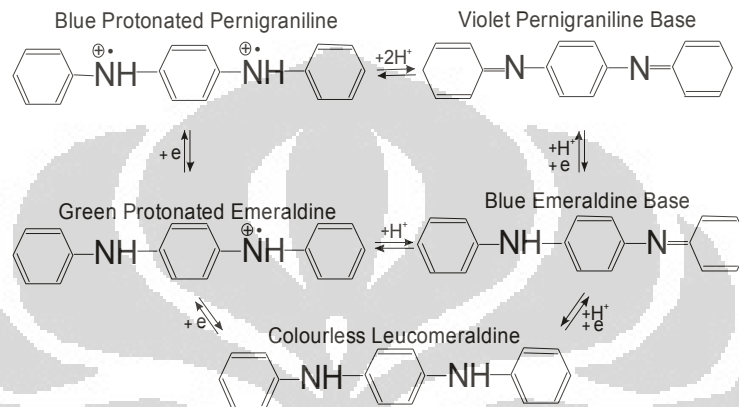
- Pernigranilin (bentuk teroksidasi penuh)
- Emeraldin (bentuk setengah teroksidasi)
- Leukoemeraldin (bentuk tereduksi penuh)



Gambar 2.1 Bentuk derajat oksidasi polianilin (Pratt. 1996)

Pada keadaan pernigranilin, semua nitrogen yang ada berbentuk imina. Pada bentuk emeraldin, perbandingan antara gugus amina dengan imina yang tidak terprotonasi adalah 1:1, sedangkan pada bentuk leukoemeraldin, semua nitrogen berbentuk amina. Sifat dan bentuk dari leukoemeraldin tidak dipengaruhi oleh pH. Bentuk polianilin yang paling penting adalah emeraldin terprotonasi. Emeraldin terprotonasi dihasilkan dari polimerisasi oksidatif anilin dalam larutan asam. Emeraldin bersifat stabil dan tidak dapat larut pada pelarut apapun.

Polianilin merupakan polimer terkonjugasi yang unik karena sifat optoelektriknya dapat dikontrol, yakni dengan mengubah derajat oksidasi pada rantai utama dan dengan melakukan protonasi pada rantai amina. Hal inilah yang menyebabkan polianilin dapat diaplikasikan sebagai sensor.



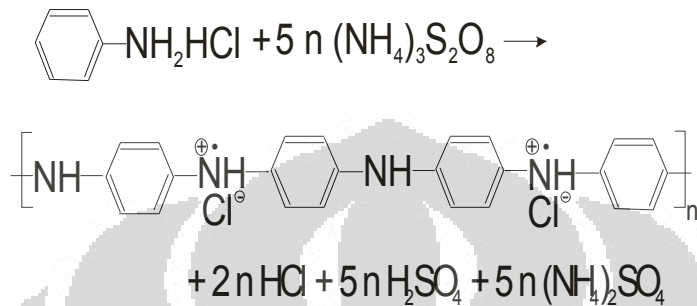
Gambar 2.2 Struktur polianilin dalam berbagai derajat oksidasi dan protonasi (Trchova.)

2.4 Polimerisasi Anilin

Polimerisasi anilin dilakukan untuk memperoleh polianilin. Polianilin dapat disintesis melalui polimerisasi elektrokimia dan polimerisasi oksidasi kimia. Polimerisasi anilin lebih efektif dilakukan pada medium asam, dengan mengubah anilin menjadi bentuk kation. Oleh sebab itu, polimerisasi diindikasikan melalui mekanisme oksidasi kationik.

Polianilin dibuat dengan cara oksidasi anilin oleh ammonium peroksodisulfat (APS) pada media larutan asam dan diperoleh dalam bentuk endapan (Shenasin & Ayad. 2004). Dasar dari sintesis polianilin adalah pencampuran dalam larutan aqua, antara asam, anilin dan oksidator. Hasil

yang didapatkan adalah emeraldin terprotonasi (garam emeraldin) (Stejskal, 2005) . Kondisi standar polimerisasi dilakukan dengan mereaksikan garam anilin 0.2 M, rasio APS/anilin 1.25, suhu ruang.

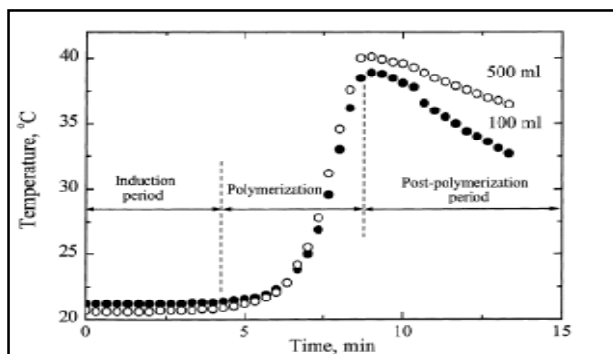


Gambar 2.3 Oksidasi anilin-HCl oleh amonium peroksodisulfat menghasilkan polianilin (emeraldin) hidroklorida (Stejskal, 2002)

Polimerisasi anilin biasanya diiringi dengan meningkatnya temperatur reaksi yang berlanjut pada penurunan kembali temperatur reaksi. Oleh karena itu, profil suhu dapat dijadikan alat pemantauan reaksi karena terdapat perbedaan suhu pada tiap tahapan reaksi tersebut.

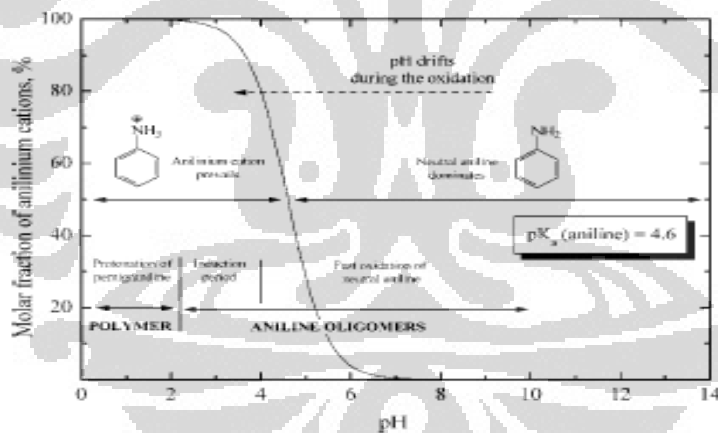
Proses polimerisasi anilin melibatkan tahap inisiasi, propagasi dan terminasi. Menurut Gospodinova dan Terlemeyzan, polimerisasi anilin didahului oleh oksidasi anilin menjadi radikal kation pada potensial mendekati 0,9 V yang akan langsung diikuti dengan formasi dimer p-aminodifenilamin (PADPA). Tahap ini dianggap sebagai tahap inisiasi polimerisasi anilin. PADPA merupakan *growing site* pada reaksi polimerisasi selanjutnya. PADPA kemudian segera teroksidasi menjadi N-fenil-1,4-benzokuinondiimin (PBQ) ($\lambda=300$ nm). Propagasi rantai polimer berlangsung dengan

penambahan monomer pada ujung rantai melalui proses redoks antara rantai yang sedang tumbuh dan yang sedang teroksidasi penuh, sebagai oksidator, serta anilin sebagai reduktor. Proses ini bersifat eksotermik. Konsentrasi tinggi oksidan pada tahap awal polimerisasi memungkinkan oksidasi singkat dari oligoanilin dan polianilin, yang memungkinkan keberadaan mereka dalam bentuk teroksidasi penuh. Hal ini ditunjukkan dengan potensial elektrokimia yang semakin meningkat dari 0,4 V (terkait dengan PBQ) ke 0,7 V (terkait dengan pernigranilin ($\lambda=560$ nm)). Proses ini kemudian diikuti dengan proses reduksi rantai polianilin oleh anilin (reduktor) karena pada tahap ini, E sistem telah menjadi begitu tinggi (0,7 V). Hasilnya adalah mulai berkurangnya E sistem ke nilai 0,25 V, yang bersesuaian dengan keadaan oksidasi bentuk emeraldin dari polianilin ($\lambda=430$ nm dan 800 nm). Potensial oksidasi dalam keadaan emeraldin ini tidak lagi cukup untuk memungkinkan terjadinya penambahan anilin pada rantai polimer.



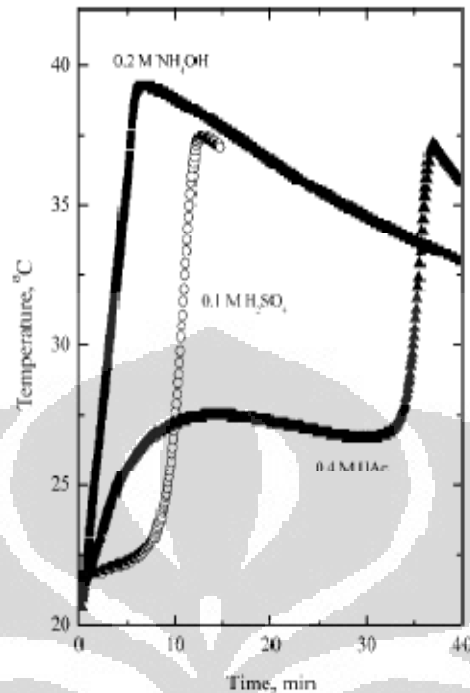
Gambar 2.4 Tahap-tahap reaksi polimerisasi anilin pada medium asam kuat
(Stejskal. 2002)

Medium asam yang digunakan memberi pengaruh pada sulit atau mudahnya anilin untuk dioksidasi. Hal ini disebabkan oleh pengaruh pH dari medium tersebut sehingga terdapat perbedaan bentuk anilin yang terjadi, yaitu bentuk molekul anilin netral dan bentuk kation anilinium. Oksidasi anilin pada medium alkali memberi bentuk anilin netral, sedangkan pada medium asam kuat, didominasi oleh bentuk kation anilinium. (Stejskal *et al.* 2008)



Gambar 2.5 Keseimbangan molekul anilin netral dengan kation anilinium
(Stejskal. 2008)

Molekul anilin netral dan kation anilinium mempunyai perbedaan distribusi elektron sehingga menyebabkan perbedaan pada reaktivitas oksidasi aniline (Stejskal. 2008)



Gambar 2.6 Profil suhu pada proses oksidasi anilin di berbagai medium (Stejskal. 2008)

Proses polimerisasi memerlukan kondisi reaksi tertentu sehingga polianilin yang dihasilkan optimum. Beberapa faktor yang harus diatur untuk mendapatkan hasil yang optimum antara lain suhu polimerisasi, waktu polimerisasi, konsentrasi anilin, konsentrasi asam, serta perbandingan jumlah monomer dengan oksidator (Cheng Sun *et al.* 1998).

2.4.1 Pengaruh Konsentrasi Anilin

Produk polimerisasi anilin akan meningkat jika konsentrasi anilin yang digunakan besar. Namun, pada konsentrasi yang terlalu tinggi produk yang dihasilkan akan berkurang karena terbentuknya produk samping, berupa rantai oligomer dengan bobot molekul yang lebih rendah.

2.4.2 Pengaruh Konsentrasi Asam

Penambahan asam pada proses polimerisasi bertujuan untuk membentuk anilin-asam yang lebih larut dalam larutan polimerisasi, menciptakan suasana asam, dan berperan sebagai dopan bagi polianilin. Konsentrasi asam terlalu tinggi, hidrolisis akan dominan sehingga polianilin yang dihasilkan memiliki bobot molekul rendah (Cheng Sun *et al.* 1998).

2.4.3 Pengaruh Perbandingan Monomer dengan Oksidator

Tingginya konsentrasi oksidator akan meningkatkan konsentrasi radikal bebas sehingga polimer yang dihasilkan akan mengalami penguraian oleh radikal bebas yang berlebih sehingga dihasilkan oligomer dengan bobot molekul yang lebih kecil. Konsentrasi oksidator yang tinggi akan menurunkan kestabilan polianilin.

2.4.4 Pengaruh Suhu

Berat molekul polianilin akan berkurang seiring naiknya suhu reaksi. Hal itu disebabkan oleh hilangnya spesi kation radikal yang akan memberi

bentuk emeraldin terprotonasi. Polimerisasi rantai kation umumnya terjadi pada suhu rendah dan menyebabkan kenaikan berat molekul pada proses inisiasi maupun propagasi. (Vilcnik *et al.* 1998)

2.4.5 Pengaruh Waktu Polimerisasi

Waktu polimerisasi bergantung pada jumlah monomer yang direaksikan untuk membentuk polimer. Selain jumlah monomer, waktu polimerisasi juga bergantung pada jumlah asam, oksidator dan suhu polimerisasi. Semakin panjang waktu polimerisasi, polimer yang dihasilkan akan meningkat (Cheng Sun *et al.* 1998).

2.5 Pembuatan Film Polianilin

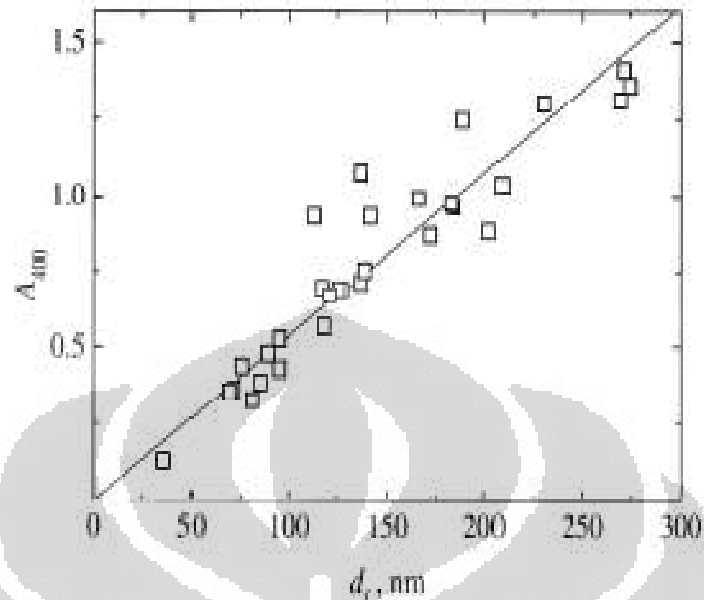
Teknik pembuatan film polianilin umumnya didasarkan pada *bulk polymerization*. Film polianilin dibuat dengan meletakkan substrat berupa kaca, silikon atau plastik ke dalam larutan anilin, kemudian menginisiasi polimerisasi untuk menghasilkan film PANI. Teknik *bulk polymerization* telah dilakukan menggunakan substrat silikon (Li & Ruckenstein. 2002).

Sementara itu, terdapat tiga macam metode dalam pembuatan film polianilin. Pertama adalah metode adsorpsi polianilin secara *in situ*, dimana anilin, asam dan oksidatornya berada dalam satu wadah yang sama (Stejskal. 1999). Pada metode ini, hanya sejumlah kecil serbuk polianilin yang menempel pada substrat dan sisanya terakumulasi sebagai PANI yang

tidak larut. Selain itu, metode ini menyebabkan tidak efisiennya penggunaan reagen yang ada.

Pembuatan film polianilin dapat pula dilakukan dengan menggunakan metode dua wadah, dimana anilin dan asam berada pada satu wadah, dan oksidator pada wadah lainnya (Madathil. 2005). Dengan metode ini, film polianilin yang dihasilkan memiliki ketebalan yang lebih baik bila dibandingkan dengan pembuatan film polianilin yang menggunakan metode satu wadah. Selain itu, anilin dan oksidator dapat digunakan seefisien mungkin. Metode terakhir adalah metode *casting* larutan polianilin pada substrat yang sesuai. Namun, polianilin yang dihasilkan harus dilarutkan terlebih dahulu pada pelarut yang sesuai.

Ketebalan film polianilin yang dihasilkan dapat diperkirakan dari hasil pengukuran absorpsi. Pada panjang gelombang 400 nm hingga 800 nm merupakan bentuk PANI berupa *green colour*. Korelasi antara ketebalan film dengan absorpsi dapat diamati dengan menggunakan absorpsi pada panjang gelombang 400 nm (A_{400}) sesuai hubungan linieritas, yaitu $A_{400} = (5,4 \pm 0,2) \times 10^{-3} d_f$ (Stejskal. 1999).



Gambar 2.7 Pengaruh absorbansi A_{400} ($\lambda = 400$ nm) terhadap ketebalan film polianilin hidroklorida, d_f . (Stejskal. 1999)

2.6 Kaca sebagai substrat

Dalam penelitian ini, substrat yang digunakan adalah kaca.

Permukaan kaca bersifat sedikit asam dan mempunyai daya serap yang tinggi. Hal ini dikarenakan adanya gugus silanol (SiOH) pada kaca dapat bereaksi melalui ikatan hidrogen dengan gugus amina (-NH), asam karboksilat (-COOH), hidroksil (-OH), atau thiol (-SH) dan senyawa lain yang mengandung gugus-gugus tersebut (Crissman. 2006)

2.7 Pemantauan Reaksi Polimerisasi Menggunakan Spektrofotometer UV-Visibel

Spektrofotometer UV-Visibel digunakan untuk untuk menentukan ketebalan film, yakni dengan cara mengukur absorbansi film yang dihasilkan pada berbagai kondisi reaksi.

2.8 Pengukuran Berat Bubuk Polianilin

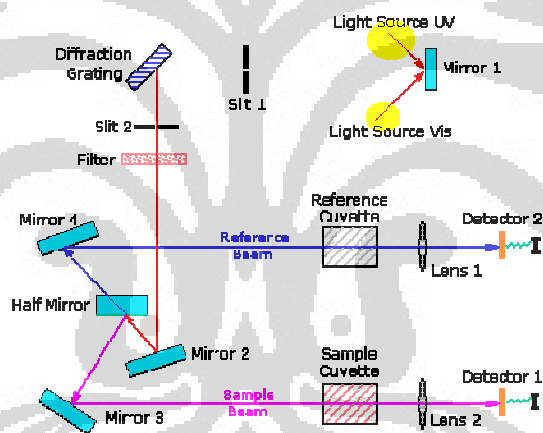
Berat bubuk polianilin diukur pada berbagai variabel yang mempengaruhi reaksi polimerisasi anilin. Berat bubuk polianilin tersaring yang didapatkan berkaitan dengan banyaknya polimer berantai panjang yang dihasilkan.

2.9 Karakterisasi Film Polianilin

Karakterisasi film polianilin menggunakan spektrofotometer UV-Visibel, FT-IR, dan SEM (*Scanning Electron Micrograph*). Spektrofotometer UV-visibel digunakan untuk mengukur absorbansi film polianilin yang dihasilkan. Pengukuran FTIR dilakukan untuk mengamati vibrasi dari bubuk polianilin yang terbentuk. SEM digunakan untuk mengetahui homogenitas dari permukaan substrat yang dihasilkan.

2.9.1 Spektrofotometer UV-Visibel

Spektrofotometer UV-vis digunakan untuk mengukur intensitas sinar yang dilalui menuju sampel (I), dan membandingkannya dengan intensitas sinar sebelum dilewatkan ke sampel tersebut (I_0). Rasio I/I_0 disebut transmittan (%T), sedangkan absorbansi diperoleh berdasarkan transmittan tersebut, yaitu $A = -\log \%T$. terdapat dua jenis spektrofotometer UV-Vis, yaitu *single beam* dan *double beam spectrophotometer*. Pada instrument *double beam*, sinar membelah sebelum mencapai sampel. Satu sinar digunakan sebagai *reference*, sedangkan sinar yang lain dilewatkan melalui sampel.

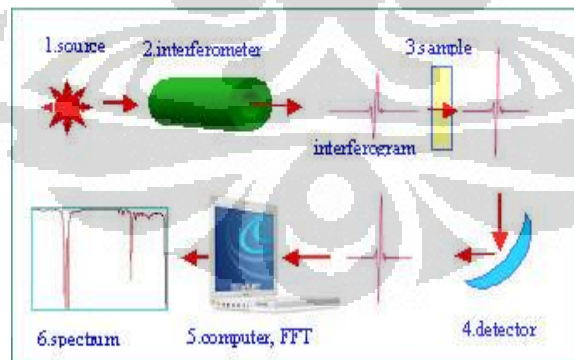


Gambar 2.8 Prinsip spektrofotometer UV-Vis *double beam*

Grafik UV-vis menggambarkan absorbansi pada tiap panjang gelombang. Panjang gelombang yang menjadi tempat absorbansi maksimum disebut λ_{maks} .

2.9.2 FT-IR

FT-IR (*Fourier Transform Infra Red*) spektrofotometer merupakan alat yang digunakan untuk analisis secara kualitatif maupun kuantitatif berdasarkan pengukuran intensitas infra merah terhadap panjang gelombang. Korelasi antara posisi serapan panjang gelombang dengan struktur kimia digunakan untuk mengidentifikasi gugus fungsi pada sampel sebab posisi panjang gelombang yang terdapat serapan gugus fungsi adalah konstan (Keck Interdisciplinary Surface Science Center). Spektrofotometer IR mendeteksi karakteristik vibrasi kelompok fungsi dari senyawa pada sampel. Saat cahaya infra merah berinteraksi dengan sampel, ikatan kimia pada sampel tersebut akan mengalami *stretch* atau *bend*. Hasil spektrum menunjukkan absorban dan transmisi molekul yang menggambarkan *fingerprint* molekul dari sampel tersebut. Tidak ada *fingerprint* yang sama untuk tiap molekul yang berbeda sehingga spektroskopi IR dapat digunakan untuk berbagai tipe analisa (Thermo Nicolet Corporation. 2001)



Gambar 2.9 Prinsip penyinaran infrared terhadap sampel

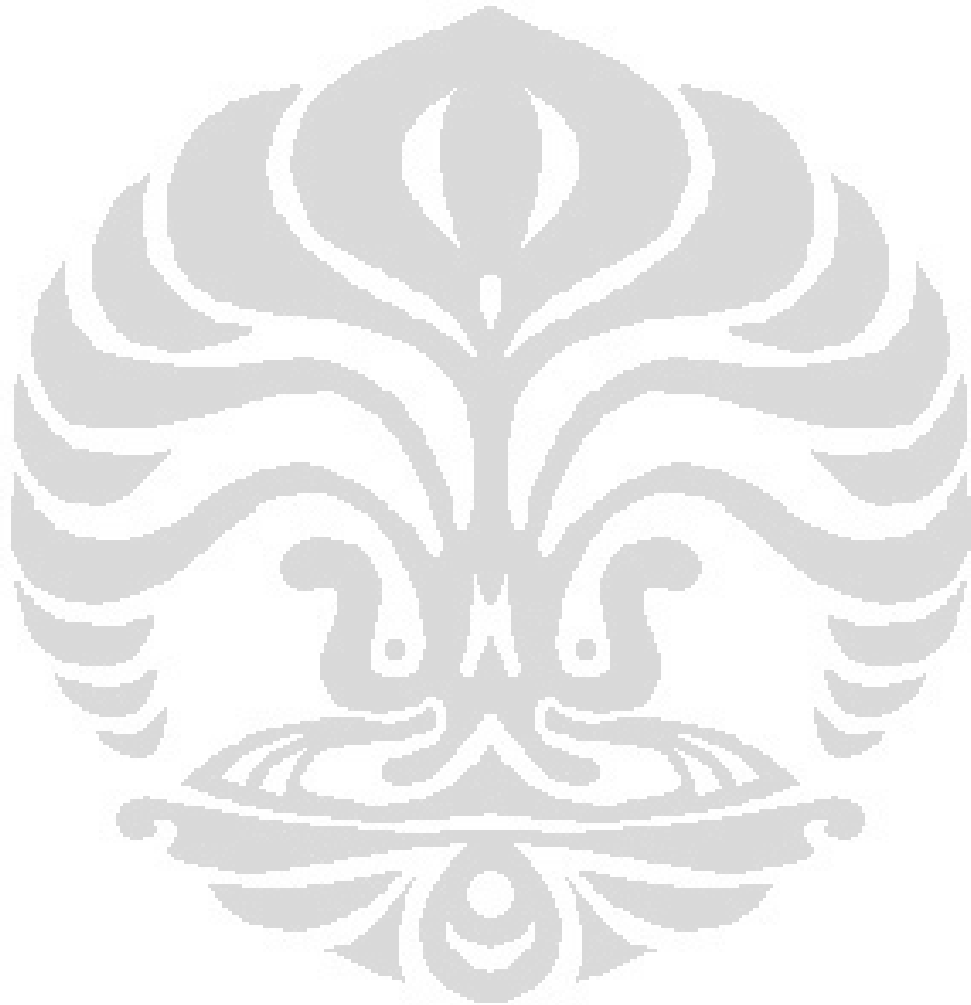
2.9.3 SEM

Scanning Electron Microscope (SEM) merupakan mikroskop electron yang dapat memberi gambaran pada permukaan sampel melalui *scanning* sampel tersebut menggunakan sinar elektron energi tinggi. Elektron tersebut berinteraksi dengan atom pada sampel, sehingga terdapat suatu sinyal yang mengandung informasi mengenai permukaan sampel tersebut.

Perbedaan morfologi polianilin berbeda-beda sesuai dengan medium yang digunakan untuk polimerisasi.



Gambar 2.10 Morfologi polianilin pada berbagai medium : (a) asam kuat, (b) asam lemah, (c) garam alkali



BAB III

BAHAN DAN CARA KERJA

3.1 Lokasi

Penelitian dilakukan di laboratorium penelitian Departemen Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Indonesia (FMIPA UI) Depok.

3.2 Bahan

Bahan kimia yang digunakan pada penelitian ini antara lain, anilin, amonium peroksidisulfat (APS), asam asetat pekat, asam propionat pekat, natrium hidroksida (NaOH), dan kalium hidrogen ftalat (KHP) yang keseluruhannya berasal dari *Merck* dan berkualitas pro analisis. Air yang digunakan adalah akuabides dan akudemin. Standarisasi larutan dilakukan dengan menggunakan indikator *phenolphthalein* (PP). Pencucian bubuk polianilin yang dihasilkan dilakukan dengan menggunakan aseton berkualitas teknis, sedangkan *slide* mikroskop (*Sail 23*) dengan ukuran 40 x 8 mm digunakan sebagai substrat pada proses polimerisasi.

3.3 Peralatan

Peralatan gelas yang biasa digunakan di laboratorium, neraca timbang analitis, termometer mikro 0 – 100 °C skala 0.2 °C, *heating mantel*, kondensor, labu bulat, oven, pencatat waktu, *magnetic stirrer*, *magnetic bar*, pH meter, kamera digital, Spektrometer FT-IR, Spektrofotometer UV-Vis, dan seperangkat alat SEM.

3.4 Penyiapan Larutan

3.4.1 Pemurnian Anilin

Anilin yang akan digunakan terlebih dahulu dimurnikan dengan cara distilasi, yaitu dengan memasukkan 12 g serbuk seng (Zn) dan 20 mL anilin ke dalam labu distilasi kemudian labu tersebut dipanaskan dalam *heating mantel* dan proses destilasi dilakukan dalam kondisi vakum.

3.4.2 Larutan Ammonium Peroksodisulfat (APS) (NH₄)₂S₂O₈)

Larutan ammonium peroksodisulfat (APS) dibuat tanpa terlebih dahulu membuat larutan induknya dan selalu digunakan pada kondisi segar. Sejumlah padatan yang diperlukan ditimbang lalu dilarutkan dalam sejumlah volume akuabides sesuai dengan konsentrasi yang diinginkan.

3.4.3 Larutan Kalium hidrogen pftat (KHP)

Larutan KHP 1 M dibuat dengan melarutkan 10.2110 g padatan KHP dalam labu 50 mL. Melalui pengenceran selanjutnya, larutan ini digunakan untuk menstandarisasi larutan NaOH.

3.4. 4 Larutan NaOH

Larutan NaOH 3 M dibuat dengan menimbang 5,9996 g NaOH dan dilarutkan ke dalam labu ukur 50 mL hingga tanda batas. Larutan NaOH tersebut distandarisasi dengan KHP menggunakan indikator fenolftalein. Prosedur pembuatan larutan standar dapat dilihat pada buku Vogel.

3.4.5 Larutan Asam Asetat

Larutan asam asetat yang digunakan diperoleh dengan pengenceran Asam asetat pekat. Larutan asam asetat tersebut distandarisasi menggunakan metode potensiometri dengan larutan NaOH yang telah distandarisasi untuk mengetahui konsentrasinya dengan tepat.

3.4.6 Larutan Asam Propionat

Larutan asam propionat yang digunakan diperoleh dengan pengenceran Asam propionat pekat. Larutan asam propionat tersebut distandarisasi dengan larutan NaOH yang telah distandarisasi menggunakan metode potensiometri untuk mengetahui konsentrasinya dengan tepat.

3.5 Penyiapan Kaca sebagai Subtrat

Kaca yang digunakan untuk mendeposisikan polianilin adalah kaca *slide* mikroskop merk *Sail* 23 dengan spesifikasi panjang 80 mm, lebar 4 mm dan ketebalan sebesar 0,8 sampai 1 mm. Kaca ini dipotong dengan ukuran tinggi 40 mm dan lebar 8 mm sesuai ukuran kuvet. Perlakuan awal substrat kaca dilakukan pencucian dan dikeringkan di udara. Setelah kering, kaca tersebut disusun seperti Gambar 3.1.



Gambar 3.1. Penataan substrat kaca (tinggi 40 mm, lebar 8 mm)

3.6 Percobaan

3.6.1 Pembuatan Garam Anilinium Asetat/Anilinium Propionat

Garam anilinium asetat dan anilinium propionat dibuat dengan menambahkan sejumlah ekuivalen asam asetat atau asam propionat yang

telah distandardisasi ke dalam 5 mL anilin hasil destilasi hingga kedua larutan membentuk 1 fasa. Garam yang terbentuk berupa garam terlarut dengan konsentrasi tertentu.

3.6.2 Standarisasi Teknis Polimerisasi

3.6.2.1 Lama polimerisasi

Garam anilinium asetat maupun anilinium propionat diencerkan sehingga diperoleh konsentrasi 0,2 M dalam labu ukur 50 mL. Garam tersebut kemudian masing-masing dipolimerisasikan dengan oksidator amonium peroksodisulfat (APS) 0,25 M dalam labu ukur 50 mL. Polimerisasi garam dan APS dengan konsentrasi dan rasio tersebut selanjutnya disebut sebagai keadaan standar. Kedua larutan tersebut didiamkan beberapa waktu hingga suhu keduanya sesuai dengan suhu ruang. Garam dan APS kemudian direaksikan dan dicatat suhu reaksi tersebut per menit hingga reaksi polimerisasi melewati tahap inisiasi, propagasi, dan terminasi.

3.6.2.2 Pencucian Substrat dan Film Polianilin

Standardisasi pencucian terhadap substrat kaca dilakukan menggunakan variasi larutan yaitu akuabides dan asam sebagai pencucinya (untuk deposisi aniliniumasetat, sb ustrat dicuci dengan asam asetat, sedangkan untuk deposisi anlinium propionat, substrat dicuci dengan asam

propionat). Pencucian film polianilin dilakukan menggunakan variasi larutan asam serta asam dilanjutkan akuabides.

3.6.2.3 Skala Pengadukan Reaksi Polimerisasi

Standardisasi skala pengadukan reaksi polimerisasi dilakukan dengan memvariasikan skala pengadukan mulai dari skala 2, 4, dan 6.

3.6.2.4 Penyimpanan Film Polianilin

Standardisasi penyimpanan film polianilin dilakukan untuk memperoleh cara penyimpanan yang tepat agar film polianilin tersebut stabil. Variasi penyimpanan dilakukan di berbagai kondisi, yaitu di udara, direndam dalam air, direndam dalam asam, dan dalam wadah tertutup.

3.6.2.5 Waktu Pengeringan Bubuk Polianilin

Standardisasi waktu pengeringan bubuk polianilin dilakukan untuk memperoleh waktu pengeringan bubuk polianilin yang optimum. Variasi waktu lamanya pengeringan dilakukan pada waktu pengeringan selama 60, 90, 120, dan 150 menit.

3.6.3 Pembuatan Polianilin Standar

Pembuatan polianilin standar dilakukan dengan menggunakan garam anilinium asetat maupun anilinium propionat dengan konsentrasi 0,2 M dan rasio garam/APS sebesar 1,25, dengan suhu awal kedua disesuaikan

dengan suhu ruang sebesar 27-29° C. Polimerisasi anilinium asetat/anilinium propionat pada kondisi standar dilakukan dengan mengencerkan sejumlah volume garam anilinium asetat dengan akuabides dalam labu ukur 50 ml sampai tanda batas, kemudian larutan dikocok hingga homogen sehingga didapat konsentrasi garam tersebut adalah 0,2 M. Larutan amonium peroksodisulfat 0,25 M dibuat dengan melarutkan sejumlah padatan APS dengan akuabides dalam labu ukur 50 ml sampai tanda batas kemudian larutan dikocok hingga homogen. Kedua larutan tersebut dibiarkan selama beberapa waktu pada suhu ruang ($\pm 27-29^{\circ}\text{C}$), sehingga keduanya mempunyai suhu yang sama. Polimerisasi anilin dilakukan secara *in situ* berlangsung pada fasa bulk dan deposisi polianilin pada kaca. Sesaat sebelum polimerisasi dilangsungkan, kaca yang telah disusun dimasukkan ke dalam wadah polimerisasi. Kedua larutan kemudian dicampurkan dan dibiarkan bereaksi selama 90 menit. Setelah reaksi polimerisasi anilin berlangsung, produk yang dihasilkan berupa bubuk polianilin dan lapisan polianilin pada kaca. Bubuk polianilin yang terbentuk kemudian disaring, lalu dicuci dengan asam asetat/asam propionat 0,2 M (sesuai garam pembentuknya) dan dilanjutkan dengan aseton teknis sebelum akhirnya dikeringkan dalam oven pada suhu 60° C. Film polianilin yang dihasilkan dari polimerisasi anilinium asetat dicuci dengan larutan asam asetat 0,2 M, sedangkan film polianilin hasil polimerisasi anilinium propionat dicuci menggunakan asam propionat 0,2 M kemudian dilanjutkan dengan

menggunakan akuabides. Film yang telah dicuci dikeringkan di udara. Film polianilin yang dihasilkan pada kondisi ini disebut sebagai film standar.

3.6.4 Faktor-faktor yang Mempengaruhi Polimerisasi Anilin

Faktor-faktor yang mempengaruhi polimerisasi anilin dipelajari melalui perbandingan hasil polimerisasi pada keadaan standar. Reaksi polimerisasi dilakukan dengan tetap menjaga rasio APS/anilin sebesar 1,25 dan setelah suhu kedua larutan sama.

3.6.4.1 Pengaruh Konsentrasi Reaktan

Pengaruh konsentrasi reaktan dipelajari dengan memvariasikan konsentrasi anilinium asetat/anilinium propionat dan APS pada konsentrasi 0,12 M, 0,16 M, dan 0,22 M anilinium asetat/anilinium propionat, rasio anilin/APS 1.25. Setelah itu, masing-masing reaktan dicampurkan dalam *beaker glass* 250 ml dan reaksi dibiarkan berlangsung hingga 90 menit.

3.6.4.2 Pengaruh Kelebihan Asam

Pengaruh kelebihan asam asetat dipelajari pada penambahan asam asetat dan asam propionat masing-masing 10 mL, 15 mL, dan 20 mL ke dalam larutan anilin-asetat 0,2 M dan larutan anilin-propionat 0,2 M (sebelum diencerkan hingga 50 mL). Setelah itu, masing-masing reaktan dicampurkan

dalam *beaker glass* 250 ml dan reaksi dibiarkan berlangsung hingga 90 menit.

3.6.4.3 Pengaruh Kelebihan APS

Pengaruh kelebihan APS dipelajari pada variasi konsentrasi 0,15 M, 0,2 M, dan 0,275 M kelebihan APS dengan menambahkan 15 mL, 20 mL, dan 27.5 mL larutan APS 1 M ke dalam larutan APS 0,25 M (sebelum diencerkan hingga 50 mL). Setelah itu, masing-masing reaktan dicampurkan dalam *beaker glass* 250 ml dan reaksi dibiarkan berlangsung hingga 90 menit. Variasi kelebihan APS ini dilakukan baik pada garam anilinium asetat maupun garam anilinium propionat.

3.6.5 Pemantauan Reaksi Polimerisasi dan Karakterisasi Produk

Pemantauan reaksi polimerisasi dilakukan terhadap perubahan temperatur yang terjadi sepanjang reaksi polimerisasi yang berlangsung pada fasa bulk. Produk polimerisasi berupa bubuk polianilin dipantau melalui pengukuran berat bubuk polianilin yang tersaring. Produk polimerisasi berupa film polianilin, kemudian dikarakterisasi lebih lanjut dengan spektrofotometer UV-Vis, FT-IR dan SEM (*Scanning Electron Micrograph*).

3.6.5.1 Pemantauan Reaksi Polimerisasi dengan Pemantauan Suhu

Pemantauan reaksi polimerisasi dilakukan dengan suhu awal 27-29°C. Pemantauan suhu reaksi tersebut dilakukan dengan mengamati suhu reaksi selama 90 menit menggunakan termometer mikro 0°C – 100°C dengan skala 0.2°C pada seluruh variasi kondisi.

3.6.5.2 Pengukuran Berat Bubuk Polianilin

Bubuk polianilin yang ditimbang adalah bubuk polianilin yang hasil polimerisasi fasa bulk pada berbagai kondisi reaksi. Bubuk polianilin yang dimaksud adalah bubuk polianilin yang dapat tersaring selama proses penyaringan menggunakan penyaring *Buchner*. Setelah disaring, bubuk tersebut dicuci menggunakan asam yang sesuai pada saat pembentukan garam. Setelah dicuci dengan asam, pencucian dilanjutkan dengan menggunakan aseton teknis. Bubuk polianilin yang diperoleh dikeringkan di dalam oven pada suhu 60°C selama 120 menit untuk bubuk yang berasal dari anilin-asetat, sedangkan bubuk yang berasal dari anilin-propionat dikeringkan selama 90 menit.

3.6.5.3 Karakterisasi dengan Spektrofotometer UV-Vis

Spektrum daerah tampak dari film polianilin yang dihasilkan diamati pada panjang gelombang $\lambda = 300-900$ nm dan *baseline* yang digunakan adalah kaca. Data absorbansi yang digunakan adalah pada $\lambda=820$ nm.

3.6.5.4 Karakterisasi dengan Spektrofotometer Inframerah

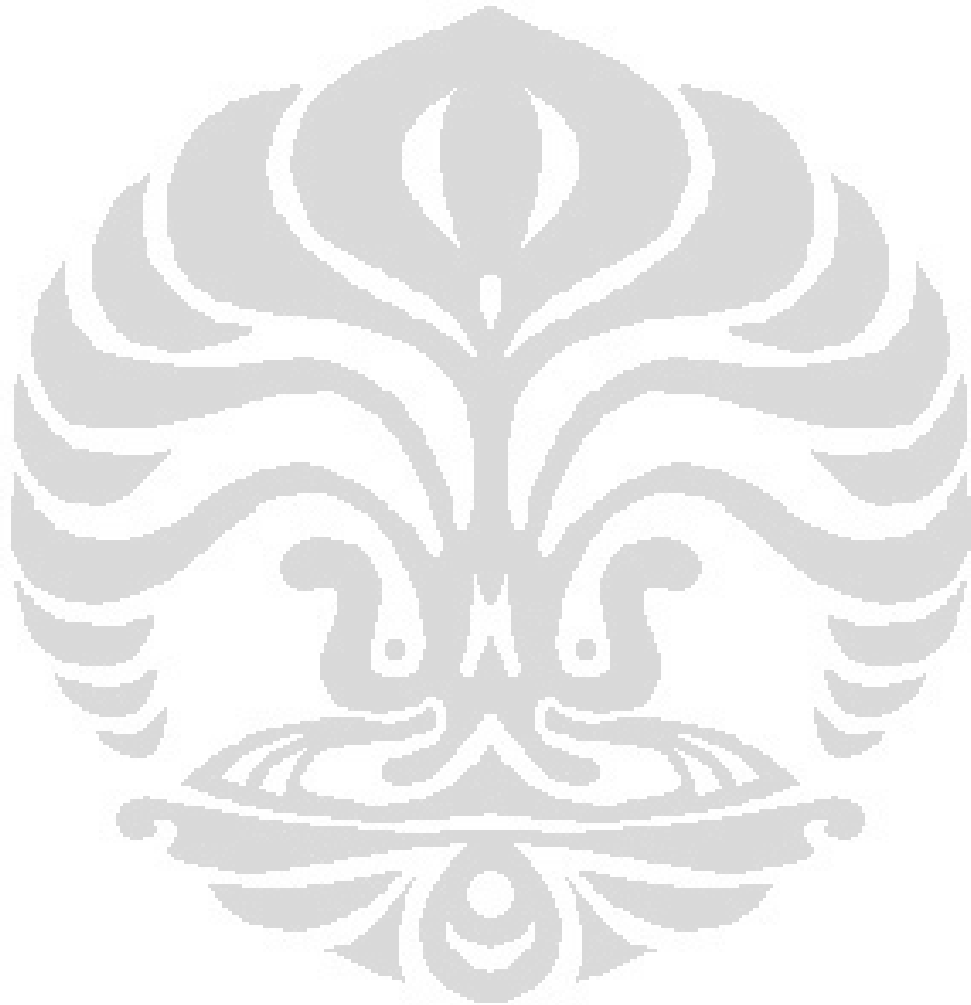
Karakterisasi dengan spektrofotometer inframerah dilakukan menggunakan film dengan konsentrasi anilinium asetat/anilinium propionat 0,20 M, variasi konsentrasi reaktan anilinium asetat/anilinium propionat 0.22M/APS 0.275 M, kelebihan asam 20 mL, dan kelebihan APS 0.275 M.

3.6.5.5 Karakterisasi dengan SEM (*Scanning Electron Micrograph*)

Karakterisasi dengan SEM dilakukan pada film polianilin standar yang dihasilkan baik dari anilinium asetat maupun dari anilinium propionat.

3.6.6 Aplikasi Film Polianilin sebagai Sensor Kualitatif Uap Amonia

Sensor kualitatif film polianilin terhadap uap amonia dilakukan dengan mengamati perubahan hantaran film polianilin tersebut . Film polianilin dikenakan terhadap uap amonia dan diukur hambatannya setiap menit selama lima menit setelah film tersebut terkena uap amonia. Pengukuran dilanjutkan dengan mengukur hambatannya setiap menit selama lima menit setelah film tersebut tidak dikenakan uap amonia (film polianilin berada di udara).



BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pembuatan Garam Anilin

Pada penelitian ini, anilin yang digunakan untuk polimerisasi telah dimodifikasi terlebih dahulu menjadi garam melalui penambahan dopan berupa asam asetat maupun asam propionat, sebab anilin memiliki sifat yang kurang stabil bila disimpan. Penambahan asam asetat maupun asam propionat ke dalam anilin menyebabkan terjadinya campuran dua fasa yang disebabkan oleh perbedaan sifat kepolaran dari anilin dan asam yang ditambahkan. Namun, penambahan asam-asam tersebut hingga saat ekuivalen, yaitu sesuai perhitungan stoikiometri, menjadikan larutan tersebut berubah menjadi satu fasa. Oleh karena itu, pembuatan garam anilinium asetat maupun anilinium propionat dilakukan dengan menambahkan asam asetat/asam propionat ke dalam anilin hingga terbentuk satu fasa dan dengan demikian, garam yang terbentuk merupakan garam terlarut. Hasil yang diperoleh ini memiliki perbedaan secara fisik bila dibandingkan dengan hasil penambahan dopan HCl ke dalam anilin yang menghasilkan garam berupa padatan. Hal tersebut disebabkan oleh karena garam hasil penambahan dopan asam asetat dan asam propionat sulit untuk beragregasi

membentuk endapan karena pelarut lebih senang mensolvasi garam-garam tersebut.

4.2 Polimerisasi Anilin

Polimerisasi film polianilin ini dilakukan secara *in situ* dengan menggunakan garam anilinium asetat/anilinium propionat yang telah dibuat. Produk yang dihasilkan berupa bubuk polianilin pada fasa bulk dan film polianilin (lapisan polianilin pada substrat). Substrat yang digunakan selama proses polimerisasi dalam penelitian ini adalah kaca dan polianilin yang dihasilkan dari polimerisasi dideposisikan secara langsung pada kaca tersebut. Pemilihan substrat dengan menggunakan kaca didasari oleh sifat kepolaran dari kaca tersebut sehingga diharapkan polianilin yang dihasilkan dapat terdeposisi dengan baik pada kaca tersebut sekaligus memiliki permukaan yang lebih halus dan homogen.

Standarisasi teknik polimerisasi yang dilakukan meliputi lama polimerisasi, pencucian substrat dan film polianilin, skala pengadukan, penyimpanan film polianilin, dan waktu pengeringan bubuk polianilin. Sebagai kondisi standar, dilakukan polimerisasi anilinium asetat/anilinium propionat 0.2 M dengan APS 0.25 M pada suhu ruang. Kondisi standar tersebut mengikuti standar polimerisasi Stejkal (IUPAC *Technical Report* 2002) yang melakukan polimerisasi anilin-HCl 0.2 M, rasio APS/anilin 1.25, suhu ruang.

Pengaruh berbagai faktor yang mempengaruhi proses polimerisasi (konsentrasi reaktan, kelebihan asam asetat maupun asam propionat, dan kelebihan konsentrasi APS) dipelajari dengan profil suhu dan pengukuran berat bubuk polianilin. Pemantauan profil suhu polimerisasi digunakan sebagai dasar pemantauan berbagai tahap pada reaksi polimerisasi karena tahap-tahap reaksi polimerisasi anilin pada kondisi yang berbeda memiliki profil suhu yang berbeda pula, demikian pula dengan berat bubuk polianilin yang dihasilkan pada berbagai kondisi polimerisasi.

Homogenitas serapan dan ketebalan film yang dihasilkan secara kualitatif diamati melalui absorbansi film polianilin dalam spektrum serapan UV-Visibel. Ketebalan film polianilin memiliki hubungan linieritas terhadap absorbansi sesuai persamaan $A_{400} = (5,4 \pm 0,2) \times 10^{-3} d_f$ (Stejskal. 1999). Selain itu, untuk mengetahui homogenitas permukaan substrat yang telah dilapisi dengan polianilin, film polianilin dikarakterisasi menggunakan SEM (*Scanning Electron Micrograph*), sedangkan untuk mengetahui gugus-gugus dan pergeserannya pada berbagai kondisi yang terdapat pada hasil polimerisasi, bubuk polianilin dikarakterisasi menggunakan FT-IR.

4.3 Pengaruh Teknis Polimerisasi Polianilin

Secara teknis, beda perlakuan yang dilakukan pada polimerisasi polianilin, menghasilkan karakteristik yang berbeda pula. Oleh karena itu, perlu dilakukan standarisasi terhadap berbagai faktor teknis yang

mempengaruhi proses polimerisasi baik pada fasa bulk maupun pada film polianilin untuk mendapat produk secara maksimal. Standarisasi teknis polimerisasi polianilin yang dilakukan antara lain, waktu polimerisasi, pencucian substrat dan film polianilin, skala pengadukan selama polimerisasi, penyimpanan film polianilin dan waktu pengeringan bubuk polianilin.

4.3.1 Lama Polimerisasi anilinium asetat/anilinium propionat

Berdasarkan penelitian Herlianti (2007), polimerisasi anilin yang *didoping* dengan senyawa anorganik, yaitu HCl (anilinium klorida), pada kondisi standar dan suhu ruang melewati tahap inisiasi, propagasi, dan terminasi selesai dalam waktu 30 menit. Namun, saat dilakukan polimerisasi pada kondisi standar terhadap anilin yang *didoping* dengan senyawa organik (anilinium asetat/anilinium propionat) selama waktu 30 menit, belum terjadi tahap propagasi maupun terminasi. Oleh karena itu, waktu polimerisasi diperpanjang hingga tercapai tahap propagasi dan terminasi tersebut. Dari hasil pengamatan, tahap inisiasi, propagasi, dan terminasi pada anilinium asetat/anilinium propionat pada kondisi standar dan suhu ruang dicapai setelah waktu polimerisasi selama 90 menit. Untuk selanjutnya, seluruh polimerisasi anilinium asetat/anilinium propionat pada penelitian ini dilakukan dalam waktu 90 menit. Lamanya waktu yang dibutuhkan bagi anilinium asetat/anilinium propionat untuk berpolimerisasi disebabkan oleh sulitnya kation anilinium yang berinteraksi dengan gugus organik untuk dioksidasi

sehingga tahap inisiasi, yaitu tahap terbentuknya *growing site*, menjadi lebih lama (Stejskal, 2008).

4.3.2 Pencucian Substrat dan Pencucian Film Polianilin

Untuk mengetahui standar teknis pencucian substrat, dalam hal ini adalah kaca, dan film polianilin, dilakukan variasi pencucian terhadap substrat dan film polianilin pada kondisi berbeda. Substrat dicuci dengan akuabides dan asam yang sesuai dengan pembentuk garam (substrat untuk anilinium asetat dicuci dengan asam asetat, sedangkan anilinium propionat dicuci dengan asam propionat). Tujuan pencucian substrat, baik dengan akuabides maupun dengan asam, adalah untuk mempelajari pengaruh semakin polar atau non-polarnya substrat tersebut terhadap deposisi polianilin.

Pencucian film polianilin dilakukan dengan menggunakan asam dan dengan asam yang dilanjutkan dengan akuabides. Tujuan pencucian film polianilin dengan asam diharapkan agar film polianilin terprotonasi sempurna. Pencucian selanjutnya oleh akuabides adalah untuk menghilangkan sisa asam yang tidak terpakai pada saat protonasi.

Dari Tabel 4.1a dan 4.1b dapat dilihat bahwa pencucian substrat dengan asam akan menurunkan absorbansi yang dihasilkan karena asam tersebut mengubah kepolaran substrat yang berpengaruh pada ketebalan lapisan polianilin pada substrat tersebut.

Pada pencucian film terdapat perbedaan serapan absorbansi antara polianilinium asetat dan polianilinium propionat. Film polianilinium asetat menunjukkan serapan absorbansi yang tinggi saat film tersebut dicuci hanya dengan asam asetat, sedangkan serapan absorbansi film polianilin hasil polimerisasi anilinium propionat tertinggi terjadi saat pencucian film tersebut dilakukan dengan asam propionat dan dilanjutkan dengan akuabides. Hal tersebut terjadi karena ion asetat lebih polar dibanding ion propionat sehingga asam asetat yang digunakan untuk protonasi film polianilinium asetat ikut larut saat pencucian dengan akuabides dan menurunkan absorbansi, sedangkan ion propionat kurang larut air sehingga hasil protonasi tidak terhidrolisis kembali.

Tabel 4.1a Tabel absorbansi variasi pencucian substrat dan film polianilin untuk anilin-asetat ($t_{\text{polimerisasi}} = 90$ menit, $\lambda = 820$ nm)

Film dicuci dengan	Substrat dicuci dengan	Akuabides	Asam asetat
	Asam asetat		1.286 ± 0.1609
Asam asetat + akuabides		0.935 ± 0.2890	1.098 ± 0.0446

Keterangan : n=3

Tabel 4.1b Tabel absorbansi variasi pencucian substrat dan film polianilin untuk anilin-propionat ($t_{\text{polimerisasi}} = 90$ menit, $\lambda = 820$ nm)

Substrat dicuci Film dengan dicuci dengan	Akuabides	Asam Propionat
Asam Propionat	1.535 ± 0.2632	0.956 ± 0.0881
Asam Propionat + akuabides	1.701 ± 0.1705	1.628 ± 0.2184

Keterangan : n=3

4.3.3 Skala Pengadukan Reaksi Polimerisasi

Kecepatan pengadukan pada polimerisasi mempengaruhi kecepatan pertumbuhan *growing site* pada substrat kaca. Oleh karena itu, perlu dilakukan variasi skala pengadukan pada skala 2, 4, dan 6 pada stirrer untuk menentukan kondisi pengadukan yang paling baik, sehingga memberikan hasil polimerisasi yang paling baik pula.

Dari Tabel 4.2a dan Tabel 4.2b dapat dikatakan bahwa semakin besar skala pengadukan, yang artinya semakin cepat pengadukan, maka semakin kecil absorbansi film yang dihasilkan. Dengan demikian, film yang terdeposisikan pada substrat semakin tipis. Skala pengadukan yang tinggi menyebabkan ketidakstabilan posisi substrat dalam wadah reaksi. Selain itu, skala pengadukan yang terlalu cepat akan mengganggu proses pertumbuhan

growing site maupun pertumbuhan rantai sehingga hasil deposisi pada substrat kurang homogen dan merata.

Tabel 4.2a Tabel absorbansi film polianilinium asetat terhadap variasi skala pengadukan ($t_{\text{polimerisasi}} = 90$ menit, $\lambda = 820$ nm)

Variasi skala pengadukan	Absorbansi (nm)
Skala 2	1.5077 ± 0.1782
Skala 4	1.2963 ± 0.2436
Skala 6	0.9710 ± 0.4852

Keterangan: $n=3$

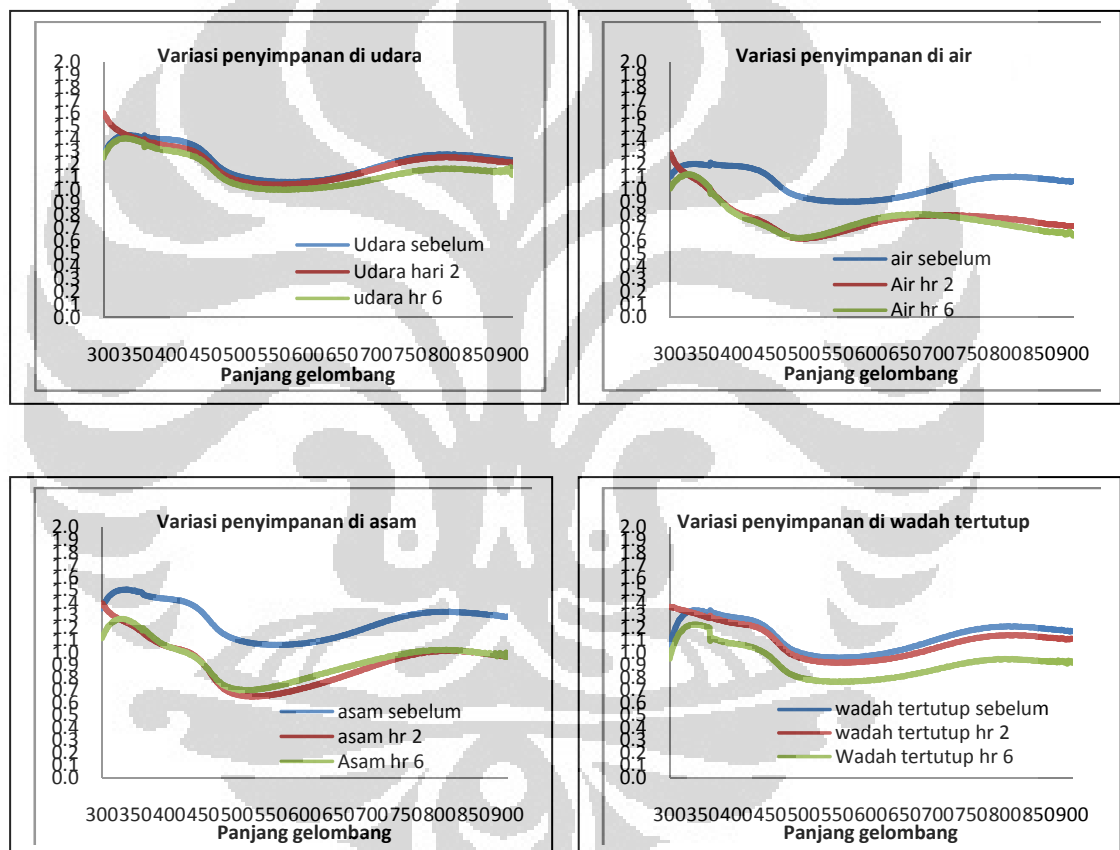
Tabel 4.2b Tabel absorbansi film polianilinium propionat terhadap variasi skala pengadukan ($t_{\text{polimerisasi}} = 90$ menit, $\lambda = 820$ nm)

Variasi skala pengadukan	Absorbansi (nm)
Skala 2	1.946 ± 0.1962
Skala 4	1.326 ± 0.1659
Skala 6	0.665 ± 0.1181

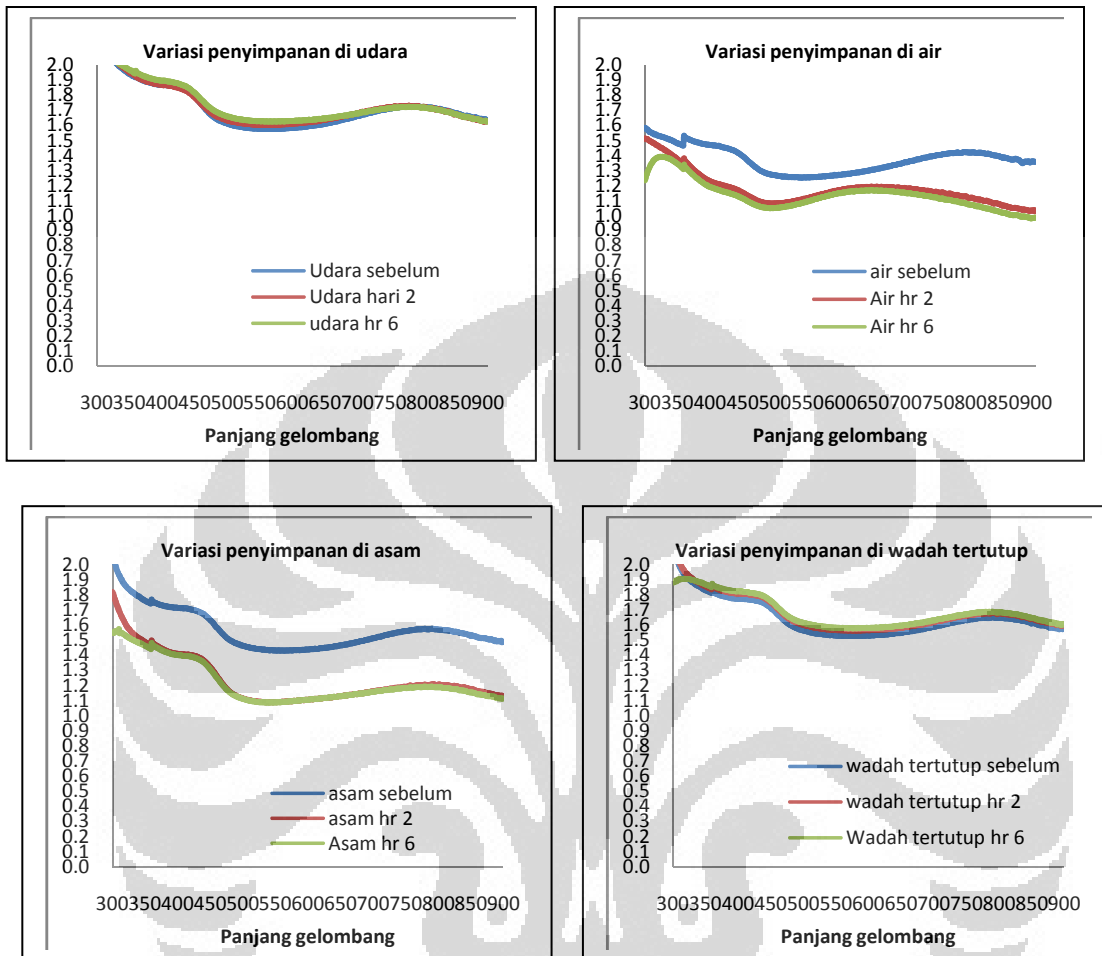
Keterangan: $n=3$

4.3.4 Penyimpanan Film Polianilin

Untuk memperoleh film polianilin yang stabil perlu dipelajari kondisi yang tepat untuk penyimpanannya. Pengaruh penyimpanan film polianilin dipelajari pada kondisi berbeda, yaitu di udara, direndam dalam air, direndam dalam asam, dan dalam wadah tertutup selama enam hari.



Gambar 4.1a Spektrum film polianilin pada variasi penyimpanan (konsentrasi anilinium asetat 0,2 M rasio APS/anilin 1,25, suhu ruang)



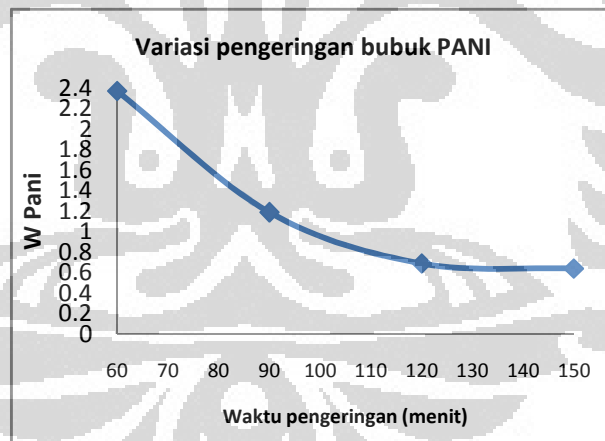
Gambar 4.1 b Spektrum akhir polianilin pada variasi penyimpanan (konsentrasi anilinium propionat 0,2 M rasio APS/anilin 1,25, suhu ruang)

Gambar 4.1a dan 4.1b merupakan hasil pengamatan terhadap absorbansi film polianilinium asetat dan polianilinium propionat yang disimpan pada kondisi berbeda. Dari gambar tersebut, menunjukkan bahwa kondisi penyimpanan yang berbeda menghasilkan kestabilan film polianilin yang berbeda pula. Film polianilin yang disimpan di udara dan dalam wadah tertutup memiliki perbedaan absorbansi yang kecil, sedangkan film polianilin

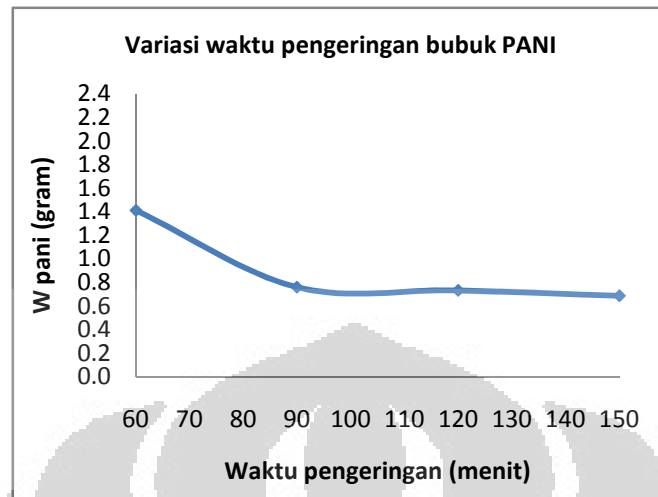
yang di simpan dalam air maupun asam mempunyai perbedaan absorbansi yang cukup signifikan. Hal tersebut kemungkinan disebabkan oleh adanya hidrolisis akibat adanya interaksi yang terjadi antara film polianilin dengan air maupun asam selama film polianilin tersebut disimpan.

4.3.5 Waktu Pengeringan Bubuk Polianilin

Pada penelitian ini dilakukan optimasi terhadap lamanya waktu pengeringan bubuk polianilin yang dihasilkan. Bubuk polianilin yang dihasilkan dari prosedur standar dikeringkan dalam oven pada suhu 60°C selama 60, 90 120, dan 150 menit.



Gambar 4.2a Kurva waktu pengeringan bubuk polianilin dari anilinium asetat pada berbagai variasi waktu (konsentrasi anilinium asetat 0,2 M, rasio APS/anilin 1,25)



Gambar 4.2b Kurva waktu pengeringan bubuk polianilin dari anilinium propionat pada berbagai variasi waktu (konsentrasi anilinium propionat 0,2 M, rasio APS/anilin 1,25)

Pada pengeringan bubuk polianilinium asetat, terjadi pengurangan berat yang signifikan dari menit ke-60 sampai menit ke-120. Pengurangan signifikan berat bubuk polianilinium propionat terjadi pada menit ke-60 sampai menit ke-90. Hal ini dikarenakan ion asetat lebih polar dibanding ion propionat sehingga anilinium asetat lebih sulit melepas H_2O yang terdapat di dalam bubuk dibanding anilinium propionat

Berat bubuk polianilin dari anilinium asetat mulai mencapai kestabilan sejak menit ke-120 dan berat bubuk polianilin dari anilinium propionat mulai mencapai kestabilan pada menit ke-90. Oleh karena itu, waktu pengeringan selanjutnya untuk bubuk polianilinium asetat dilakukan selama 120 menit, sedangkan waktu pengeringan bubuk polianilinium propionat dilakukan selama 90 menit.

4.3.6 Standar Teknis Polimerisasi

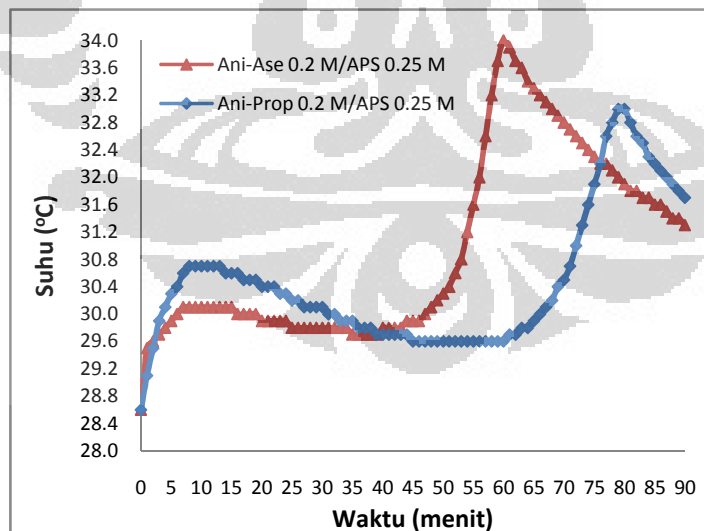
Dari hasil standardisasi teknis polimerisasi didapatkan bahwa polimerisasi anilinium asetat/anilinium propionat pada permukaan kaca dilakukan dalam waktu 90 menit dengan pengadukan pada skala 2 dan substrat yang digunakan dicuci menggunakan akuabides. Film polianilinium asetat dicuci menggunakan asam asetat dan bubuknya dikeringkan selama 120 menit. Film polianilinium propionat dicuci menggunakan asam propionat dan dilanjutkan dengan akuabides, sedangkan bubuknya dikeringkan selama 90 menit.

4.4 Polimerisasi Standar

Reaksi polimerisasi pada keadaan standar, baik anilinium asetat maupun anilinium propionat, diamati melalui profil suhu seperti ditunjukkan pada Gambar 4.3. Pada awal reaksi polimerisasi anilin-asetat yang berlangsung dari menit ke-0 sampai menit ke-7 kurva suhu menunjukkan kenaikan suhu secara signifikan, sedangkan kenaikan serupa dialami saat polimerisasi anilin-propionat dari menit ke-0 sampai menit ke-8. Pada awal reaksi, kedua garam belum memiliki potensial yang cukup untuk dilakukan oksidasi anilin sehingga kedua garam akan menaikkan potensialnya dan diindikasikan dengan terjadinya kenaikan suhu.

Tahap berikutnya merupakan tahap inisiasi, yang berlangsung dari menit ke-9 sampai menit ke-46 untuk anilinium asetat, dan menit ke-9 sampai menit ke-65 untuk anilinium propionat. Pada tahap ini terjadi reaksi oksidasi monomer anilin yang menghasilkan oligomer dan pernigranilin (Gospodanova & Terlemeyzan. 1998). Pada tahap ini, anilinium asetat mengalami pertumbuhan *growing site* lebih cepat daripada anilinium propionat. Hal ini kemungkinan dipengaruhi oleh perbedaan panjang rantai dan menunjukkan bahwa anion propionat menyebabkan polimerisasi menjadi lebih sukar dibanding anion asetat.

Penurunan suhu yang terjadi pada tahap ini disebabkan oleh sulitnya kation anilinium dioksidasi karena pasangan elektron pada nitrogen yang berdelokalisasi pada molekul anilin netral menjadi terlokalisasi pada kation anilinium tersebut. (Stejskal. 2008)



Gambar 4.3 Profil temperatur polimerisasi standar (konsentrasi anilin-Asetat 0,2 M dan anilin-Propionat 0,2 M, rasio APS/anilin 1,25, suhu ruang)

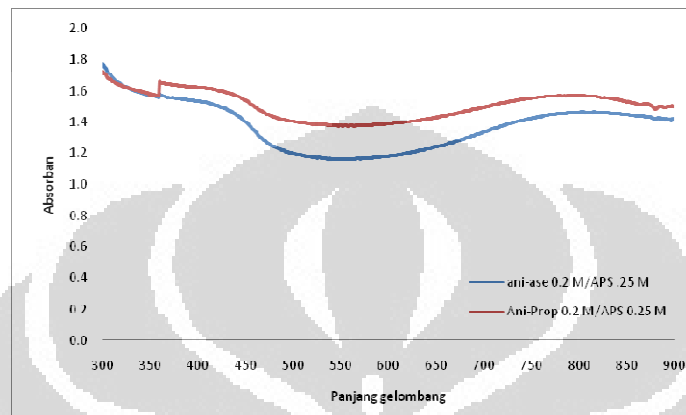
Tahap selanjutnya adalah tahap propagasi, yaitu tahap terjadinya pertumbuhan rantai. Pada tahap ini, kedua garam anilin tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan. Pada tahap terminasi, kedua garam mengalami reduksi polianilin oleh sisa monomer anilin.

Berbeda dengan proses polimerisasi anilinium asetat/anilinium propionat, tahap inisiasi pada polimerisasi anilinium klorida yang dilakukan pada penelitian Herlianti (2007), hanya berlangsung selama tiga menit. Dopan asam kuat yang ditambahkan menyebabkan kation anilinium tahap ini sulit dioksidasi namun mudah untuk dilakukan penambahan monomer pada saat perpanjangan rantai PANI (Stejskal. 2008)

Tabel 4.3 Waktu induksi, propagasi, terminasi, serta suhu maksimum polianilin pada kondisi standar

	Induksi	Propagasi	Terminasi	Suhu maksimum
Polianilinium asetat	0-46 menit	47-60 menit	>60 menit	34 °C
Polianilinium propionat	0-64 menit	65-80 menit	>80 menit	33 °C

Spektrum serapan film polianilin standar ditunjukkan pada Gambar 4.4. Film polianilin yang dihasilkan menunjukkan serapan yang terjadi pada panjang gelombang 320 nm, 420 nm, 600 nm, dan 820 nm.



Gambar 4.4 Spektrum akhir polianilin standar (konsentrasi anilinium asetat 0,2 M dan anilinium propionat 0.2 M, rasio APS/anilin 1,25, suhu ruang)

Puncak 320 nm dan 820 nm menunjukkan fasa leukomeraldin dan emeraldin, sedangkan serapan pada 600 nm menunjukkan fasa pernigranilin. Puncak 420 nm menunjukkan bentuk protonasi PANI yang *didoping* dengan asam asetat maupun asam propionat. Oleh karena itu dapat disimpulkan bahwa polianilin yang dideposisikan pada kaca adalah bentuk garam emeraldin.

4.5 Studi Faktor-faktor Yang Mempengaruhi Proses Polimerisasi

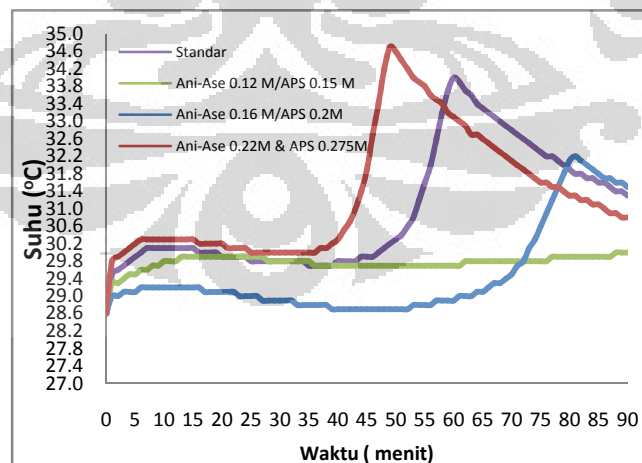
Dalam penelitian ini, akan dilakukan kajian mengenai berbagai faktor yang mempengaruhi proses polimerisasi anilin melalui interpretasi

mekanisme yang diusulkan oleh Gospodnova dan L. Terlemezyan (1998).

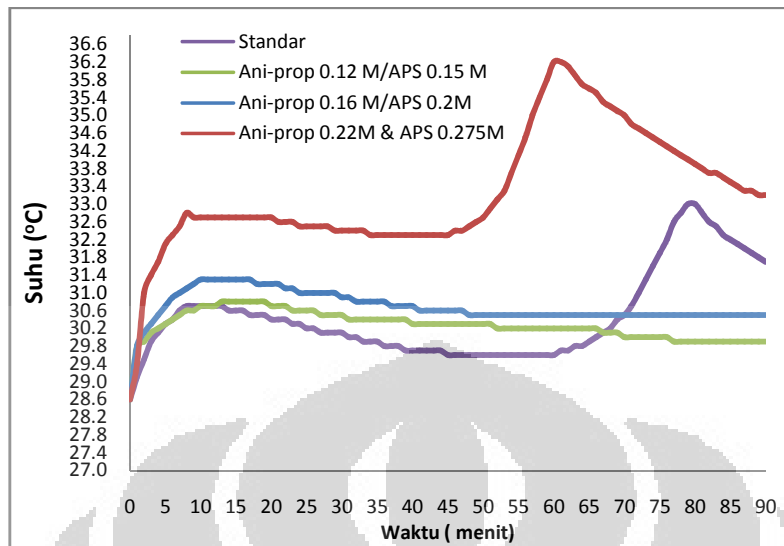
Pengamatan dilakukan menggunakan profil suhu, absorbansi UV-Visibel, dan berat bubuk polianilin.

4.5.1 Pengaruh Konsentrasi Reaktan

Pengaruh berbagai variasi konsentrasi reaktan dipelajari dengan tetap mempertahankan perbandingan konsentrasi APS/aniline 1,25. Pemantauan terhadap profil suhu polimerisasi anilinium asetat dan anilinium propionat di berbagai konsentrasi reaktan (Gambar 4.5a dan gambar 4.5b) menunjukkan bahwa konsentrasi reaktan berpengaruh besar terhadap berlangsungnya berbagai tahap reaksi polimerisasi. Semakin rendah konsentrasi reaktan yang digunakan, maka semakin sulit kation anilinium untuk dioksidasi sehingga waktu inisiasi akan semakin lama.



Gambar 4.5a Profil suhu polimerisasi anilinium asetat pada berbagai variasi konsentrasi reaktan (rasio APS/anilin 1,25, suhu ruang)



Gambar 4.5b Profil suhu polimerisasi anilinium propionat pada berbagai variasi konsentrasi reaktan (rasio APS/anilin 1,25, suhu ruang)

Untuk lebih jelasnya, Tabel 4.4a dan Tabel 4.4b adalah ringkasan tahap reaksi polimerisasi anilin yang berasal dari Gambar 4.5a dan gambar 4.5b.

Tabel 4.4a Pengaruh variasi konsentrasi reaktan pada anilinium asetat terhadap waktu induksi, propagasi, terminasi, serta suhu maksimum

[Anilinium Asetat]	Induksi	Polimerisasi	Terminasi	Suhu maksimum
0,12 M	0-90 menit	-	-	30 °C
0,16 M	0-70 menit	71- 81 menit	>81 menit	32.2 °C
0,22 M	0-38 menit	39-49 menit	>49 menit	34.7 °C

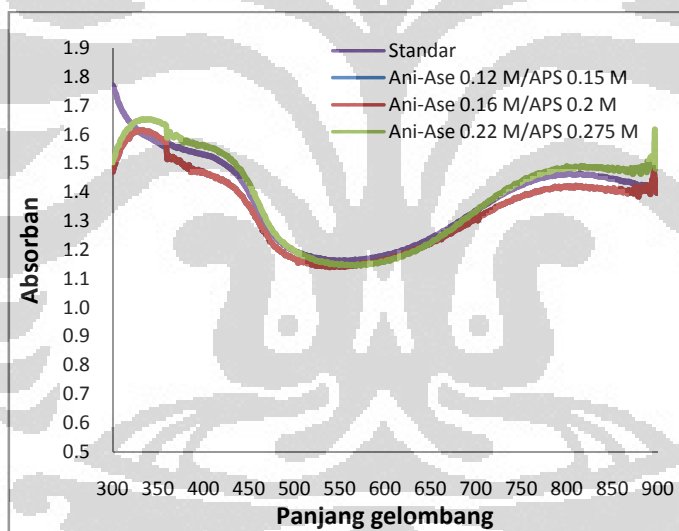
Tabel 4.4b Pengaruh variasi konsentrasi reaktan pada anilinium propionat terhadap waktu induksi, propagasi, terminasi, serta suhu maksimum

[Anilin-Asetat]	Induksi	Propagasi	Terminasi	Suhu maksimum
0,12 M	0-90 menit	-	-	30.8°C
0,16 M	0-90 menit	-	-	31.3 °C
0,22 M	0-47 menit	47-61 menit	>61 menit	36.2 °C

Data waktu induksi, propagasi, terminasi, serta suhu maksimum dari reaksi dengan variasi konsentrasi reaktan menunjukkan perbedaan yang signifikan. Dari Table 4.4a dan Table 4.4b dapat dilihat bahwa pada variasi konsentrasi dibawah standar untuk polianilin asetat, tahap perpanjangan rantai masih dapat diamati, sedangkan untuk polianilin propionat, tahap tidak dapat diamati. Hal ini meperkuat dugaan bahwa anilin dengan dopan asam propionat lebih sulit dipolimerisasi. Temperatur maksimum yang didapat dari masing-masing variasi konsentrasi menunjukkan bahwa semakin besar variasi konsentrasi reaktan, maka akan semakin besar pula temperatur maksimum yang dihasilkan. Peningkatan temperatur reaksi diakibatkan oleh semakin tingginya konsentrasi APS yang digunakan sehingga mempercepat reaksi oksidasi berbagai spesi ke bentuk perniganilin yang merupakan reaksi

yang bersifat eksotermik, bersamaan dengan bertambahnya anilin yang dapat dioksidasi. (Gospodinova dan Terlemezyan, 1998).

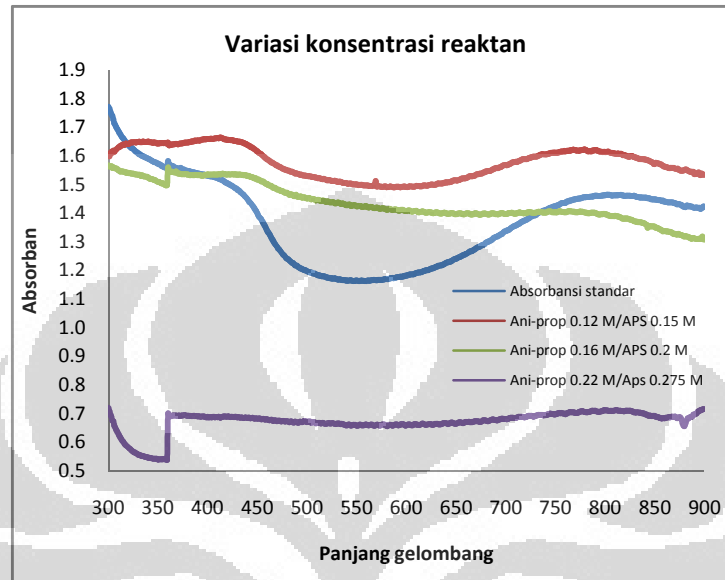
Spektrum serapan film polianilinium asetat dan polianilinium propionat dengan waktu polimerisasi 90 menit pada variasi konsentrasi reaktan terlihat pada Gambar 4.6a dan Gambar 4.6b. Semakin tinggi konsentrasi anilinium asetat dan APS, maka semakin tinggi pula absorbansi yang dihasilkan. Hal tersebut menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi reaktan yang dihasilkan, maka pelapisan film pada kaca semakin meningkat (Stejskal, 2002).



catatan: garis biru berhimpit dengan garis merah

Gambar 4.6a Spektrum serapan film polianilinium asetat pada berbagai konsentrasi reaktan (rasio APS/anilin 1,25, suhu ruang, t polimerisasi = 90 menit)

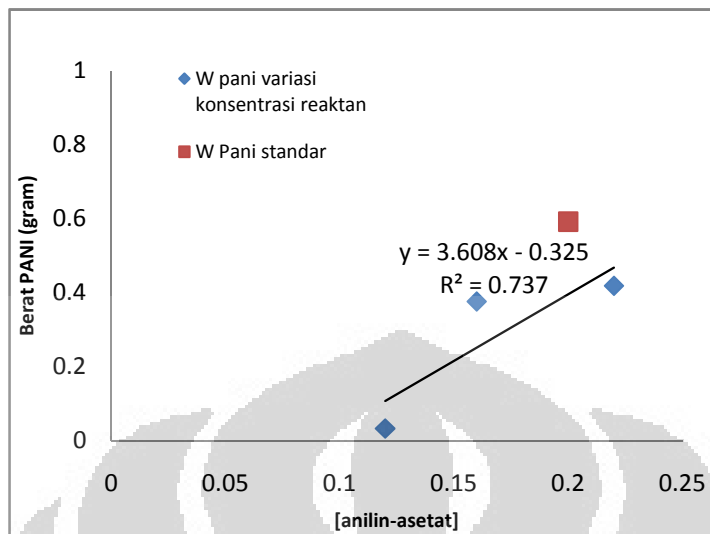
Namun, semakin besar konsentrasi aniliniumpropionat dan APS, cenderung menghasilkan absorbansi yang lebih rendah.



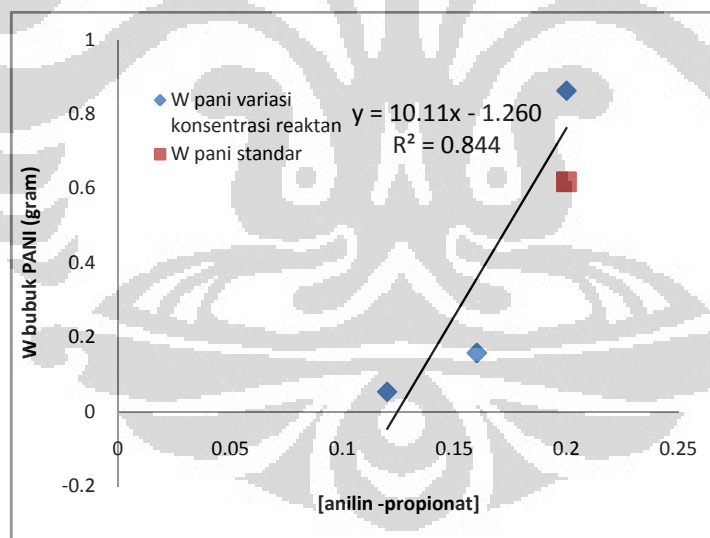
Gambar 4.6b Spektrum serapan film polianilinium propionat pada berbagai konsentrasi reaktan (rasio APS/anilin 1,25, suhu ruang, t polimerisasi = 90 menit)

Berat bubuk polianilin yang tersaring pada berbagai konsentrasi reaktan terdapat pada Lampiran 6 dan Gambar 4.7a dan 4.7b. Meningkatnya konsentrasi reaktan akan mempercepat masa induksi sehingga *growing site* polimerisasi akan meningkat. Hal ini akan menyebabkan dihasilkannya polimer dengan rantai yang panjang. Secara tidak langsung, berat bubuk polianilin yang tersaring akan mengalami peningkatan seiring dengan meningkatnya konsentrasi reaktan.

Film polianilinium asetat/polianilinium propionat 0,22 M/APS 0.275 M dikarakterisasi menggunakan FT-IR.



Gambar 4. 7a Profil berat bubuk polianilin pada berbagai konsentrasi anilin Asetat (rasio APS/anilin 1,25, suhu ruang)

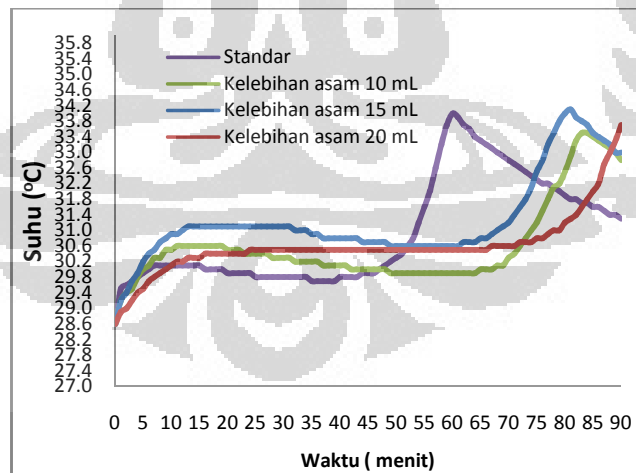


Gambar 4.7b Profil berat bubuk polianilin pada berbagai konsentrasi anilin-Propionat (rasio APS/anilin 1,25, suhu ruang)

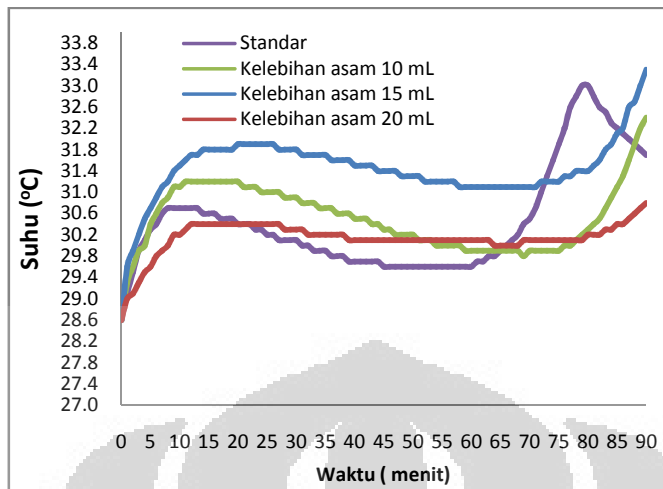
4.5.2 Pengaruh Kelebihan Asam

Dalam penelitian ini, dilakukan kajian mengenai pengaruh kelebihan konsentrasi asam asetat maupun asam propionat terhadap berbagai tahap reaksi polimerisasi anilin. Perbedaan lama induksi berbagai konsentrasi kelebihan asam dapat dilihat dari profil suhu polimerisasi (Gambar 4.8a dan Gambar 4.8b).

Table 4.7a dan Table 4.7b merupakan ringkasan tahap reaksi polimerisasi anilin yang berasal dari Gambar 4.8a dan gambar 4.8b. Dari kedua table tersebut dapat dilihat bahwa penambahan asam menyebabkan semakin lama waktu induksi polianilin sebagai akibat dari semakin sulit oksidasi rantai polianilin yang terprotonasi karena hidrolisis rantai polimer oleh asam tersebut.



Gambar 4.8a Profil temperatur polianilin pada berbagai variasi kelebihan asam asetat (anilinium asetat 0,2 M, rasio APS/anilin 1,25, suhu ruang)



Gambar 4.8b Profil temperatur polianilin pada berbagai variasi kelebihan asam propionat([anilinium propionat 0,2 M, rasio APS/anilin 1,25, suhu ruang)

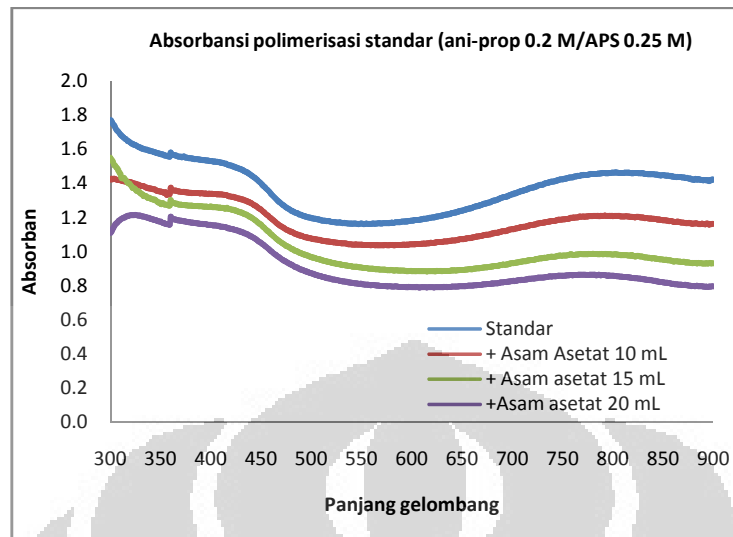
Tabel 4.7a Pengaruh variasi konsentrasi kelebihan asam asetat terhadap waktu induksi, polimerisasi, pasca polimerisasi serta temperatur maksimum

Volume kelebihan Asam Asetat	Induksi	Propagasi	Terminasi	Suhu maksimum
0 mL	0-47 menit	48-60 menit	>61 menit	34 °C
10 mL	0-69 menit	70-84 menit	>85 menit	33.5 °C
15 mL	0-67 menit	68-81 menit	>82 menit	34.1 °C
20 mL	0-79 menit	>79 menit	>79 menit	33.7 °C

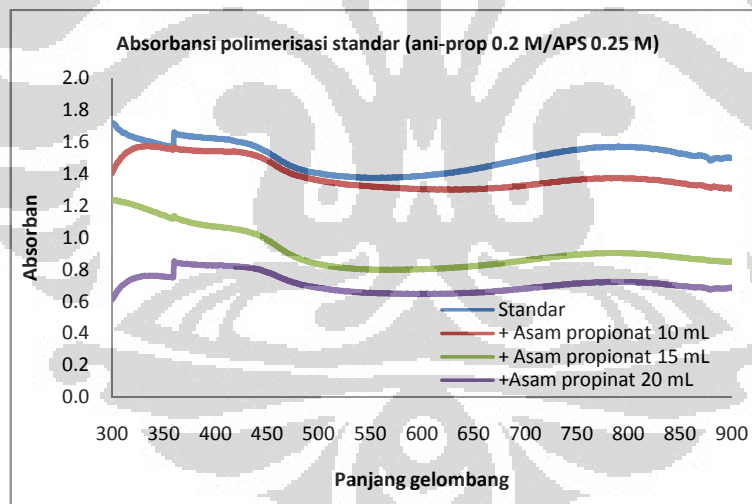
Tabel 4.7b Pengaruh variasi konsentrasi kelebihan asam propionat terhadap waktu induksi, polimerisasi, pasca polimerisasi serta temperatur maksimum

Konsentrasi kelebihan Asam Propionat	Induksi	Propagasi	Terminasi	Suhu maksimum
0 mL	0-65 menit	66-80 menit	>81 menit	33°C
10 mL	0-80 menit	>80 menit	>80 menit	32.4 °C
15 mL	0-80 menit	>80 menit	>80 menit	33.3 °C
20 mL	0-86 menit	>86 menit	>86 menit	30.8 °C

Dari Gambar 4.9a dan Table 4.8a (lampiran 7) dapat diamati bahwa absorbansi spektrum serapan pada variasi kelebihan asam asetat untuk anilinium asetat dengan waktu polimerisasi 90 menit menurun seiring meningkatnya asam asetat yang ditambahkan. Hal ini menunjukkan bahwa semakin banyak asam yang ditambahkan, maka hidrolisis rantai polimer oleh asam semakin meningkat pula sehingga pelapisan film pada kaca semakin menurun. Hal yang sama juga terjadi pada polimerisasi anilinium propionat dengan variasi kelebihan asam propionat (Gambar 4.9b dan Table 4.8b)

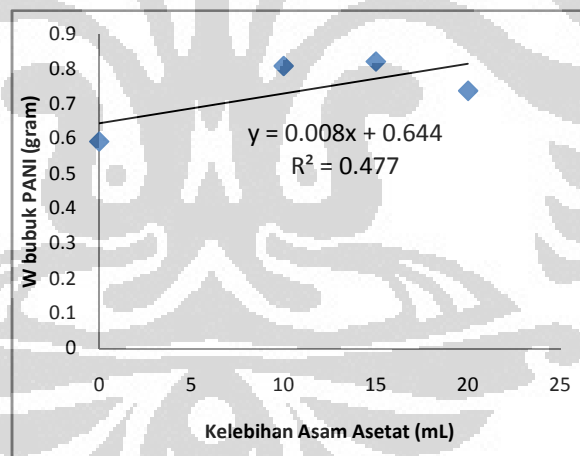


Gambar 4.9a Spektrum serapan film polianilinium asetat, variasi kelebihan asam asetat (rasio APS/anilin 1,25, suhu ruang, $t_{\text{polimerisasi}} = 90$ menit)

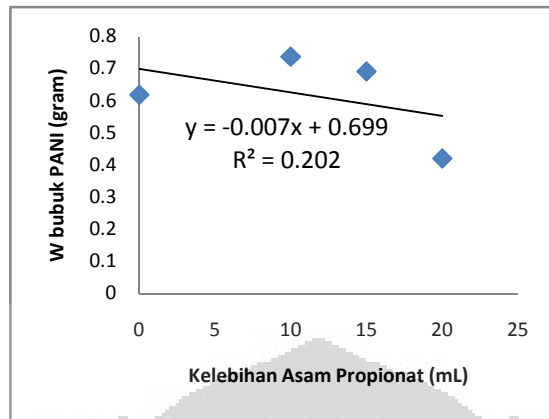


Gambar 4.9b Spektrum serapan film polianilinium propionat, variasi kelebihan asam propionat (rasio APS/anilin 1,25, suhu ruang, $t_{\text{polimerisasi}} = 90$ menit)

Berat bubuk polianilin yang tersaring pada berbagai kelebihan konsentrasi asam asetat dan asam propionat terdapat pada Gambar 4.10a dan 4.10b. Pada kelebihan asam asetat, peningkatan berat bubuk polianilin hanya mencapai penambahan asam asetat 15 mL dan penambahan berikutnya, bubuk mengalami penurunan berat. Hal tersebut menunjukkan bahwa hasil bubuk polianilin yang terbentuk hanya optimum pada penambahan asam 15 mL, sedangkan berat bubuk polianilin yang terbentuk dari polimerisasi anilinium propionat dengan variasi penambahan asam menunjukkan optimum pada penambahan 10 mL asam. Penurunan berat bubuk tersebut disebabkan karena asam yang melebihi penambahan optimum akan merusak rantai yang telah terbentuk.



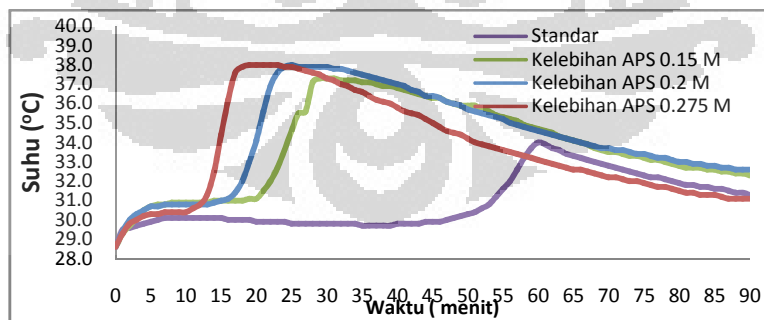
Gambar 4.10a Profil berat bubuk polianilin pada berbagai variasi kelebihan asam asetat ([anilinium asetat] 0,2 M, rasio APS/anilin 1,25, suhu ruang)



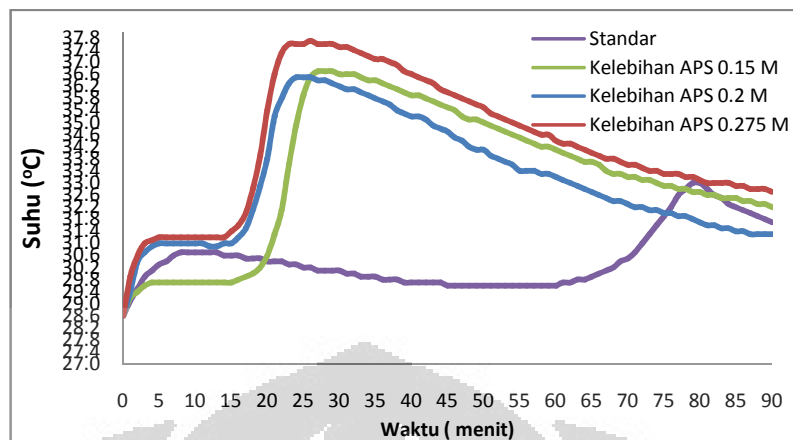
Gambar 4.10b Profil berat bubuk polianilin pada berbagai variasi kelebihan asam propionat ([anilinium propionat] 0,2 M, rasio APS/anilin 1,25, suhu ruang)

4.5.3 Pengaruh Kelebihan APS

Pengaruh kelebihan konsentrasi APS pada proses polimerisasi di fasa *bulk* dapat dilihat pada Gambar 4.11a dan Gambar 4.11b. Semakin tinggi konsentrasi kelebihan APS akan semakin mempercepat waktu induksi.



Gambar 4.11a Profil temperatur polianilin pada berbagai variasi konsentrasi kelebihan APS ([anilinium asetat] 0,2 M, rasio APS/anilin 1,25, suhu ruang)



Gambar 4.11b Profil temperatur polianilin pada berbagai variasi konsentrasi kelebihan APS ([anilinium propionat] 0,2 M, rasio APS/anilin 1,25, suhu ruang)

Polimerisasi anilin dengan kelebihan konsentrasi APS yang semakin tinggi akan meningkatkan temperatur maksimum yang dicapai dikarenakan reaksi oksidasi berbagai spesi ke bentuk pernigranilin (yang bersifat eksotermik) semakin mudah dilakukan karena adanya oksidan berlebih (Gospodnova dan Terlemeyzan, 1998).

Ringkasan tahap polimerisasi tersebut dapat diamati dari Table 4.10a dan Table 4.10b. Lama induksi anilinium asetat semakin menurun seiring bertambahnya konsentrasi APS, sedangkan anilinium propionat menunjukkan perbedaan yang kurang signifikan. Hal ini menunjukkan pengaruh panjang rantai yang mengakibatkan semakin sulit anilin untuk dioksidasi

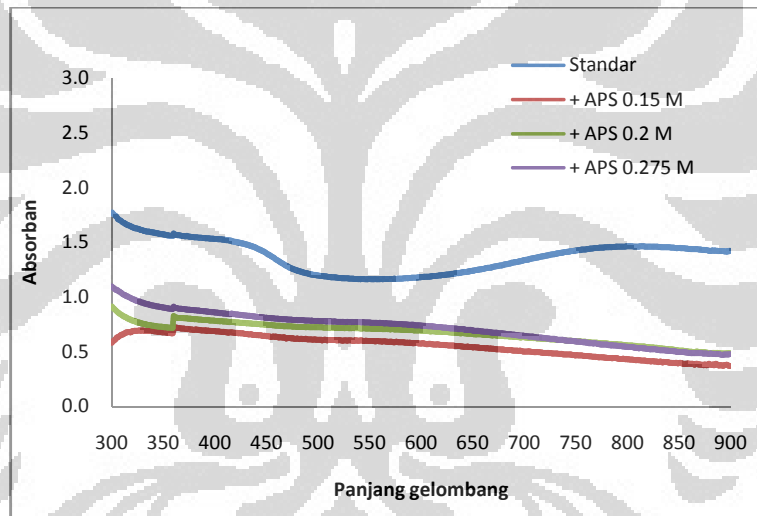
Tabel 4.10a Pengaruh variasi konsentrasi kelebihan APS pada anilium asetat terhadap waktu induksi, polimerisasi, pasca polimerisasi dan temperatur maksimum.

Konsentrasi kelebihan APS	Induksi	Propagasi	Terminasi	Suhu maksimum
0 M	0-47 menit	48-60 menit	>61 menit	34 °C
0,15 M	0-20 menit	21-31 menit	>31 menit	37.3 °C
0,2 M	0-13 menit	14-25 menit	>25 menit	38 °C
0,275 M	0-10 menit	11-23 menit	>24 menit	38 °C

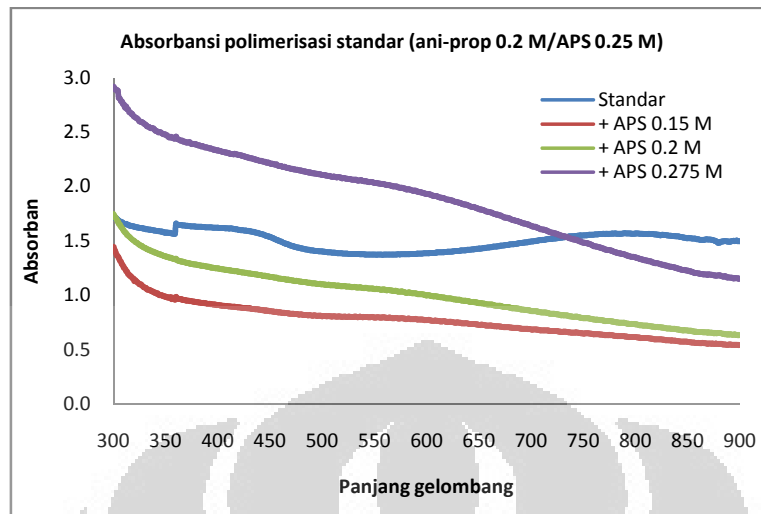
Tabel 4.10b Pengaruh variasi konsentrasi kelebihan APS pada anilin-propionat terhadap waktu induksi, polimerisasi, pasca polimerisasi dan temperatur maksimum.

Konsentrasi kelebihan APS	induksi	propagasi	terminasi	Suhu maksimum
0 M	0-65 menit	66-80 menit	>81 menit	33 °C
0,15 M	0-15 menit	16-32 menit	>33 menit	36.6 °C
0,2 M	0-15 menit	16-28 menit	>29 menit	36.4 °C
0,275 M	0-14 menit	15-26 menit	>27 menit	37.7 °C

Dari Gambar 4.12a dan Table 4.11a (lampiran 9) dapat diamati bahwa absorbansi spektrum serapan anilinium asetat pada variasi kelebihan APS dengan waktu polimerisasi 90 menit, meningkat seiring meningkatnya konsentrasi APS yang ditambahkan. Hal ini menunjukkan bahwa semakin banyak APS yang ditambahkan, semakin banyak pula anilinium asetat yang dioksidasi oleh APS tersebut maka pelapisan film pada kaca semakin meningkat pula. Hal yang sama juga terjadi pada polimerisasi anilinium propionat dengan variasi kelebihan APS. (Gambar 4.12b dan Table 4.11b)

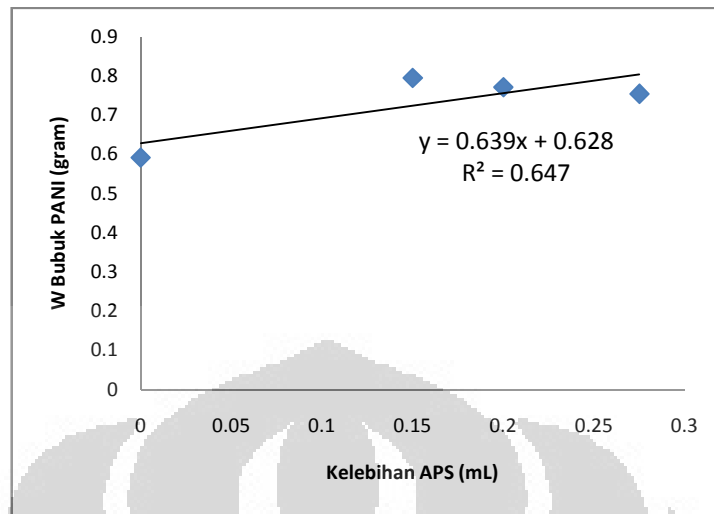


Gambar 4.12a Spektrum serapan film polianilinium asetat pada variasi kelebihan APS (rasio APS/anilin 1,25, suhu ruang, $t_{\text{polimerisasi}} = 90$ menit)

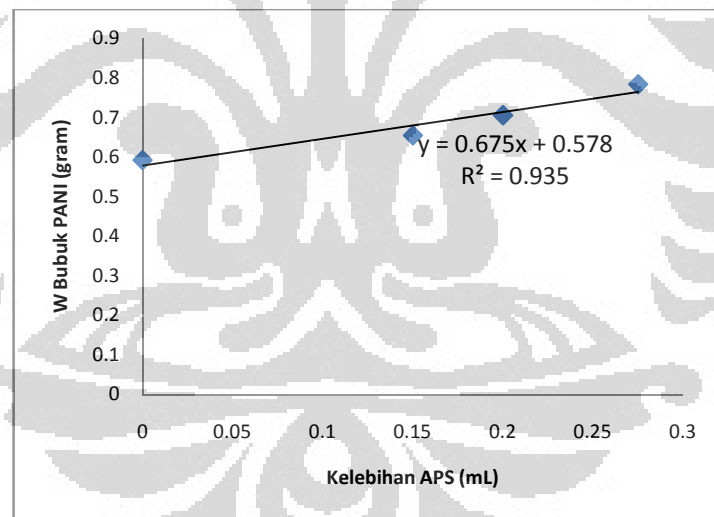


Gambar 4.12a Spektrum serapan film polianilinium propionat pada variasi kelebihan APS (rasio APS/anilin 1,25, suhu ruang, $t_{\text{polimerisasi}} = 90$ menit)

Pengaruh kelebihan konsentrasi APS pada berat bubuk polianilin dapat dilihat pada Gambar 4.13a dan 4.13b. Kelebihan APS pada polimerisasi anilinium asetat akan menghasilkan berat bubuk polianilin yang rendah sebab *growing site* yang dihasilkan akan semakin banyak yang menempel pada film polianilin dan menyebabkan pengurangan berat bubuk polianilin. Namun, kelebihan APS pada polimerisasi anilinium propionat mengakibatkan kenaikan berat bubuk polianilin. Hal ini terjadi APS berlebih akan mempermudah oksidasi anilinium propionat.



Gambar 4.13a Profil berat bubuk polianilin pada berbagai variasi konsentrasi kelebihan APS ([anilinium asetat] 0,2 M, rasio APS/anilin 1,25, suhu ruang)



Gambar 4.13b Profil berat bubuk polianilin pada berbagai variasi konsentrasi kelebihan APS ([anilinium propionat] 0,2 M, rasio APS/anilin 1,25, suhu ruang)

4.6 Karakterisasi Polianilin

Vibrasi yang terjadi selama proses polimerisasi dapat diamati melalui karakterisasi FT-IR, sedangkan hasil *scanning* permukaan film polianilin dapat diamati dengan menggunakan SEM.

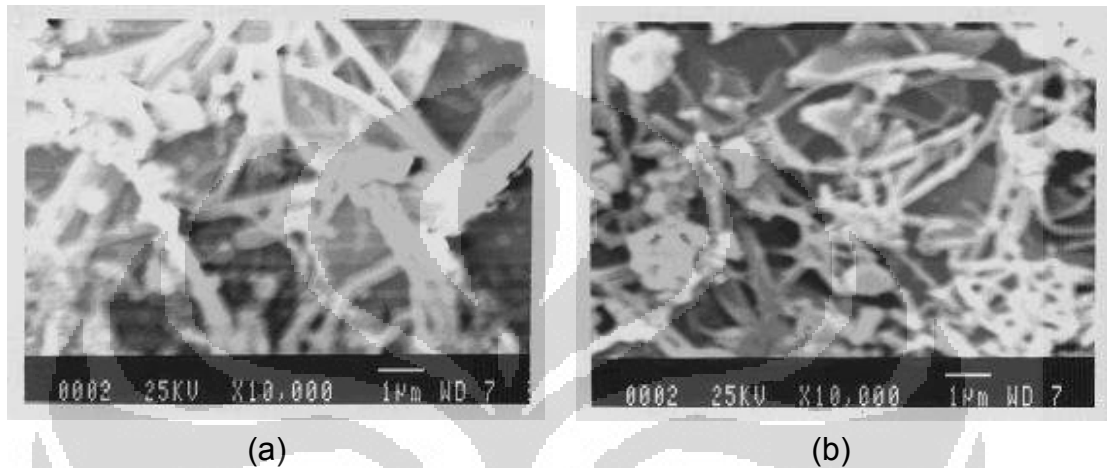
4.6.1 FT-IR

Dari hasil spektrum FT-IR, serapan $1247,66\text{ cm}^{-1}$ menindikasikan adanya ester asetat ($\text{CH}_3\text{CO-O-R}$), $1307,08\text{ cm}^{-1}$ menunjukkan adanya ester asam aromatik, yaitu interaksi antara gugus karboksilat asam asetat/asam propionat dengan gugus amina dari anilin. Serapan $1574,55\text{ cm}^{-1}$ mengindikasikan adanya gugus amina

4.6.2 SEM

Hasil *scanning* permukaan substrat yang dilapisi film polianilin ditunjukkan pada gambar 4.14. Tingginya indeks polidispers yang dibentuk oleh dopan asam lemah memudahkan terjadi distribusi sehingga produk yang terbentuk adalah polimer dan oligomer. Oleh karena itu, bentuk yang terlihat adalah *nanotube* (Stejskal. 2008).

Hasil penelitian Herlianti (2007) menyebutkan bahwa substrat yang bersifat hidrofob, akan semakin mempercepat laju pertumbuhan rantai polimer pada substrat tersebut

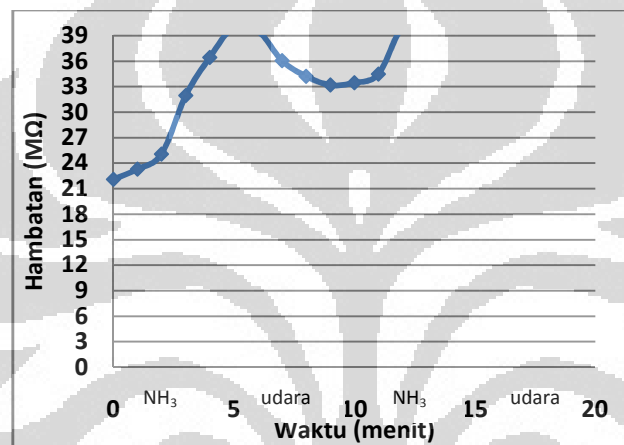


Gambar 4.14 Hasil *scanning* deposisi polianilin pada permukaan substrat : (a) anilinium asetat, (b) anilinium propionat.

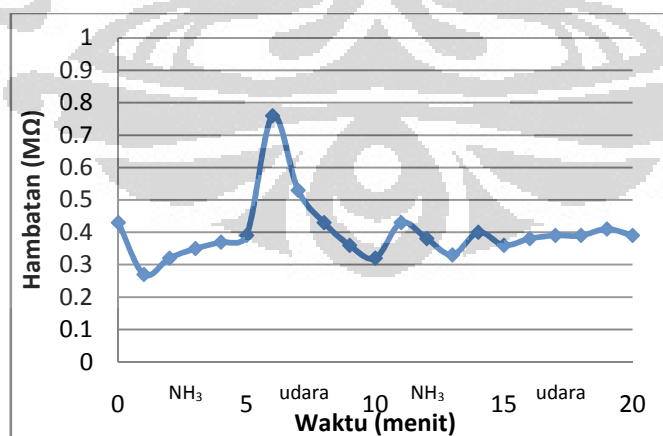
4.7 Aplikasi Film Polianilin sebagai Sensor Kualitatif Uap Amonia

Film polianilin hasil polimerisasi anilinium asetat maupun anilinium propionat diujicobakan sebagai sensor uap amonia dengan mengamati perubahan hantaran yang terjadi pada film tersebut. Gambar 4.15a dan 4.15b menunjukkan perubahan yang terjadi saat film polianilin dialiri dan tidak dialiri uap amonia. pada menit ke-0 kedua film diukur di udara tanpa adanya uap amonia. Pada menit ke-1 sampai menit ke-5, kedua film dialiri uap amonia.

Saat film polianilinium asetat diberikan uap amonia, terjadi kenaikan hambatan pada film tersebut, sedangkan penurunan terjadi pada saat pengukuran hambatan film polianilinium propionat saat diberikan uap amonia. Hal ini mengindikasikan terjadinya penurunan hantaran film polianilinium asetat oleh uap amonia sedangkan kenaikan hantaran terjadi pada film polianilinium propionat.



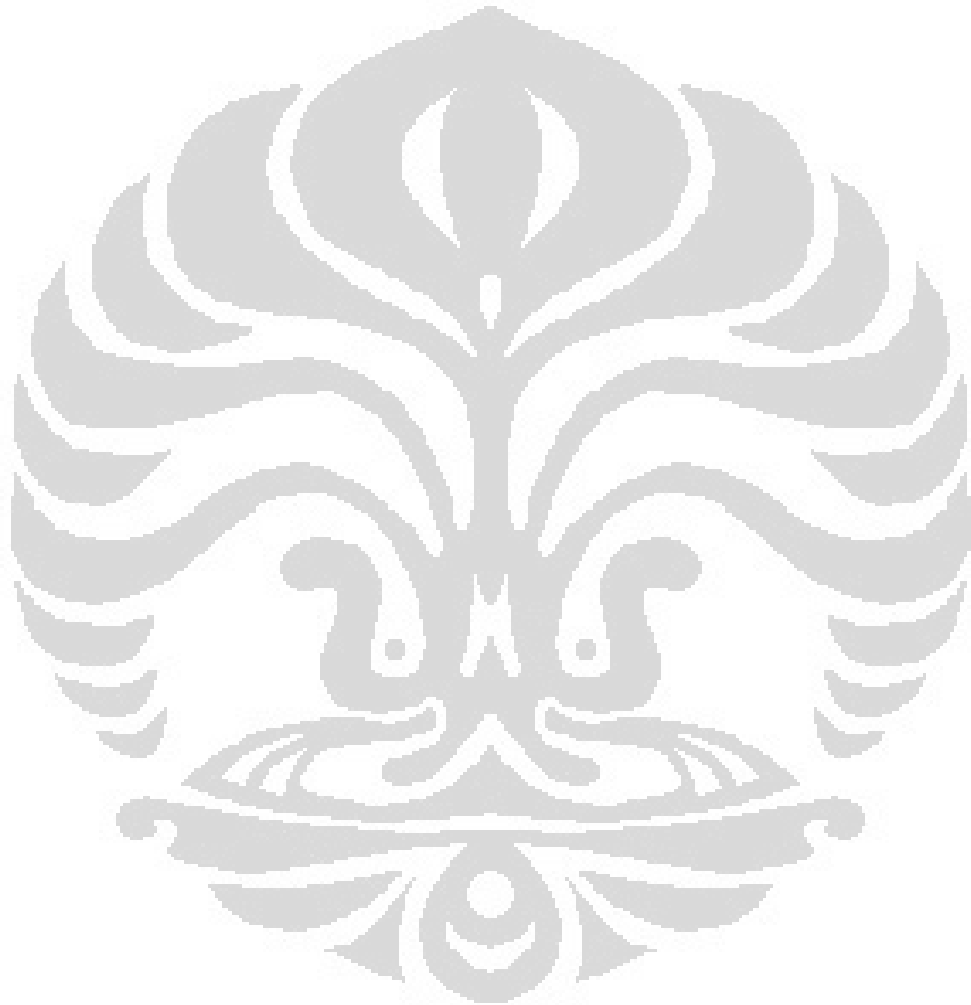
Gambar. 4.15a. Respon film polianilinium asetat terhadap uap amonia dan udara



Gambar. 4.15b. Respon film polianilin-asetat terhadap uap amonia dan udara

Perbedaan tersebut terjadi atas dasar kemudahan dopan berinteraksi dengan uap amonia yang diberikan. Gugus asetat yang sedikit lebih polar dibanding propionat, dapat lebih mudah berinteraksi dengan oleh NH_3 yang berasal dari uap amonia sehingga sifat menghantar polianilin yang terbentuk semakin berkurang.





BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dalam penelitian ini dapat disimpulkan bahwa semua polianilin yang dihasilkan berada dalam bentuk garam emeraldin (dilihat secara fisik melalui warna yang terbentuk). Pengaruh masing-masing variabel pada deposisi film polianilin pada permukaan kaca dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Secara umum, semakin panjang rantai karbon senyawa organik yang digunakan sebagai dopan pada polimerisasi anilin, semakin sulit anilin tersebut untuk berpolimerisasi.
2. Variasi konsentrasi reaktan (anilinium asetat/anilinium propionat dan APS) berpengaruh pada lamanya tahap-tahap polimerisasi anilin dan temperatur reaksi. Semakin besar konsentrasi reaktan, maka masa induksi semakin singkat, proses polimerisasi semakin cepat dan temperatur maksimum reaksi semakin besar. Berat bubuk polianilin dan ketebalan film bertambah seiring dengan kenaikan konsentrasi reaktan.
3. Kelebihan asam secara umum meningkatkan berat bubuk polianilin hingga penambahan tertentu. Namun, ketebalan film polianilin yang dihasilkan akan menurun.

4. Kenaikan kelebihan konsentrasi APS memberikan pengaruh yang signifikan terhadap tahap-tahap polimerisasi anilin dan pada temperatur maksimum. Pada polimerisasi anilinium asetat, berat bubuk berkurang dengan meningkatnya kelebihan konsentrasi APS. Namun, pada polimerisasi anilinium propionat, berat bubuk bertambah seiring meningkatnya kelebihan konsentrasi APS. Secara umum ketebalan film yang dihasilkan akan bertambah dengan meningkatnya kelebihan konsentrasi APS.
5. Hataran pada film polianilin mengalami perubahan saat dilairkan uap amonia. Perubahan bergantung pada dopan yang diberikan pada anilin.

5.2 SARAN

Perlu dipelajari film polianilin yang dihasilkan dari polimerisasi anilinium asetat maupun anilinium propionat pada berbagai variasi substrat dan juga pada berbagai variasi suhu. Homogenitas dari film polianilin yang dihasilkan perlu dipelajari lebih lanjut.

DAFTAR PUSTAKA

- Athawale, A.A. & V.V. Chabukswar. 2001. Acrylic acid-doped polyaniline sensitive to ammonia vapors. *Journal of Applied Polymer*. **79**, 1994-1998.
- Bassett J. et al. *Vogel's textbook of Quantitative Inorganic Analysis Including Elementary Instrumental Analysis*. Terj : Pudjaatmaka A.H. & L. Setiono. 1994. *Kimia Analisis Kuantitatif*. Buku Kedokteran EGC. Jakarta.
- FTIR, <http://mmrc.caltech.edu/FTIR/FTIRintro.pdf>, 13 Juni 2008, pk.09.40.
- FTIR, <http://www.nuance.northwestern.edu/keckii/ftir1.asp>, 2 Juli 2008, pk 08.15
- Gospodinova, N & L. Terlemeyzan. 1998. Conducting Polymers Prepared by Oxidative Polymerization : Polyaniline. *Prog. Polym Sci*. **23**, 1443-1484
- Hosseini, H.S. Toxic Gas and Vapour Detection by Polyaniline Gas Sensor. *Iranian Polymer Journal*. **14** (4), 333-344.
- LI, Z.F dan E. Ruckenstein. 2002. *Macromolecules* . **35**, 9506.
- Madathil, Rethi. 2005. Multilayer Growth of Conductive Polyaniline : a Two Pot, Alternate, Oxidation and Reduction Strategy. *Synthetic Metals*. **150**, 123-126.
- Matveeva, E.S. 1996. Could the Acid Doping of Polyaniline Represent The Charge Transfer Interaction?. *Synthetic Metals* .**83**, 89-96.

- Herlianti, N. 2007 Pembuatan Film Polianilin yang *didoping* dengan HCl serta Aplikasinya sebagai Sensor Vitamin C. Karya Utama Sarjana Kimia FMIPA UI, Depok, xiii + 102 hlm.
- Odian, G. 1991. *Principles of Polymerization*. John Willey & Sons Inc. New York
- SEM, http://en.wikipedia.org/wiki/Scanning_electron_microscope, 13 Juni 2008, pk. 11.10.
- Skoog, D.A. *et al.* 1996. *Fundamentals of Analytical Chemistry*. 7th ed Saunder College Publishing. Forth Worth
- Stejskal, J. 1999. In-situ polymerized polyaniline films. *Synthetic Metals*. **105**, 195-202
- Stejskal, J. 2000. In Situ Polymerized Films. 2. Dispersion Polymerization of Aniline in the Presence of Colloidal Silica. *Langmuir*. **16**, 6240-6244.
- Stejskal, J. 2002 & R.G Gilbert. Polyaniline : Preparation of a Conducting Polymer. *Pure appl Chem*. **74** (5), 857-867
- Stejskal, J. *et al.* 2008. Oxydation of Aniline: Polyaniline Granulare, Nanotubes, and Oligoaniline Microspheres. *Macromolecules*. **4**, 3530-3536
- Tockary, T.A. 2005. *Pembuatan dan Karakterisasi Film Polianilin sebagai Sensor Optis pH*. Karya Utama Sarjana Kimia FMIPA UI, Depok, xvi+105hlm.
- Toshima, Naoki. 2002. Conductive Polymers as a New Type of Thermoelectric Material. *Macromol. Symp*. **186**, 81-86

Trchova, Miroslava, *et. al.* Spectroscopy of Conjugated Polymers : Polyaniline.

Macromol. Symp. **190**, 105-110

UV-VIS, http://en.wikipedia.org/wiki/Ultraviolet-visible_spectroscopy, 13 Juni 2008,

pk 10.30

UV-VIS, <http://www.cem.msu.edu/~reusch/VirtualText/Spectrpy/UV->

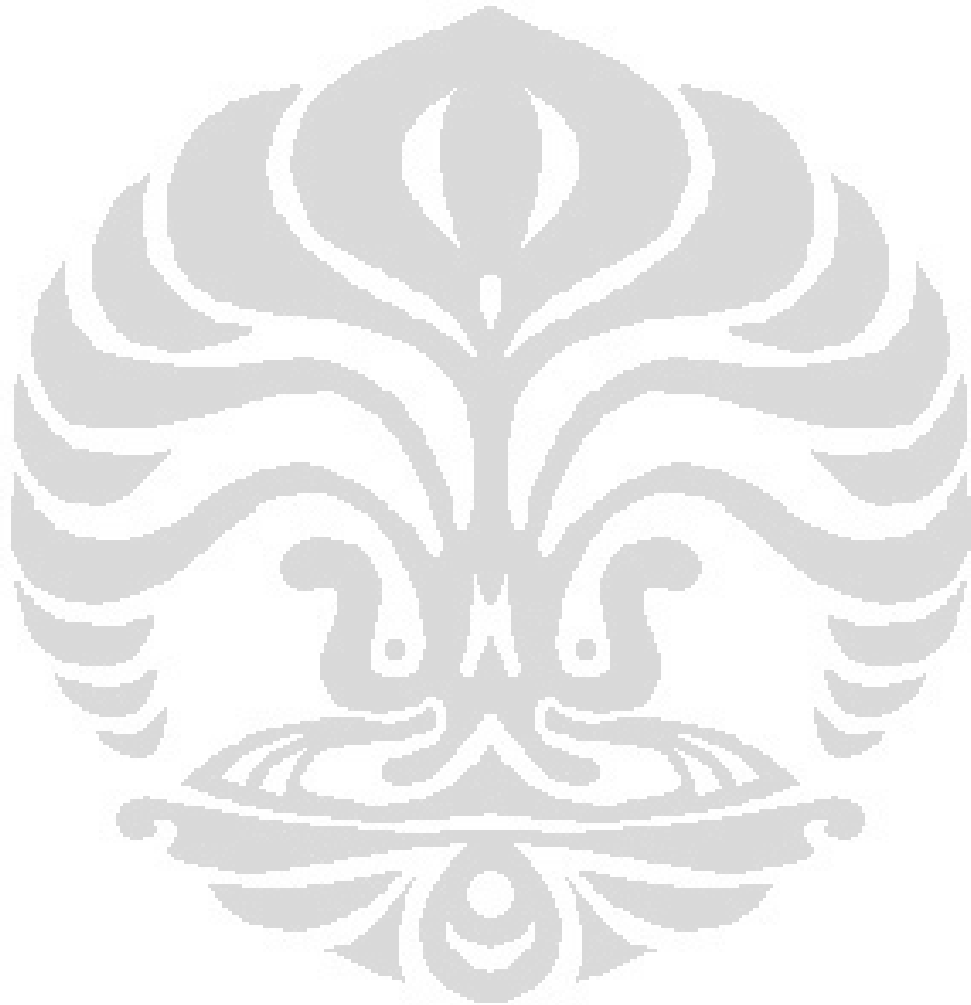
[Vis/uvspec.htm#uv](http://www.cem.msu.edu/~reusch/VirtualText/Spectrpy/UV-Vis/uvspec.htm#uv), 2 Juli 2008, pk.07.43.

Vilcnik, Maja, dkk.1998. Influence of Polymerization Parameters on the Molecular

Weight of Polyaniline. *Acta Chim. Slov.* **45** (2), 173-183

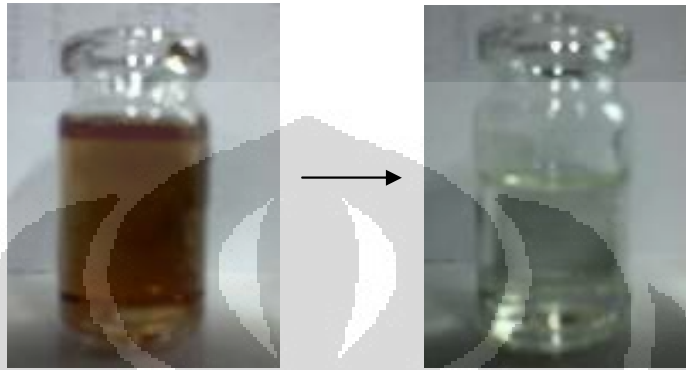
Virji, S *et. al.* 2004. Polyaniline Nanofiber Gas Sensors: Examination of Response

Mechanisms. *Nano Letters.* **4** (3), 491-496.



Lampiran 1

Anilin Hasil Destilasi



Lampiran 2

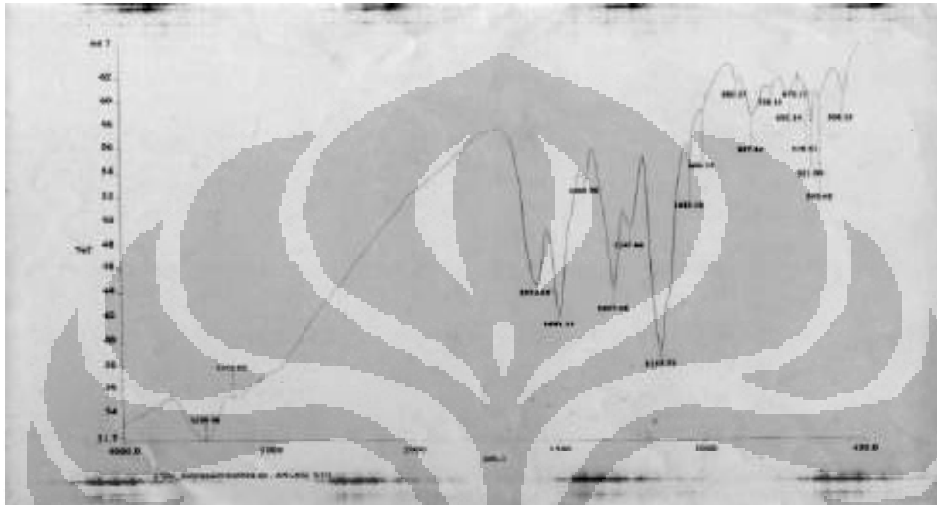
Lapisan Polianilin pada Substrat Kaca



Lampiran 3

Spektrum FT-IR bubuk polianilin

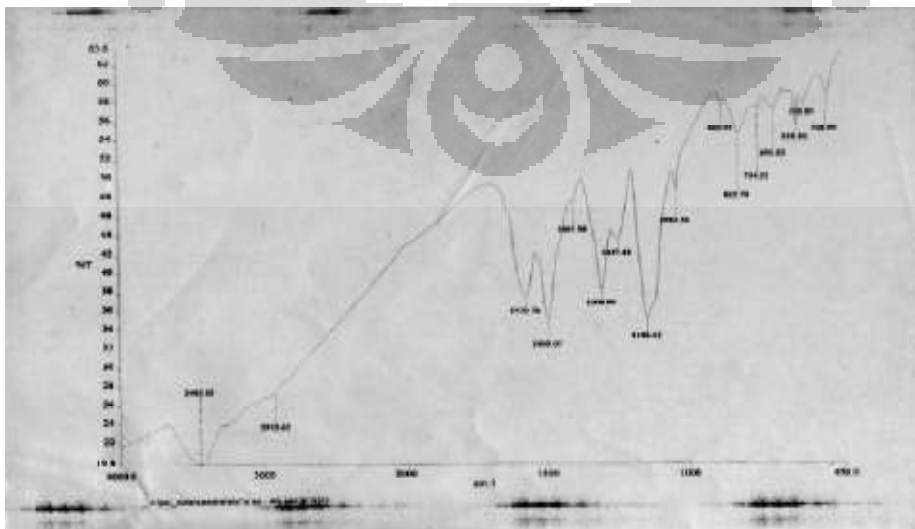
Konsentrasi anilinium asetat 0.2 M/APS 0.25 M



Lampiran 4

Spektrum FT-IR bubuk polianilin

Konsentrasi anilinium propionat 0.2 M/APS 0.25 M



Lampiran 5

Tabel 4.5a Absorbansi akhir film polianilinium asetat terhadap variasi konsentrasi reaktan ($t_{\text{polimerisasi}} = 90$ menit, $\lambda = 820$ nm)

Variasi [Anilinium asetat]	Absorbansi (nm)	Absorbansi rata-rata (nm)	Standar deviasi
0,12M	0.772	0.721	0.0452
	0.707		
	0.685		
0,16 M	1.405	1.418	0.0117
	1.423		
	1.427		
0,2 M	1.346	1.4597	0.1008
	1.495		
	1.538		
0,22 M	1.499	1.486	0.0415
	1.44		
	1.52		

Tabel 4.5b Absorbansi akhir film polianilinium propionat terhadap variasi konsentrasi reaktan ($t_{\text{polimerisasi}} = 90$ menit, $\lambda = 820$ nm)

Variasi [Anilinium Propionat]	Absorbansi (nm)	Absorbansi rata-rata (nm)	Standar deviasi
0,12M	0.919	1.6017	0.5996
	1.843		
	2.043		
0,16 M	1.298	1.3813	0.1233
	1.323		
	1.523		
0,2 M	1.346	1.4597	0.1008
	1.495		
	1.538		
0,22 M	1.245	0.7083	0.4668
	0.397		
	0.483		

Lampiran 6

Tabel 4.6a Berat bubuk polianilin pada berbagai variasi konsentrasi anilinium asetat

Konsentrasi Anilinium asetat	Berat Bubuk Polianilin
0,12 M	0.0329
0,16 M	0.3761
0,22 M	0.5922

Tabel 4.6b Berat bubuk polianilinium propionat pada berbagai variasi konsentrasi Anilinium propionat

Konsentrasi Anilinium propionat	Berat Bubuk Polianilin
0,12 M	0.0538
0,16 M	0.1582
0,22 M	0.6184

Lampiran 7

Tabel 4.8a Absorbansi akhir film polianilinium asetat terhadap variasi kelebihan asam asetat ($t_{\text{polimerisasi}}=90$ menit, $\lambda=820$ nm)

kelebihan asam asetat	Absorbansi (nm)	Absorbansi rata-rata(nm)	Standar Deviasi
0 mL	1.346	1.4597	0.1008
	1.495		
	1.538		
10 mL	1.0830	1.2033	0.2198
	1.0700		
	1.4570		
15 mL	1.0520	0.9743	0.0677
	0.9280		
	0.9430		
20 mL	0.8010	0.8467	0.0559
	0.9090		
	0.8300		

Tabel 4.8b Absorbansi akhir film polianilinium propionat terhadap variasi

kelebihan asam propionat ($t_{\text{polimerisasi}}=90$ menit, $\lambda=820$ nm)

kelebihan asam propionat	Absorbansi (nm)	Absorbansi rata-rata(nm)	Standar Deviasi
0 mL	1.8510	1.5610	0.3192
	1.2190		
	1.6130		
10 mL	1.0750	1.3640	0.4621
	1.1200		
	1.8970		
15 mL	0.8630	0.8950	0.0401
	0.8820		
	0.9400		
20 mL	0.7900	0.7157	0.0685
	0.6550		
	0.7020		

Lampiran 8

Tabel 4.8a Berat Bubuk Polianilinium asetat pada Berbagai Variasi

Kelebihan Asam Asetat

Kelebihan Asam	Berat Bubuk Polianilin
10 mL	0.5922
15 mL	0.8081
20 mL	0.8207

Tabel 4.8b Berat Bubuk Polianilinium propionate pada Berbagai Variasi

Kelebihan Asam Propionat

Kelebihan Asam	Berat Bubuk Polianilin
10 mL	0.6184
15 mL	0.7368
20 mL	0.691

Lampiran 9

Tabel 4.11a Absorbansi akhir film polianilinium asetat terhadap variasi konsentrasi kelebihan APS ($t_{\text{polimerisasi}}=90$ menit, $\lambda=820$ nm)

Konsentrasi kelebihan APS	Absorbansi (nm)	Absorbansi rata-rata(nm)	Standar Deviasi
0 M	1.346	1.4597	0.10076
	1.495		
	1.538		
0,15 M	0.5410	0.4153	0.1302
	0.2810		
	0.4240		
0,2 M	0.5210	0.5427	0.0934
	0.4620		
	0.6450		
0,275 M	0.4270	0.5253	0.1099
	0.6440		
	0.5050		

Tabel 4.11b Absorbansi akhir film polianilinium propionat terhadap variasi

konsentrasi kelebihan APS ($t_{\text{polimerisasi}}=90$ menit, $\lambda=820$ nm)

Konsentrasi kelebihan APS	Absorbansi (nm)	Absorbansi rata-rata(nm)	Standar Deviasi
0 M	1.8510	1.5610	0.3192
	1.2190		
	1.6130		
0,15 M	0.6250	0.5980	0.0353
	0.5580		
	0.6610		
0,2 M	0.5000	0.7103	0.2201
	0.6920		
	0.9390		
0,275 M	1.594	1.2963	0.2683
	1.0730		
	1.2220		

Lampiran 10

Tabel 4.12a Berat Bubuk Polianilinium Asetat terhadap Variasi Kelebihan

Konsentrasi APS

[APS berlebih]	Berat Bubuk Polianilin
0.15 M	0.7951
0.20 M	0.7717
0.275 M	0.7547

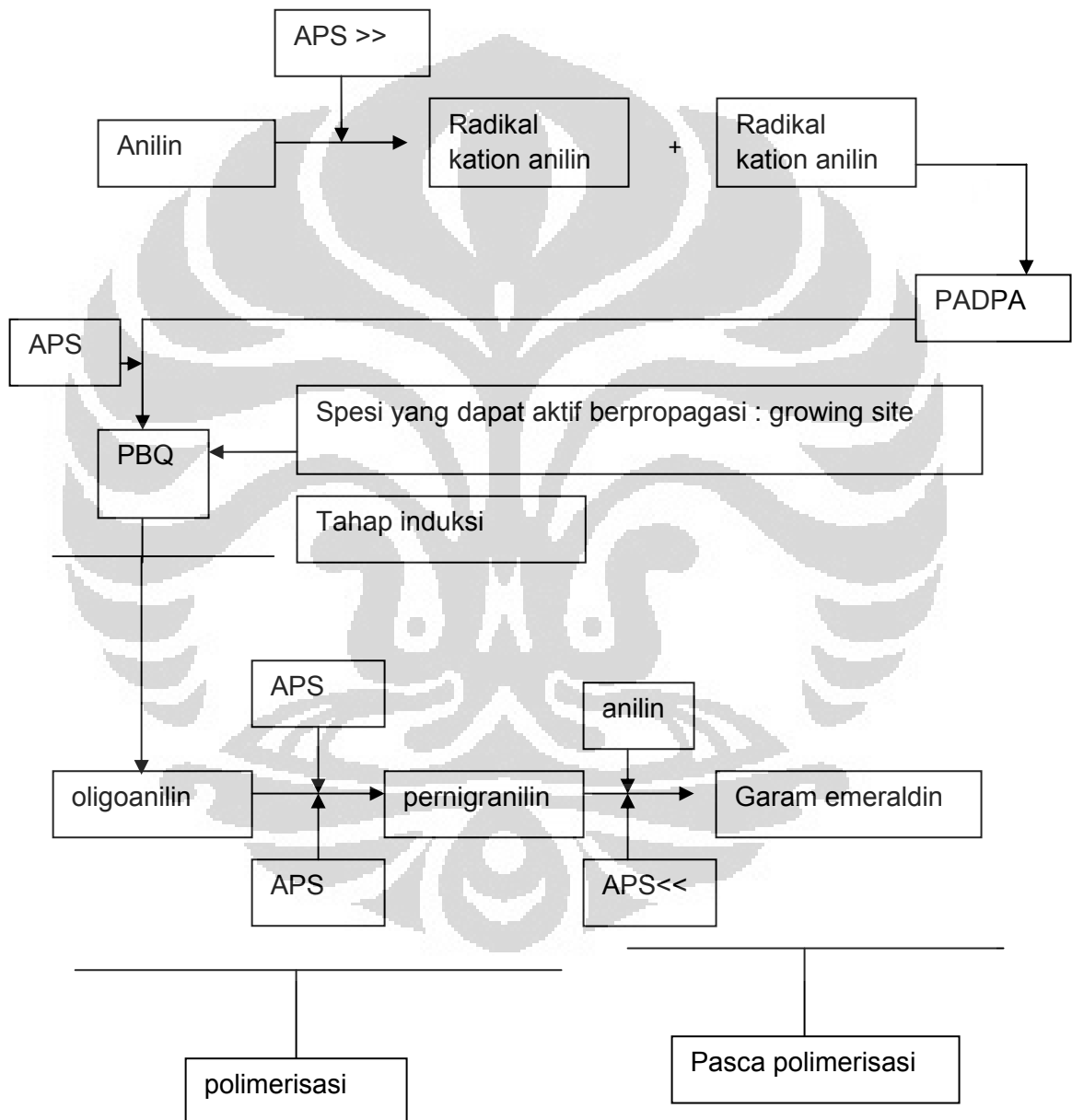
Tabel 4.12b Berat Bubuk Polianilinium propionat terhadap Variasi

Kelebihan Konsentrasi APS

[APS berlebih]	Berat Bubuk Polianilin
0.15 M	0.6547
0.20 M	0.7057
0.275 M	0.7839

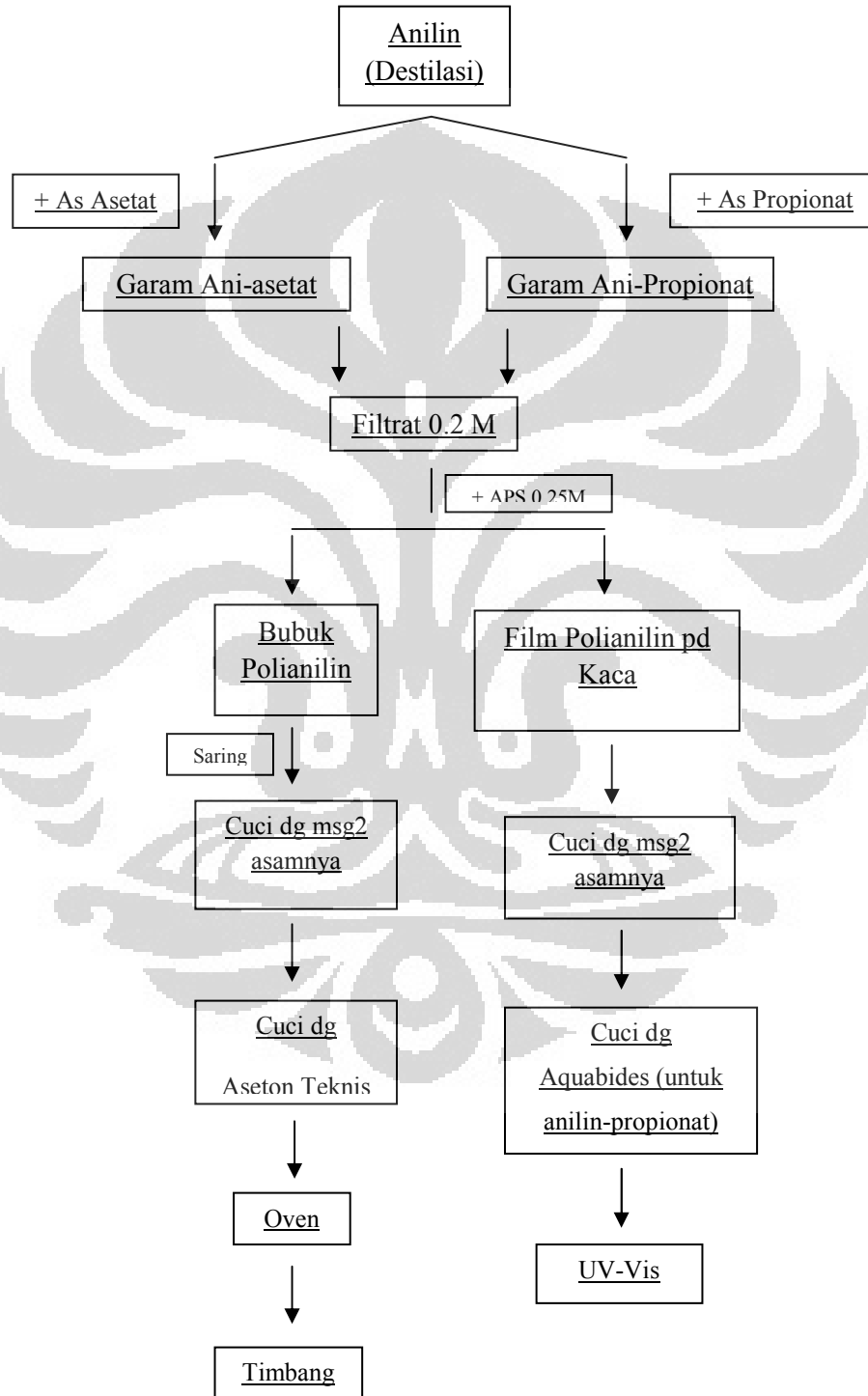
Lampiran 11

Skema Reaksi Polimerisasi Menurut N. Gospodinova dan L. Terlemezyan dan IUPAC



Lampiran 12

Skema Kerja Polianilin Standar



Lampiran 13

Skema Standardisasi Teknis dan Proses Polimerisasi berbagai Kondisi

