

**SINTESIS POLIANILIN DENGAN METODE
POLIMERISASI OKSIDATIF SEBAGAI
ELEKTRODA UNTUK PROSES
ADSORPSI-DESORPSI ION
Na⁺ DAN Cl⁻**

Skripsi

**Disusun untuk memenuhi salah satu syarat
memperoleh gelar Sarjana Sains**





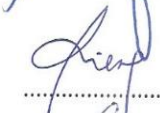



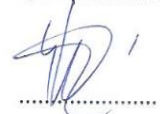

**Ahmad Rafly Juliana
3325130964**

**PROGRAM STUDI KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA
2017**

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

SINTESIS POLIANILIN DENGAN METODE POLIMERISASI OKSIDATIF SEBAGAI ELEKTRODA UNTUK PROSES ADSORPSI-DESORPSI ION Na^+ DAN Cl^-

Nama Mahasiswa : Ahmad Rafly Juliana
No Registrasi : 3325130964
Program Studi : Kimia

Nama	Tanda Tangan	Tanggal
Penanggung Jawab		
Dekan : <u>Prof. Dr. Suyono, M.Si</u> NIP. 19671218 199303 1 005		28-08-2017
Wakil Penanggung Jawab		
Wakil Dekan I : <u>Dr. Muktiningsih N, M.Si</u> NIP. 19640511 198903 2 001		28-08-2017
Ketua : <u>Dr. Maria Paristiwati, M.Si</u> NIP. 19671020 199203 2 001		22-08-2017
Sekretaris : <u>Arif Rahman, M.Sc</u> NIP. 19790216 200501 1 003		22-08-2017
Anggota Penguji : <u>Irma Ratna Kartika, M.Sc.Tech</u> NIP. 19721204 200501 2 001		22-08-2017
Pembimbing I : <u>Dr. Setia Budi, M.Sc</u> NIP. 19790621 200501 1 001		22-08-2017
Pembimbing II : <u>Dr. Yusmaniar, M.Si</u> NIP. 19620626 199602 2 001		22-08-2017

Dinyatakan lulus ujian skripsi tanggal : 15 Agustus 2017

LEMBAR PERNYATAAN

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi dengan judul “Sintesis Polianilin dengan Metode Polimerisasi Oksidatif Sebagai Elektroda Untuk Proses Adsorpsi-Desorpsi Ion Na^+ dan Cl^- ” yang disusun sebagai syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains dari Program Studi Kimia Universitas Negeri Jakarta adalah karya ilmiah saya dengan arahan dari dosen pembimbing.

Sumber informasi yang diperoleh dari penulis lain yang telah dipublikasikan yang disebutkan dalam teks skripsi ini, telah dicantumkan dalam Daftar Pustaka sesuai dengan norma, kaidah dan etika penulisan ilmiah.

Jika dikemudian hari ditemukan sebagian besar skripsi ini bukan hasil karya saya sendiri dalam bagian-bagian tertentu, saya bersedia menerima sanksi pencabutan gelar akademik yang saya sanding dan sanksi-sanksi lainnya sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku.

Jakarta 29 Juli 2017
METERAI
TEMPEL
Tgl. DAFBBAEF554269965
6000
ENAM RIBU RUPIAH
Ahmad Ratly Juliana

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Segala puji bagi Allah SWT Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang atas segala limpahan rahmat, taufik, serta hidayahNya. Tak lupa sholawat serta salam tercurahkan kepada baginda Rasulullah Muhammad SAW.

Kupersembahkan hasil perjuangan ini untuk mereka yang kusayangi,

Bapak dan Mamah

Kepada Bapak dan Mamah yang sangat ku sayangi, tiada kata yang mampu menggambarkan segala kebaikanmu, terima kasih kepada Bapak dan Mamah yang telah membesarkan dan mendidik aku sampai saat ini. Terima kasih atas semangat dan doa yang selalu tercurah kepada anakmu ini, semoga dengan pencapaian ku ini, akan segera menjadi langkah awal untuk membahagiakan kalian. Semoga Bapak dan Mamah senantiasa selalu diberikan kesehatan dan dalam lindungan Allah SWT.

Ahmad Raffly Juliana

Kepada dirimu yang selalu mencoba terus berjuang, terima kasih atas segala semangat, usaha dan doa selama ini. Teruslah berkembang menjadi lelaki yang lebih baik, percayalah semua lelah mu akan ada hasilnya. Tetaplah percaya pada kekuatan doa yang selama ini selalu kita yakini, semoga dirimu akan segera menemukan kesuksesan dan kebahagiaan untukmu serta orang lain. Semoga dirimu selalu diberi kebahagiaan dan selalu dalam lindungan ALLAH SWT.

A Miftah dan Mang Irpan

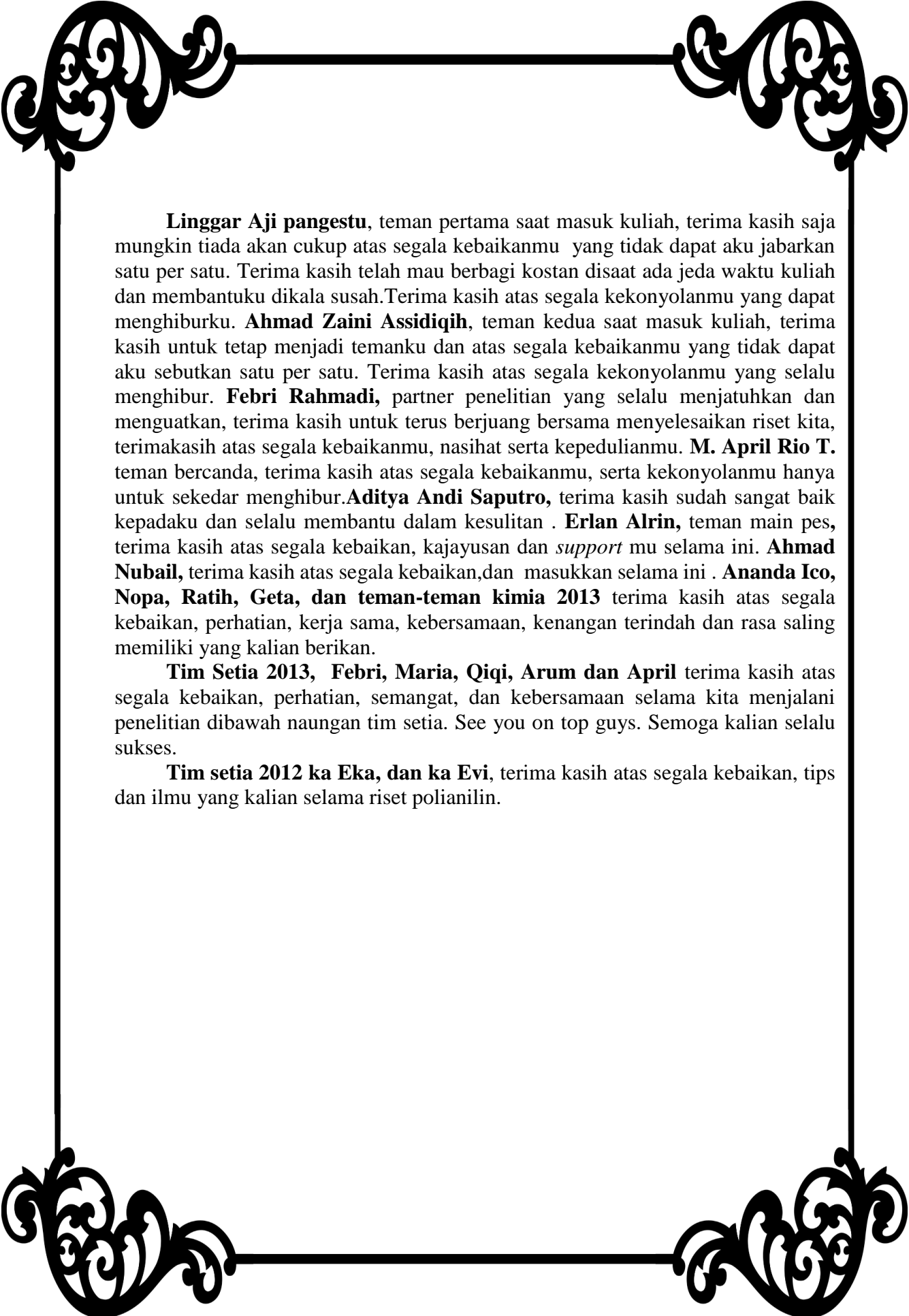
Kepada A miftah dan mang irpan, terimakasih atas semua semangat, motivasi dan pelajaran selama ini, semoga kalian selalu diberikan kebahagiaan oleh ALLAH SWT.

Bapak dan Ibu Dosen

Kepada Bapak Setia Budi yang sangat saya hormati, terima kasih takkan cukup untuk membalas kebaikan bapak yang telah membimbing, menyemangati, memberi masukan, serta membiayai peneitian saya sehingga saya dapat menyelesaikan kuliah dengan tepat waktu. Kepada Ibu Yusmaniar yang saya hormati dan kagumi, terima kasih telah sabar membimbing, menegur, dan menasehati selama saya menjadi mahasiswa bimbingan ibu. Serta tak lupa untuk seluruh dosen-dosen dan Staff kimia UNJ terima kasih telah memberi ilmu yang begitu bermanfaat dan membantu selama kuliah. Semoga ALLAH SWT membalas dan mencatat segala kebaikan kalian sebagai amal ibadah, Aamiin.

Sahabat-sahabat terbaik

Faqih, Nuha sahabatku yang ku sayangi terima kasih untuk selalu ada di setiap waktu. Terima kasih telah membantuku dikala aku membutuhkan kalian serta menghiburku dikala diri ini dalam kesedihan. Semoga kita dapat selalu bersama dan berbagi kebahagiaan.



Linggar Aji pangestu, teman pertama saat masuk kuliah, terima kasih saja mungkin tiada akan cukup atas segala kebaikanmu yang tidak dapat aku jabarkan satu per satu. Terima kasih telah mau berbagi kostan disaat ada jeda waktu kuliah dan membantuku dikala susah. Terima kasih atas segala kekonyolanmu yang dapat menghiburku. **Ahmad Zaini Assidiqih**, teman kedua saat masuk kuliah, terima kasih untuk tetap menjadi temanku dan atas segala kebaikanmu yang tidak dapat aku sebutkan satu per satu. Terima kasih atas segala kekonyolanmu yang selalu menghibur. **Febri Rahmadi**, partner penelitian yang selalu menjatuhkan dan menguatkan, terima kasih untuk terus berjuang bersama menyelesaikan riset kita, terimakasih atas segala kebaikanmu, nasihat serta kepedulianmu. **M. April Rio T.** teman bercanda, terima kasih atas segala kebaikanmu, serta kekonyolanmu hanya untuk sekedar menghibur. **Aditya Andi Saputro**, terima kasih sudah sangat baik kepadaku dan selalu membantu dalam kesulitan. **Erlan Alrin**, teman main pes, terima kasih atas segala kebaikan, kajayusan dan *support* mu selama ini. **Ahmad Nubail**, terima kasih atas segala kebaikan, dan masukkan selama ini. **Ananda Ico, Nopa, Ratih, Geta, dan teman-teman kimia 2013** terima kasih atas segala kebaikan, perhatian, kerja sama, kebersamaan, kenangan terindah dan rasa saling memiliki yang kalian berikan.

Tim Setia 2013, Febri, Maria, Qiqi, Arum dan April terima kasih atas segala kebaikan, perhatian, semangat, dan kebersamaan selama kita menjalani penelitian dibawah naungan tim setia. See you on top guys. Semoga kalian selalu sukses.

Tim setia 2012 ka Eka, dan ka Evi, terima kasih atas segala kebaikan, tips dan ilmu yang kalian selama riset polianilin.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang atas segala limpahan rahmat, taufik, serta hidayahNya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini sesuai dengan waktu yang telah ditentukan.

Penyusunan skripsi ini adalah salah satu tugas untuk memenuhi syarat-syarat guna memperoleh gelar Sarjana Sains Program Studi Kimia 2013. Judul yang diangkat dalam skripsi ini adalah “Sintesis Polianilin dengan Metode Polimerisasi Oksidatif Sebagai Elektroda Untuk Proses Adsorpsi-Desorpsi Ion Na^+ dan Cl^- ”.

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Bapak Dr. Setia Budi, M.Sc selaku Dosen Pembimbing I dan Ibu Dr. Yusmaniar, M.Si selaku Dosen pembimbing II dan selaku Ketua Program Studi Kimia UNJ serta seluruh dosen Jurusan Kimia UNJ yang telah mencurahkan ilmu yang begitu bermanfaat.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan, sehingga kritik dan saran dari semua pihak sangat diharapkan demi penyempurnaan skripsi ini. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi semua pihak. Semoga Allah SWT meridhoi dan mencatat sebagai ibadah disisi-Nya. Aamiin.

Jakarta, 29 Juli 2017

Ahmad Rafly Juliana

ABSTRAK

AHMAD RAFLY JULIANA. Sintesis Polianilin dengan Metode Polimerisasi Oksidatif Sebagai Elektroda untuk Proses Adsorpsi-Desorpsi Ion Na^+ dan Cl^- . Dibawah bimbingan SETIA BUDI, YUSMANIAR.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik dari polianilin yang disintesis dengan metode polimerisasi oksidatif dengan variasi penetasan oksidan APS, rasio molar APS/Anilin pada suhu ruang dan 0°C serta membuat elektroda untuk sistem *capacitive deionization* (CDI) dari film polianilin. Serbuk polianilin jenis garam emeraldin telah berhasil disintesis baik pada suhu rendah (0°C) maupun pada suhu ruang yang dibuktikan dengan pita serapan utama khas pada analisis spektra FTIR, yaitu *C=C stretching* pada cincin quinoid, *C=C stretching* pada cincin benzenoid, *C-N stretching* dan *stretching* $\text{Q}=\text{NH}^+-\text{B}$. Analisis pola difraksi XRD juga mengkonfirmasi karakteristik pola difraksi dari polianilin pada $2\theta \sim 25^\circ$. Mikrograf polianilin dianalisis menggunakan SEM menunjukkan bahwa sampel polianilin hasil sintesis memiliki morfologi fiber dan granular. Berdasarkan hasil analisis luas permukaan dengan SAA, polianilin yang berhasil disintesis memiliki luas permukaan yang tinggi, mencapai $42,13 \text{ m}^2/\text{g}$. Hasil analisis konduktivitas tertinggi dengan sebesar $1,79 \times 10^{-1} \text{ S/cm}$, dengan persen penghilangan garam sebesar $\sim 1\%$. Berdasarkan studi literatur yang telah dilakukan, hasil sintesis merupakan karakteristik polianilin murni dengan luas area tertinggi. Berdasarkan hasil penelitian, pengaruh suhu reaksi terhadap luas permukaan yaitu pada suhu 0°C nilai luas permukaan lebih tinggi dari suhu ruang, sedangkan nilai konduktivitas suhu ruang lebih tinggi dari pada suhu 0°C . Semakin tinggi rasio molar APS/Anilin nilai luas permukaan dan konduktivitas cenderung meningkat, dan semakin lamanya *dropping time* oksidan APS, nilai luas permukaan dan konduktivitas semakin menurun.

Kata kunci. polianilin; *capacitive deionization* (CDI); elektroda; polimerisasi oksidatif

ABSTRACT

AHMAD RAFLY JULIANA. Synthesis of Polyaniline with Oxidative Polymerization Method As Electrode for Adsorption-Desorption Process Ion Na^+ and Cl^- . Under the guidance of SETIA BUDI, YUSMANIAR.

The objective of this research is to know the characteristic of polyaniline synthesized by oxidative polymerization method with variation of dropping time APS, APS/Aniline molar ratio at room temperature and 0°C and to make an electrode for capacitive deionization (CDI) system from polyaniline film. The polyaniline powder of the emeraldin salt type has been successfully synthesized both at low temperatures (0°C) and at room temperature as evidenced by typical main absorption bands in FTIR spectra analysis, C=C stretching on quinoid rings, C=C stretching on benzenoid rings, C-N stretching and stretching $\text{Q}=\text{NH}^+-\text{B}$. The XRD pattern diffraction analysis also confirmed the characteristic of the diffraction pattern of polyaniline at $2\theta \sim 25^\circ$. The polyaniline micrographs analyzed using SEM showed that the polyaniline synthesized samples had fiber and granular morphology. Based on the results of surface area analysis with SAA, polyaniline successfully synthesized has a high surface area, reaching $42.13 \text{ m}^2/\text{g}$. Result of highest conductivity analysis with four point probe equal to $1,79 \times 10^{-1} \text{ S/cm}$, with percentage of salt removal equal to $\sim 1\%$. Based on literature studies that have been done, the synthesis results are characteristic of pure polyaniline with the highest area. Based on the result of research, the effect of reaction temperature on the surface area at 0°C , the value of surface area is higher than at room temperature, whereas the conductivity value at room temperature is higher than 0°C . The higher molar ratio of APS/Anilin, the value of surface area and conductivity tends to increase, and the longer dropping time of APS oxidant, the value of the surface area and the conductivity decreases.

Keywords. polyaniline; capacitive deionization (CDI); electrode; Oxidative polymerization

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR TABEL	v
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR LAMPIRAN	vii
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Perumusan Masalah	3
C. Tujuan Penelitian	3
D. Manfaat Penelitian	3
BAB II KAJIAN PUSTAKA	4
A. Polimer Konduktif	4
B. Polianilin	5
C. Polimerisasi Oksidatif	8
D. Kapasitif Deionisasi	8
E. Instrumen Karakterisasi	10
BAB III METODELOGI PENELITIAN	15
A. Tempat dan Waktu Penelitian	15
B. Metode Penelitian	15
C. Teknik Pengumpulan Data dan Analisa Data	16
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	17
A. Sintesis Polianilin	17
B. Analisis Gugus Fungsi	17
C. Morfologi Permukaan	20
D. Analisis Fasa	20
E. Luas Permukaan	22
F. Analisis Konduktivitas	24
G. Tes Desalinasi	25
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	27
A. Kesimpulan	27
B. Saran	27
DAFTAR PUSTAKA	28
LAMPIRAN	34

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1. Polimer Konduktif dan Singkatannya	5
Tabel 2. Perbedaan Bentuk Polianilin	6
Tabel 3. Nilai Konduktivitas Beberapa Polimer Konduktif	7
Tabel 4. Bilangan Gelombang FTIR Polianilin	11
Tabel 5. Nilai Konduktivitas Film Polianilin	24

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. Struktur Polimer Konduktif	5
Gambar 2. Struktur Molekul PANI Secara Umum	5
Gambar 3. Bentuk Polianilin dan Pembentukan Warnanya	7
Gambar 4. Sistem Desalinasi CDI	9
Gambar 5. Ilustrasi Proses CDI	9
Gambar 6. Berkas Elektron Alat SEM	12
Gambar 7. Gambar Mikrograf SEM Polianilin	12
Gambar 8. Gambar Skema Alat Four Point Probe	13
Gambar 9. Pola Difraksi Sinar-X film Tipis polianilin	14
Gambar 10. Karakterisasi Polianilin	16
Gambar 11. Hasil FTIR Polianilin Suhu Ruang	17
Gambar 12. Hasil FTIR Polianilin pada 0°C	18
Gambar 13. Hasil FTIR Suhu Ruang <i>Dropping</i> APS 150 Menit	18
Gambar 14. Empat Bentuk dari Polianilin	19
Gambar 15. Mikrograf SEM Polianilin Suhu 0°C <i>Dropping</i> 0 Menit ...	20
Gambar 16. Pola Difraksi Serbuk Polianilin Garam Emeraldin	21
Gambar 17. Grafik Nilai BET Terhadap <i>Dropping Time</i> APS	22

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1. Bagan Kerja Sintesis Polianilin	35
Lampiran 2. Perhitungan Konsentrasi Larutan	37
Lampiran 3. Dokumentasi Penelitian	38

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar belakang

Polianilin (PANI) adalah salah satu bahan polimer konduktif, yaitu suatu polimer yang dapat menghantarkan arus listrik. Polianilin banyak dipelajari karena sifat fisika dan kimianya yang khas sehingga memiliki potensi aplikasi yang luas. Polianilin memiliki kestabilan, mudah di sintesis, dan dapat mengalami perubahan sifat optik dan listrik yang dapat berbalik (*reversible*) melalui reaksi redoks dan doping-dedoping atau protonasi-deprotonasi sehingga sangat berpotensi untuk dimanfaatkan pada berbagai aplikasi (Maddu *et al.*, 2008), seperti sensor kimia (Virji *et al.*, 2004), elektroda pseudokapasitor (Liu *et al.*, 2014), sel fotovoltaiik (Valaski *et al.*, 2006), baterai sekunder (Cheng *et al.*, 2006), dan elektroda CDI (Wang *et al.*, 2015).

Berdasarkan tingkatan oksidasinya, polianilin dapat disintesis dalam beberapa bentuk, yaitu bentuk leukomeraldin (tereduksi penuh), emeraldin (setengah teroksidasi), dan pernigranilin (teroksidasi penuh). Bentuk emeraldin memiliki konduktivitas yang tertinggi dan paling luas diteliti karena konduktivitasnya dapat diatur melalui doping (Wallace *et al.*, 2003). Bentuk emeraldin dapat dibuat konduktif dengan doping asam protonik seperti HCl, yaitu dengan menambahkan proton-proton ke situs-situs $-N=$, sementara jumlah elektron pada rantai tetap. Bentuk konduktif dari emeraldin disebut garam emeraldin atau emeraldine *salt* (ES) (León, 2001). Bentuk ES dapat diubah menjadi emeraldin basa (EB) melalui reaksi deprotonasi dengan menggunakan basa seperti NH_4OH atau NaOH. Sebaliknya, EB bisa diubah menjadi ES melalui reaksi protonasi dengan menggunakan asam protonik seperti HCl. Proses ini disebut juga proses protonasi-deprotonasi atau doping-dedoping (Maddu *et al.*, 2008).

Saat ini telah dihasilkan beberapa metode pendekatan untuk sintesis polianilin antara lain metode *hard-template* (Jackowska *et al.*, 2008), metode *soft-template*, *electrospinning* dan deposisi elektrokimia (Liang *et al.*, 2002). Metode tersebut

memiliki kelebihan yaitu memudahkan untuk memperoleh hasil yang diinginkan, serta struktur morfologi yang dapat dikendalikan. Akan tetapi terdapat kekurangan yaitu membutuhkan waktu lebih lama dalam proses sintesis (Ragupathy *et al.*, 2012). Metode lain seperti metode polimerisasi oksidatif juga dapat digunakan untuk sintesis polimer dari senyawa seperti *aniline*, *pyrrole*, *phenols* dan *thiophene* (Male *et al.*, 2015). Metode polimerisasi oksidatif memiliki keuntungan yaitu biaya yang murah dalam produksi. Metode ini juga menawarkan pendekatan yang sederhana dan proses yang cepat pada saat penyusunan substrat dan tidak memerlukan penggunaan pelarut yang bersifat *toxic* seperti yang digunakan pada prosedur *dip coating* atau *spin coating* (Abu-thabit, 2016).

Akhir-akhir ini, teknologi kapasitif deionisasi (CDI) menimbulkan perhatian yang besar pada proses desalinasi, karena ramah lingkungan dan konsumsi energi yang lebih rendah dibandingkan desalinasi termal dan desalinasi membran (Wang *et al.*, 2015). Kapasitif deionisasi (CDI) menggunakan arus listrik sebagai sumber daya untuk mengadsorpsi ion-ion dari suatu zat menuju permukaan elektroda, menghilangkan ion dari suatu larutan sehingga terjadi suatu proses deionisasi atau desalinasi.

Salah satu komponen penting yang akan menentukan efisiensi dari teknologi kapasitif deionisasi adalah elektroda yang digunakan dalam sistemnya. Pemilihan material dari suatu elektroda memegang peranan penting dalam efisiensi penghilangan ion pada teknologi CDI. Elektroda harus stabil pada larutan saat dialirkan arus listrik, bersifat konduktif dan mempunyai luas permukaan yang tinggi (Yan *et al.*, 2014). Material dari bahan karbon biasanya digunakan sebagai elektroda pada CDI karena tingginya luas permukaan spesifik, struktur yang berpori, dan konduktivitasnya yang tinggi. Namun proses adsorpsi ion dari material karbon yang hanya terjadi di permukaan membatasi kemampuan adsorpsi dan aplikasinya (Liu *et al.*, 2012).

Oksida logam dan polimer konduktif adalah material lain yang dapat digunakan sebagai elektroda, dengan sifatnya yang konduktif dan memiliki *pseudo-capacitance* dan kapasitansi elektrokimia. Pada material seperti ini, kapasitas spesifik akan lebih tinggi dari material karbon karena penyerapan ion

tidak hanya dipermukaan tetapi juga terjadi di lapisan dalam (Liu *et al.*, 2012). Namun karena mahal biaya dan kemungkinan kontaminasi dari logam berat dari oksida logam, maka polimer konduktif menjadi pilihan yang lebih menguntungkan sebagai material elektroda pada CDI (Wang *et al.*, 2015).

Berdasarkan uraian diatas, maka dalam penelitian ini akan disintesis film polianilin dengan metode polimerisasi oksidatif dengan variabel yang mempengaruhi luas permukaan dan konduktivitas seperti waktu penetasan (*dropping time*) oksidan APS yaitu: 0, 60, dan 150 (menit), serta rasio molaritas APS dengan anilin dan temperatur reaksi yaitu pada suhu ruang dan sekitar 0°C untuk meningkatkan kinerja adsorpsi-desorpsi ion dari elektroda pada sistem kapasitif deionisasi.

B. Perumusan masalah

Perumusan masalah pada penelitian ini, yaitu “bagaimanakah pengaruh variasi waktu penetasan oksidan APS, rasio molaritas APS dengan anilin dan temperatur reaksi terhadap luas permukaan dan konduktivitas dari film polianilin yang telah disintesis serta kemampuan desalinasi dari elektroda polianilin?”

C. Tujuan penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mensintesis elektroda dari polianilin dan menganalisa pengaruh variasi waktu penetasan oksidan APS, rasio molaritas APS dengan anilin dan temperatur reaksi terhadap luas permukaan, konduktivitas dan kemampuan desalinasi film polianilin.

D. Manfaat penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah memberikan informasi pengaruh variasi waktu penetasan oksidan APS, rasio molaritas APS dengan anilin dan temperatur reaksi terhadap luas permukaan, konduktivitas dan kemampuan desalinasi dari film polianilin.

BAB II

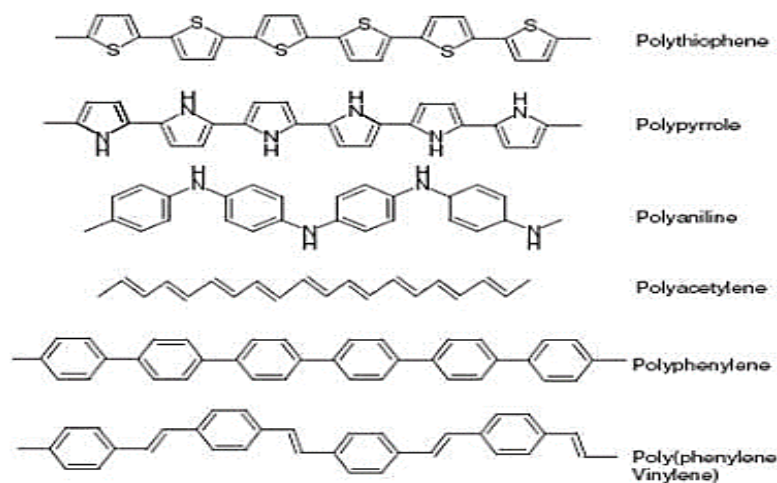
KAJIAN PUSTAKA

A. Polimer Konduktif

Polimer konduktif merupakan suatu polimer yang dapat menghantarkan arus listrik seperti halnya logam. Polimer yang pada keadaan normal tidak bersifat konduktif dapat ditingkatkan konduktivitasnya dengan memberikan penambahan pembawa muatan. Kemampuan polimer konduktif menghantarkan listrik terjadi karena adanya elektron ikatan terdelokalisasi yaitu kecenderungan elektron terluar untuk berpindah dari suatu tingkatan ke tingkatan energi lainnya (Susmita & Muttaqin, 2013).

Polimer dengan potensial konduktivitas menjadi penelitian setelah adanya publikasi oleh Pemenang Nobel pada tahun 1976 Heeger. A. yang memaparkan tentang pengembangan senyawa-senyawa organik yang dapat menghantarkan listrik seperti sifat logam. Beberapa jenis polimer memiliki daya hantar listrik yang mirip dengan daya hantar listrik senyawa logam (Abu-thabit, 2016). Konduktivitas listrik merupakan kemampuan suatu bahan untuk mengalirkan arus listrik. Pengaruh unsur-unsur pepadu, pengotor atau ketidaksempurnaan dalam kristal, sangat mempengaruhi konduktivitas suatu penghantar.

Elektrik polimer konduktif mulai dikembangkan pada tahun 1976 dan telah melahirkan penelitian yang intensif untuk mempelajari sifat-sifat kelistrikan polimer konduktif dari material insulator, semikonduktor hingga konduktor. Material jenis baru ini bersifat semikonduktif dan konduktif dengan sifat elektrik dan optik mirip dengan semikonduktor anorganik namun memiliki kelenturan mekanis seperti plastik/polimer. Akan tetapi mekanisme pembawa muatan pada polimer semikonduktif memiliki perbedaan mendasar dengan semikonduktor anorganik. Tidak semua polimer dapat menjadi konduktif, hanya polimer terkonjugasi yang bisa menjadi konduktor (ikatan pada rantai berupa ikatan tunggal dan rangkap yang berposisi berselangseling) (Shirakawa, 2001).



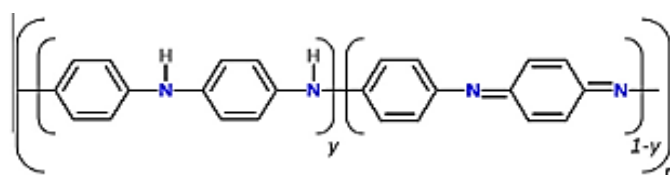
Gambar 1. Struktur Polimer Konduktif (Parasmayanti, 2014)

Tabel 1. Polimer Konduktif dan Singkatannya (Balint *et al.*, 2014)

Polypyrrole (PPy)
Polyaniline (PANI)
Poly(3,4-ethylenedioxythiophene) (PEDT, PEDOT)
Polythiophene (PTh)
Polythiophene-vinylene (PTh-V)
Poly(p-phenylenevinylene) (PPV)
Polyacetylene (PAC)

B. Polianilin

Polianilin adalah suatu molekul besar yang dibangun oleh pengulangan molekul kimia kecil dan sederhana yang disebut monomer anilin yang berikatan kovalen. Penggabungan monomer-monomer anilin akan membentuk cincin-cincin benzoid (B) dan kuinoid (Q) yang dihubungkan satu dengan lainnya oleh atom nitrogen (N) melalui ikatan amin dan ikatan imin (Kusumawati *et al.*, 2008). Struktur molekul polimer PANI secara umum ditunjukkan oleh gambar berikut :



Gambar 2. Struktur Molekul PANI Secara Umum (Balint *et al.*, 2014)

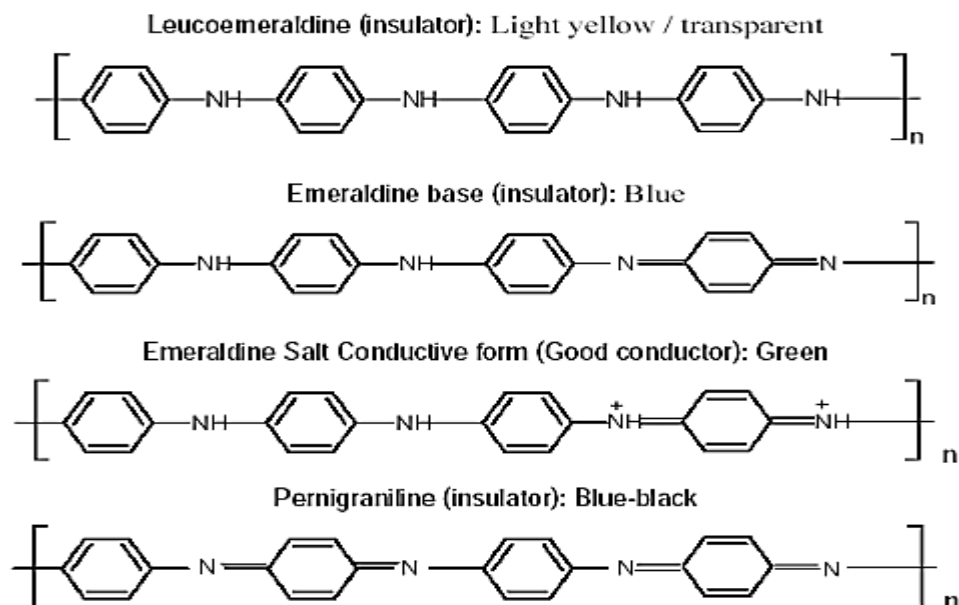
Berdasarkan tingkat oksidasinya, polianilin dapat disintesis dalam beberapa bentuk isolatifnya, yaitu *leucoemeraldine base* (LB) yang tereduksi penuh, *emeraldine base* (EB) yang teroksidasi setengah dan *pernigranilin base* (PB) yang teroksidasi penuh (Maddu *et al.*, 2008). Berdasarkan sifat listriknya, polianilin dibagi menjadi dua, yaitu polianilin konduktif dan polianilin isolatif (Kusumawati *et al.*, 2008).

Emeraldine Base merupakan bentuk paling stabil dan juga paling luas diteliti dari tiga bentuk polianilin karena konduktivitasnya yang dapat diperoleh dari 10^{-10} S/cm hingga 100 S/cm melalui doping, sedangkan bentuk PB dan LB tidak dapat dibuat konduktif. Bentuk EB dapat dibuat konduktif dengan doping asam protonik seperti HCl, dimana proton-proton ditambahkan ke situs-situs $-N=$, sementara jumlah elektron pada rantai tetap. Bentuk konduktif dari EB disebut *emeraldine salt* (ES) (Maddu *et al.*, 2008).

Tabel 2. Perbedaan Bentuk Polianilin (Hao, 2003)

Nama Kondisi	(1-y)	Kondisi Redoks	Konduktivita (S cm ⁻¹)	Warna
<i>Leucoemeraldin base</i>	0	Tereduksi Penuh	$<10^{-5}$	Kuning atau transparan
<i>Emeraldine base</i>	0.5	Setengah Teroksidasi	$<10^{-5}$	Biru tua
<i>Perigraniline Base</i>	1	Teroksidasi Penuh	$<10^{-5}$	Ungu
<i>Emeraldine salt</i>	0.5	Setengah Reduksi-oksidasi	~ 15	Hijau

Semua nitrogen yang ada pada keadaan pernigranilin berbentuk imina, sementara 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. Emeraldin terprotonasi merupakan bentuk setengah teroksidasi dari polianilin (Asri, 2008).



Gambar 3. Bentuk Polianilin dan Pembentukan Warnanya (Abia, 2006)

Polianilin dapat disintesis dengan menggunakan metode kimia, yaitu menggunakan monomer anilin, asam dan oksidan. Asam yang biasa digunakan adalah asam klorida (HCl) dan asam sulfat (H₂SO₄). Sebagai oksidan digunakan *ammonium peroxidysulfate* ((NH₄)₂S₂O₈), *potassium dichromate* (K₂Cr₂O), *potassium iodate* (KIO) dan *hydrogen peroxide* (H₂O₂) (Mihardi, 2008).

Konduktivitas dari polianilin ditentukan oleh dua parameter yaitu berdasarkan tingkat oksidasi dan berdasarkan konsentrasi doping. Berdasarkan tingkat oksidasi dikenal PANI dalam bentuk leukomeraldin, emeraldin dan pernigranilin, sedangkan berdasarkan konsentrasi dopingnya dikenal keadaan garam (terdoping) dan keadaan basa (tanpa doping) (Abia, 2006).

Tabel 3. Nilai Konduktivitas Beberapa Polimer (Parasmayanti, 2014)

Polimer	Konduktivitas (S/m)
<i>Polyacetylene</i>	1,5 x 10 ⁻⁷
<i>Polypyrrole</i>	2,0 x 10 ⁻⁵
<i>Poly(p-phenylene)</i>	1,0 x 10 ⁻⁵
<i>Poly(p-phenylenvinylene)</i>	1,0 x 10 ⁻⁵
<i>Polythiophene</i>	1,0 x 10 ⁻⁴
<i>Polyaniline</i>	1,0 x 10 ⁻³

Nilai konduktivitas polianilin merupakan yang tertinggi dibandingkan polimer konduktif lainnya (Parasmayanti, 2014). Konduktivitas polianilin juga dipengaruhi oleh parameter sintesis seperti konsentrasi monomer anilin, jenis dopan dan konsentrasi yang digunakan, temperatur, lama waktu, arus dan tegangan polimerisasi. Dengan parameter sintesis yang optimum, akan didapatkan polianilin dengan nilai konduktivitas listrik yang maksimum (Kusumawati *et al.*, 2008).

C. Polimerisasi Oksidatif

Polimerisasi oksidatif adalah proses pembentukan polimer dengan bantuan zat pengoksidasi, sebagai pengoksidasi monomer untuk membuat suatu polimer konduktif. Oksidasi aniline dengan ammonium peroxydisulfate (APS) akan menghasilkan Polianilin (PANI) (Stejskal & Gilbert, 2002).

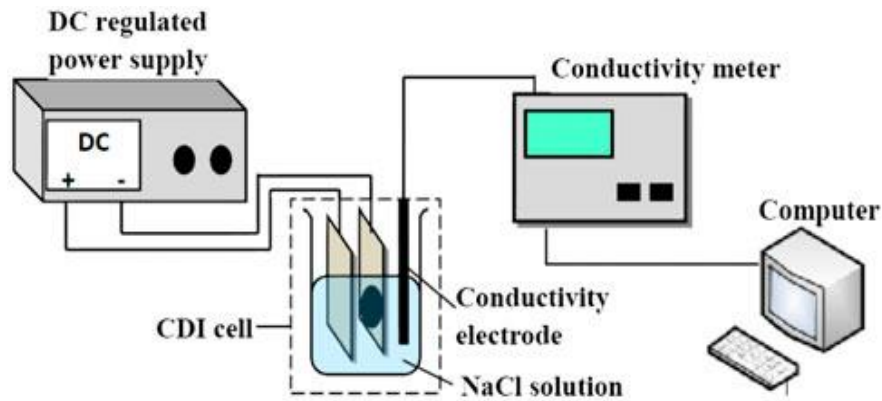
Sekarang ini telah dihasilkan beberapa metode pendekatan untuk sintesis polianilin antara lain metode *hard-template* (Jackowska *et al.*, 2008), metode *soft-template*, teknologi *electrospinning* dan deposisi elektrokimia (Liang *et al.*, 2002). Metode tersebut memiliki kelebihan yaitu memudahkan untuk memperoleh hasil yang diinginkan, serta struktur morfologi yang dapat dikendalikan. Akan tetapi terdapat kekurangan yaitu membutuhkan waktu lebih lama dalam proses sintesis (Ragupathy *et al.*, 2012).

Metode polimerisasi oksidatif dapat digunakan untuk sintesis polimer (oligomers) dari senyawa seperti *aniline*, *pyrrole*, *phenols*, *diphenyl sulfide*, *thiophenols* dan *thiophene* (Male *et al.*, 2015). Penerapan metode polimerisasi oksidatif memiliki keuntungan yaitu biaya yang murah dalam produksi. Metode ini juga menawarkan pendekatan yang sederhana dan proses yang cepat pada saat penyusunan substrat karena tidak memerlukan penggunaan pelarut yang bersifat *toxic* seperti yang digunakan pada prosedur *dip coating* atau *spin coating* (Abu-thabit, 2016).

D. Kapasitif Deionisasi (CDI)

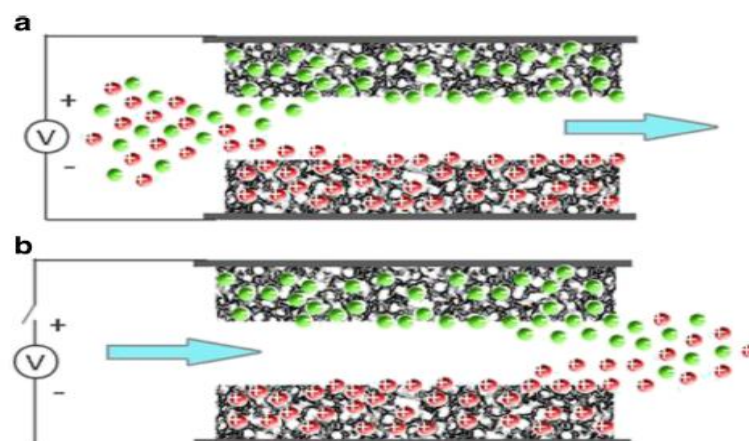
Teknologi kapasitif deionisasi (CDI) adalah suatu metode elektrosorpsi terkendali untuk mengilangkan spesi ion bermuatan dari suatu larutan yang telah diaplikasikan pada desalinasi air payau, desalinasi air laut, dan remediasi air limbah (Suss *et al.*, 2015). Teknologi CDI menimbulkan perhatian yang besar pada proses

desalinasi karena ramah lingkungan dan konsumsi energi yang rendah dibandingkan desalinasi termal dan desalinasi membran (Astuti & Taspika, 2015; Wang *et al.*, 2015).



Gambar 4. Sistem Desalinasi CDI (wang, 2015)

Kapasitif deionisasi (CDI) menggunakan arus listrik sebagai sumber daya untuk mengadsorpsi ion-ion dari suatu zat menuju permukaan elektroda, ion positif akan menuju elektroda negatif sedangkan ion negatif akan menuju elektroda positif sehingga dapat menghilangkan ion dari suatu larutan agar terjadi suatu proses deionisasi atau desalinasi. Pemilihan material dari suatu elektroda memegang peranan penting dalam efisiensi penghilangan ion pada teknologi CDI. Elektroda harus stabil pada larutan saat dialirkan arus listrik, konduktif dan mempunyai luas permukaan yang tinggi (Yan *et al.*, 2014).



Gambar 5. Ilustrasi Proses CDI, a. Proses Penghilangan Ion, b. Regenerasi Elektroda. (Jia & Zhang, 2016)

Material dari bahan karbon biasanya digunakan sebagai elektroda pada CDI karena tingginya luas permukaan spesifik, struktur yang berpori, dan nilai konduktivitasnya yang tinggi. Namun proses adsorpsi ion dari material karbon yang mengikuti prinsip *double-layer* yang hanya terjadi di permukaan sehingga membatasi kemampuan adsorpsi dan aplikasinya. Oksida logam dan polimer konduktif adalah material lain yang dapat digunakan sebagai elektroda, dengan kapasitas spesifik lebih tinggi dari material karbon karena penyerapan ion tidak hanya dipermukaan tetapi juga terjadi di lapisan dalam. Namun karena mahal biaya dan kemungkinan kontaminasi dari logam berat dari oksida logam, maka polimer konduktif menjadi pilihan yang menguntungkan sebagai material elektroda pada Kapasitif Deionisasi (Liu *et al.*, 2012).

$$\text{Pengurangan kadar garam (\%)} = \frac{\sigma_f - \sigma_p}{\sigma_f} \times 100$$

Hasil persentase pengurangan kadar garam diperoleh melalui perhitungan menggunakan persamaan oleh (Himmaty & Endarko, 2013; Park *et al.*, 2007), dimana σ_f merupakan konduktivitas awal, dan σ_p konduktivitas akhir larutan (Himmaty & Endarko, 2013).

E. Instrumen Karakterisasi

1. *Fourier Transform InfraRed* (FTIR)

Fourier Transform InfraRed (FTIR) merupakan suatu metode analisis spektroskopi menggunakan sinar infra merah. Spektroskopi FTIR merupakan salah satu teknik analisis yang digunakan dalam proses identifikasi struktur molekul suatu senyawa. Dengan membandingkan nilai bilangan gelombang yang muncul dalam spektrum dengan data standar, maka dapat diketahui gugus-gugus fungsi yang terdapat pada sampel (Griffiths & de Haseths, 2007).

Spektroskopi FTIR bekerja dengan cara radiasi IR dilewatkan melalui sampel. Beberapa radiasi *infrared* diserap oleh sampel dan beberapa dilewatkan (*transmitted*). Spektrum yang dihasilkan dari penyerapan dan transmisi molekul menghasilkan *fingerprint* molekul dari sampel.

Hasil karakterisasi senyawa dari FTIR berbentuk spektra. Spektra yang dihasilkan menunjukkan puncak yang khas pada setiap senyawa. Spektrometer

FTIR dapat digunakan untuk karakterisasi gugus fungsi yang ada dalam polianilin. Berikut tabel gugus fungsi dan bilangan gelombang yang terdapat pada polianilin:

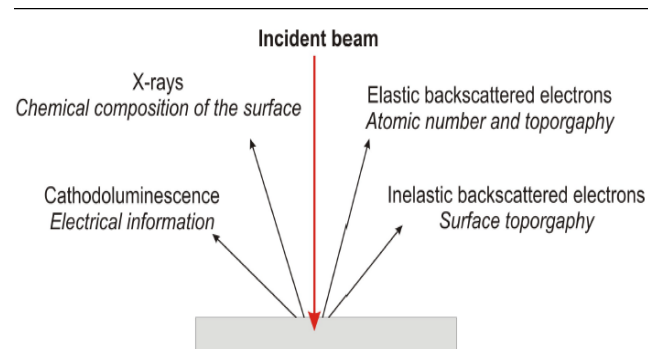
Tabel 4. Bilangan Gelombang FTIR Polianilin (Hasoon, 2014)

Bilangan Gelombang (cm¹)	Gugus Fungsi
952	Deformasi cincin kuinoid
1037	Deformasi cicin aromatic
1120	Vibrasi C-H
1132	Vibrasi Q=NH⁺-B
1161	N=Kuinoid=N
1293	Stretching C-N
1500	C=N benzoid
1567	C=C kuinoid
2924	Stretching C-H aromatic
3036	Stretching C-H aromatik
3400	Stretching N-H

2. *Scanning Electron Microscope (SEM)*

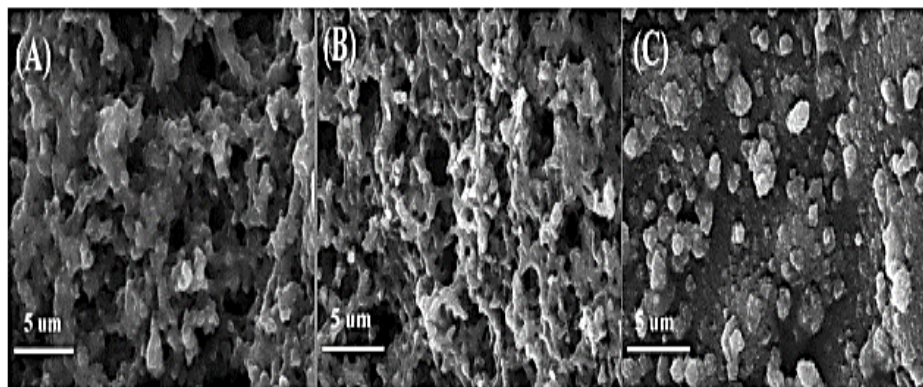
Scanning Electron Microscope adalah salah satu jenis mikroskop elektron yang menggunakan berkas elektron untuk menggambar profil permukaan benda. Prinsip kerja SEM adalah menembakkan permukaan benda dengan berkas elektron berenergi tinggi (Abdullah & Khairurrijal, 2009). Sebagian besar perbesaran gambar dalam SEM menggunakan elektron sebagai pengganti cahaya dari sebuah gambar. Pantulan elektron diproduksi di bagian atas mikroskop dengan elektron *gun*. Berkas elektron mengikuti jalur vertikal melalui mikroskop pada ruang hampa. Perjalanan pantulan melalui medan elektromagnetik dan lensa yang memfokuskan sinar kearah sampel tersebut. Setelah pantulan menabrak sampel, elektron dan X-ray ditolak dari sampel tersebut. Detektor mengumpulkan x-ray, *elektron backscattered* dan elektron sekunder kemudian mengubahnya menjadi sinyal yang

dikirim ke layar sehingga di hasilkan gambar akhir dari sampel (Kurganskaya *et al.*, 2009).



Gambar 6. Berkas Elektron Alat SEM (Kurganskaya *et al.*, 2009)

Karakterisasi menggunakan *Scanning Electron Microscope* (SEM) bertujuan untuk mengetahui morfologi permukaan dan ukuran partikel sampel sebagai data kualitatif. Menurut penelitian (Li *et al.*, 2013) mikrograf SEM sampel memperlihatkan bahwa sampel tersusun dari partikel polianilin yang sangat teragglomerasi dengan distribusi berukuran mikron, polianilin memiliki pori dan berserat ketika dilihat dengan SEM. Struktur yang berpori dan kecilnya ukuran partikel berguna untuk aplikasi yang berhubungan dengan permukaan seperti aplikasi elektronik dan sensor karena memiliki pergerakan elektron (Li *et al.*, 2013).



Gambar 7. Gambar Mikrograf SEM PANI (Li *et al.*, 2013)

3. *Surface Area Analyzer* (SAA)

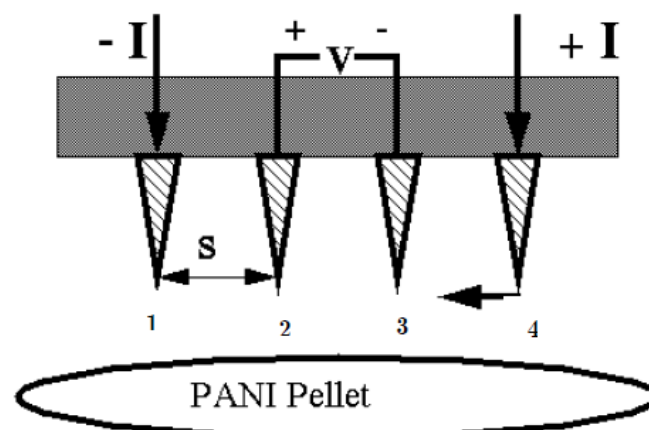
Surface Area Analyzer (SAA) merupakan salah satu alat utama dalam karakterisasi material. Alat ini khususnya berfungsi untuk menentukan luas permukaan material, distribusi pori dari material dan isotherm adsorpsi suatu gas

pada suatu bahan (Gregg & Sing, 1982). Alat ini dilengkapi dengan perangkat lunak yang dapat menghitung hampir semua data yang diperlukan seperti: luas permukaan, volume pori, distribusi pori dengan berbagai metode perhitungan.

Luas permukaan spesifik adalah parameter yang menggambarkan kapasitas adsorpsi suatu adsorben. Pada bidang katalisis, luas permukaan spesifik merupakan gambaran banyaknya situs aktif yang ada pada permukaan katalis yang menentukan sifat katalitiknya, sedangkan pada elektroda sel elektrokimia, luas permukaan spesifik berhubungan dengan banyaknya transfer elektron yang terjadi pada daerah permukaan. Prinsip kerja dari alat ini menggunakan mekanisme adsorpsi gas, umumnya nitrogen, argon dan helium, pada permukaan suatu bahan padat yang akan dikarakterisasi pada suhu konstan, biasanya suhu didih dari gas tersebut. Alat tersebut pada dasarnya hanya mengukur jumlah gas yang dapat diserap oleh suatu permukaan padatan pada tekanan dan suhu tertentu. Hasil analisa akan disajikan dalam bentuk grafik ataupun tabulasi.

4. *Four Point Probe*

Four point probe adalah sebuah alat untuk mengukur resistivitas suatu sampel semikonduktor, dengan cara mengalirkan arus listrik melewati bagian luar dua buah *probe* dan mengukur tegangan yang melewati bagian dalam *probe* yang diletakkan pada sampel, sehingga dapat mengukur resistivitas suatu substrat.



Gambar 8. Skema Alat *Four Point Probe* (Atassi *et al.*, 2008)

Data yang diperoleh adalah nilai resistansi (R), panjang (l) dan luas penampang (A) dari film polianilin. Nilai konduktivitas (σ) merupakan kebalikan

dari resistivitas (ρ). Nilai tersebut dapat diperoleh dengan persamaan (Mulders, 2005) :

Keterangan :

R = Resistansi (Ω)

A = Luas penampang (cm^2)

L = Panjang (cm)

ρ = Resistivitas ($\Omega\cdot\text{m}$)

σ = Konduktivitas (S/cm)

$$\rho = A \frac{R}{l}$$

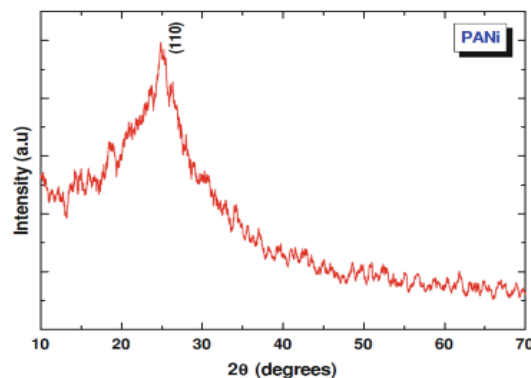
$$\sigma = \frac{1}{\rho}$$

5. *X-Ray Diffractometer (XRD)*

X-Ray Diffractometer adalah sebuah teknik eksperimental sangat penting yang digunakan untuk mengatasi semua masalah yang berhubungan dengan struktur kristal padatan termasuk kisi konstan dan geometri, mengidentifikasi bahan yang tidak diketahui, penggambaran kristal tunggal, dan polikristal (Cao, 2004).

Hasil pengukurannya disebut sebagai pola difraksi sinar- X dari sampel. Analisis komputer dari posisi *peak* dan intensitas yang terkait dengan pola ini memungkinkan analisis kualitatif. Analisis kualitatif dapat dilakukan berdasarkan tinggi *peak* atau luas puncak. Sudut dan profil *peak* dapat digunakan untuk menentukan diameter partikel dan derajat kristalinitas serta berguna dalam melakukan analisis *X-ray* pada struktur tertentu (Nishikicho, 2013).

Hasil karakterisasi menggunakan XRD berupa puncak-puncak yang disebut difraktogram. Difraktogram menunjukkan satu atau lebih puncak dengan harga yang khas pada setiap senyawa. Polianilin memiliki puncak pada 2θ sebesar $25,30^\circ$ (Bandgar *et al.*, 2012).



Gambar 9. Pola Difraksi Sinar-X Film Tipis Polianilin (Bandgar *et al.*, 2012)

BAB III

METODELOGI PENELITIAN

A. Tempat dan Waktu penelitian

Penelitian dilakukan di Laboratorium Penelitian Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA) Universitas Negeri Jakarta. Waktu penelitian dimulai dari bulan November 2016 – Juli 2017.

B. Metode Penelitian

1. Alat dan Bahan

a. Alat

Alat-alat yang digunakan pada penelitian ini adalah *Fourier Transform Infrared (FTIR)*, *Scanning Electron Microscope (SEM)*, *Surface Area Analyzer (SAA)*, *X-ray Diffractometer (XRD)*, *Four Point probe (FPP)*, Edaq potensiostat, alat-alat gelas, neraca timbang analitis, kertas saring, *magnetik stirer* dan *magnetik bar*.

b. Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah, monomer anilin, HCl, $(\text{NH})_4\text{S}_2\text{O}_8$, NaCl dan aquades.

2. Prosedur Penelitian

Polianilin dalam penelitian ini disintesis dengan metode polimerisasi oksidatif. Langkah-langkah yang dilakukan dijelaskan seperti berikut ini. Pertama, dibuat dua larutan secara terpisah, yaitu 0,92 ml monomer anilin 0,2 M, ditambahkan dengan 2,5 mL HCl 2M, lalu dilarutkan dalam 21,58 ml aquades pada gelas kimia 50 ml. Larutan distirer secara terus menerus selama 15 menit sesuai dengan perbedaan temperatur reaksi, sedangkan pada 50 ml gelas kimia lainnya sejumlah gram APS sesuai dengan rasio APS/Anilin tertentu, ditambahkan 2,5 mL HCl 2M lalu dilarutkan dalam 22,5 ml aquades. Kemudian larutan APS ditambahkan tetes demi tetes dengan variasi waktu 0, 60, dan 150 menit ke larutan anilin dengan di *stirring* secara konstan pada variasi temperatur 0° dan temperatur ruang. Setelah penambahan APS selesai, perlahan warna larutan berubah menjadi hijau seiring berjalannya waktu. Kemudian larutan didiamkan selama 2,5 jam di

refrigerator. Setelah proses polimerisasi, produk berupa endapan disaring dan dibilas beberapa kali dengan aquades. Produk kemudian dikeringkan didalam desikator sehingga akhirnya diperoleh bubuk polianilin.

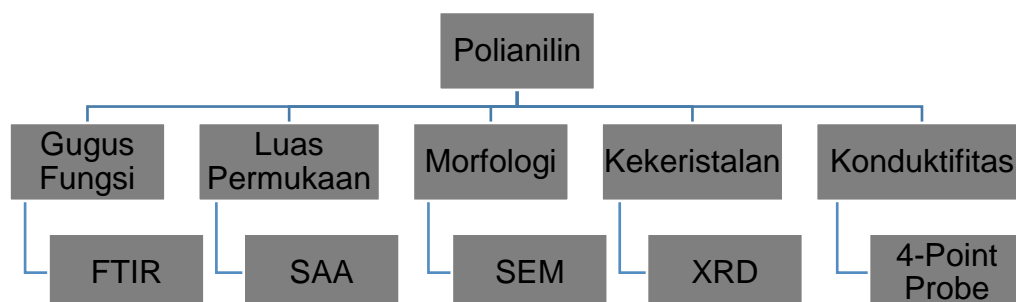
Pembuatan film polianilin dilakukan dengan menggunakan alat press dan *template* yang telah dimodifikasi. Serbuk polianilin emeraldin *salt* sebanyak 0,6 gram dimasukkan ke dalam *template*, kemudian di press dengan tekanan 8 ton selama 3 menit. Hasil yang akan didapat berupa film polianilin dengan ketebalan rata-rata 0,1 cm dengan diameter 2,5 cm.

Tes desalinasi dilakukan dengan menggunakan potensiostat sebagai sumber tegangan yang diatur sebesar 1,4 V, konsentrasi larutan NaCl 0,05 g/100 mL, dan sampel elektroda yang diuji yaitu PANI 0°C; PANI 0°C *dropping* APS 60 menit; PANI 0°C *dropping* APS 150 menit, dan PANI 0°C rasio molar APS/ANI 1. Pengujian dilakukan selama waktu total 2650 detik.

C. Teknik Pengumpulan Data dan Analisis Data

Karakterisasi polianilin dilakukan untuk mengetahui sifat-sifat yang dimiliki oleh polianilin hasil sintesis dengan menggunakan berbagai instrumen kimia. Sifat-sifat yang diamati antara lain:

1. Karakterisasi keberadaan gugus fungsi polimer polianilin dengan *Fourier Transform Infrared*.
2. Karakterisasi morfologi permukaan film tipis polianilin dengan *Scanning Electron Microscope*.
3. Karakterisasi luas permukaan film polianilin dengan *Surface Area Analyzer*.
4. Karakterisasi konduktifitas film polianilin dengan *Four Point Probe*.
5. Karakterisasi kristalinitas film polianilin dengan *X-ray Diffractometer*.



Gambar 10. Karakterisasi Polianilin

BAB IV

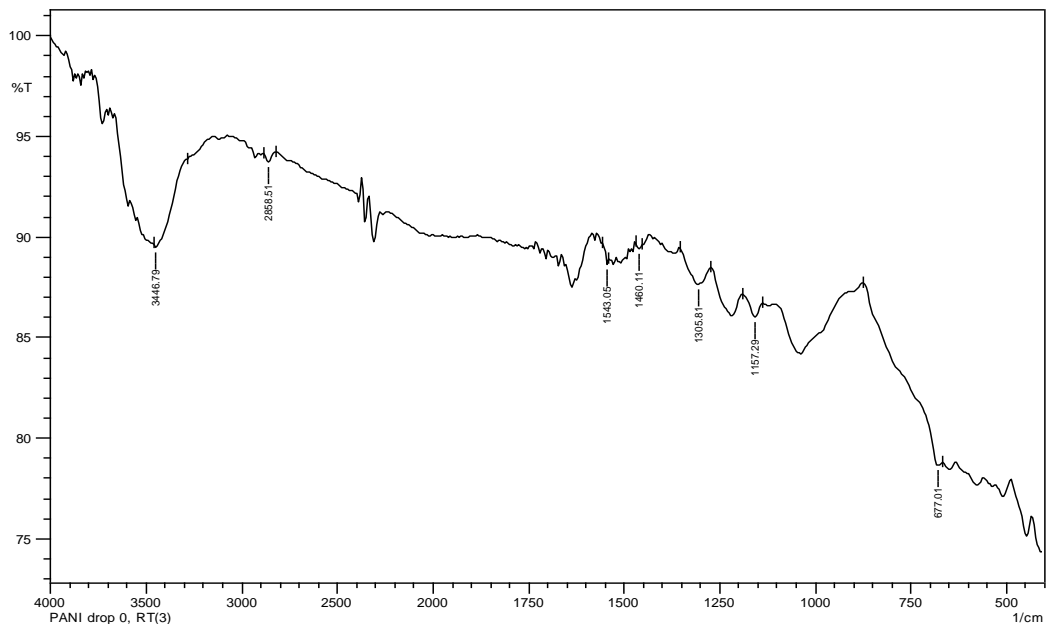
HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Sintesis Polianilin

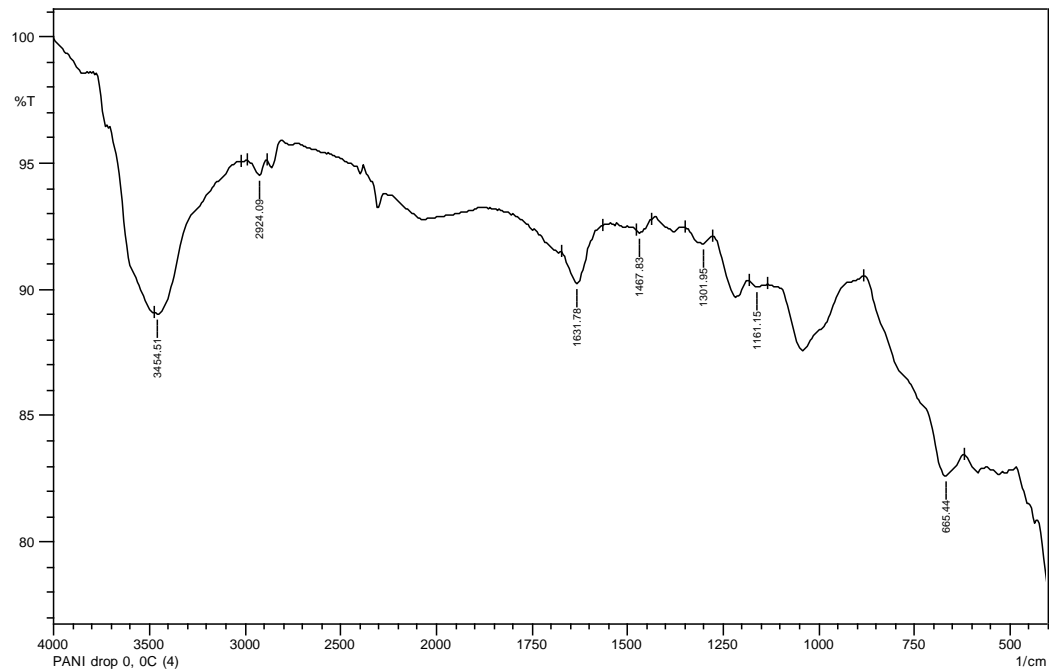
Sintesis polianilin dilakukan dengan metode polimerisasi oksidatif dengan keadaan standar dari IUPAC *Technical Report* (2002) dan Oraon (2016), dengan menggunakan monomer anilin, oksidan ammonium peroksidisulfat (APS), dan dopan asam klorida (Stejskal & Gilbert, 2002). Sintesis polianilin pada penelitian ini dilakukan pada suhu 0°C dan suhu ruang yang dilakukan dengan variasi *dropping time* oksidan ammonium peroksidisulfat (APS) selama 0 menit, 60 menit, 150 menit serta dengan variasi perbandingan molar APS/ANI : 0,25, 0,75, dan 1. Polianilin yang didapatkan berupa endapan berwarna hijau kehitaman yang merupakan polianilin emeraldin *salt*.

B. Analisa Gugus Fungsi

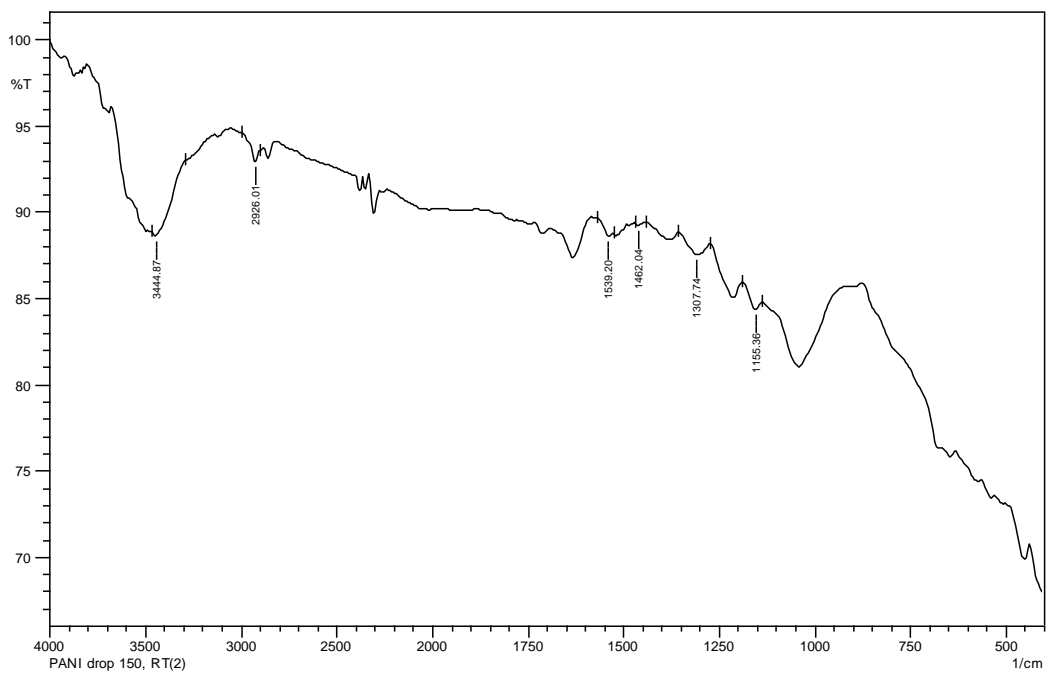
Analisa terhadap keberadaan gugus fungsi dari polianilin yang telah disintesis, dilakukan menggunakan IR prestige-21 FTIR SHIMADZU. Berikut ini adalah hasil analisis FTIR pada polianilin yang disintesis pada suhu 0°C dan suhu ruang yang dilakukan dengan waktu *dropping* Ammonium Peroksidisulfat (APS) selama 0 menit dan 150 menit.



Gambar 11. Hasil FTIR Polianilin Suhu Ruang *Dropping* APS 0 Menit



Gambar 12. Hasil FTIR Polianilin pada 0°C *Dropping* APS 0 Menit

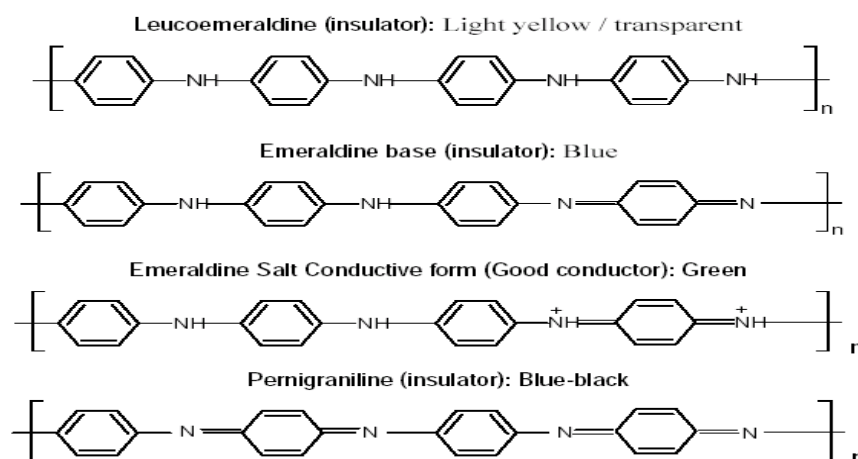


Gambar 13. Hasil FTIR Polianilin Suhu Ruang *Dropping* APS 150 Menit

Berdasarkan hasil spektra FTIR pada ketiga gambar diatas, ketiga sampel memiliki puncak serapan dari polianilin yaitu N-H, C-H, C=C cincin quinoid (Q), C=C cincin benzenoid (B), C-N, dan Q=NH⁺-B (Maddu *et al.*, 2008; Sanches *et al.*, 2014). Semua sampel yang diuji menampilkan puncak-puncak serapan gugus

fungsi yang relatif tidak ada perbedaan, hasil ini menunjukkan bahwa suhu reaksi dan *dropping time* tidak mempengaruhi tetap terbentuknya polianilin. Berdasarkan spektra tersebut, terdapat beberapa puncak yang menunjukkan puncak-puncak serapan gugus fungsi yang dimiliki polianilin emeraldin *salt*, yaitu puncak pada bilangan gelombang $\sim 3400\text{ cm}^{-1}$ menunjukkan *stretching* N-H dan puncak pada bilangan gelombang $\sim 2900\text{ cm}^{-1}$ menunjukkan adanya vibrasi *stretching* C-H (Oraon *et al.*, 2016).

Terdapat puncak pada bilangan gelombang sekitar $\sim 1600\text{ cm}^{-1}$ yang merupakan C=C *stretching* dari cincin quinoid (Q). Puncak spektrum pada $\sim 1500\text{ cm}^{-1}$ merupakan C=C *stretching* dari cincin benzenoid (B) yang merupakan *backbone* dari Polianilin (Maddu *et al.*, 2008). Pada puncak spektrum sekitar $\sim 1300\text{ cm}^{-1}$ menunjukkan adanya *stretching* C-N aromatik amina sekunder dan puncak pada bilangan gelombang $\sim 1100\text{ cm}^{-1}$ terdapat puncak spektrum dari emeraldin *salt* yaitu pita serapan Q=NH⁺-B (quinoid=NH⁺-benzenoid) yang diyakini sebagai puncak karakteristik kondisi konduktif dari polianilin (Maddu *et al.*, 2008; Sanches *et al.*, 2014; Xu *et al.*, 2015).

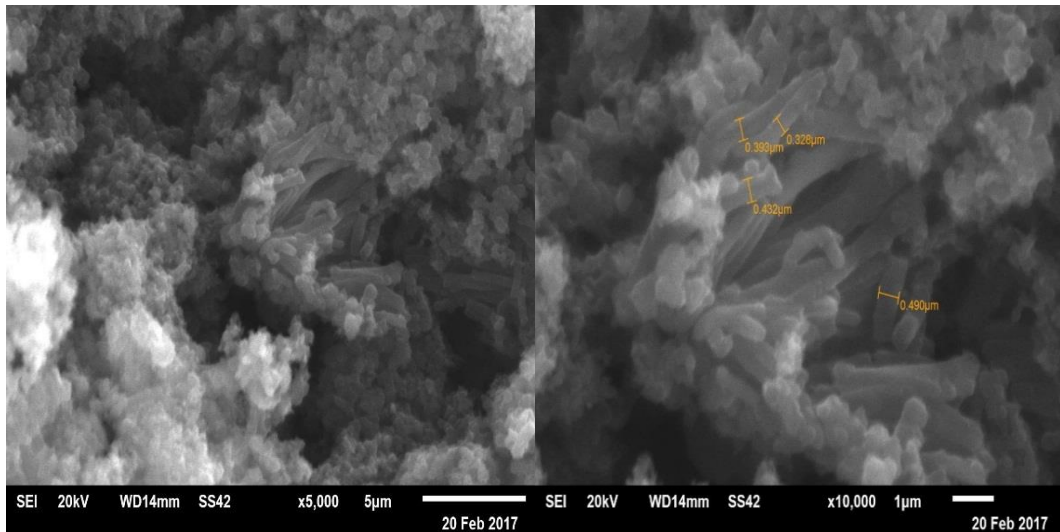


Gambar 14. Empat Bentuk dari Polianilin (Abia, 2006)

Berdasarkan hasil analisa gugus fungsi dengan FTIR yang telah dilakukan, adanya puncak serapan dari ikatan C=C pada cincin quinoid, ikatan N-H dan ikatan Q=NH⁺-B, menunjukkan bahwa Polianilin yang telah disintesis merupakan Polianilin Emeraldine *Salt* (ES) (Abia, 2006).

C. Morfologi Permukaan

Analisis morfologi permukaan dari polianilin yang disintesis dengan waktu *dropping* APS 0 menit pada suhu 0°C dilakukan menggunakan instrumen SEM JEOL JSM 651-OLA dengan perbesaran 5.000x menunjukkan hasil sebagai berikut.



Gambar 15. Mikrograf SEM Polianilin pada Suhu 0°C *Dropping* 0 Menit.

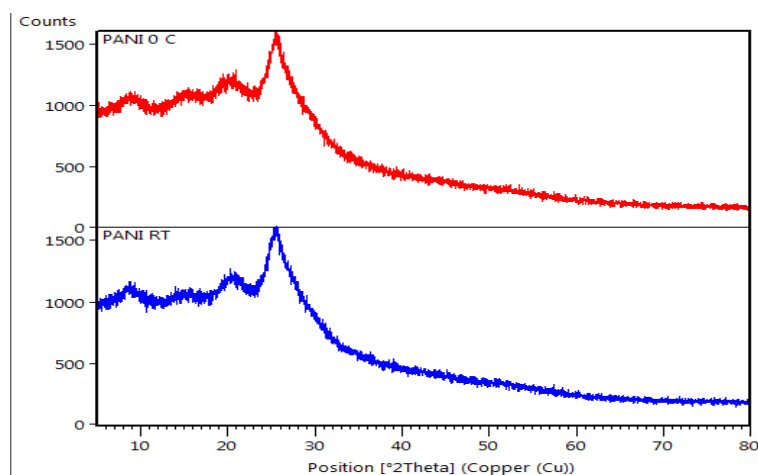
Berdasarkan mikrograf SEM pada gambar tersebut, diketahui bahwa polianilin yang dihasilkan memiliki diameter keseluruhan partikel polianilin sekitar ± 300 nm. Morfologi polianilin yang terbentuk ada dalam bentuk fiber dan granular. Adanya struktur fiber dapat meningkatkan luas permukaan efektif, yang diharapkan dapat memudahkan pengikatan ion antara polianilin dan elektrolit (Xu *et al.*, 2015). Seiring pertambahan waktu, morfologi fiber dari polianilin akan tumbuh menjadi bentuk granular (Huang & Kaner, 2006; Maity & Khandelwal, 2016). Bentuk granular merupakan ciri khas dari polianilin yang disintesis dengan penambahan asam klorida dalam larutan (Ayad & Zaghlol, 2012; Trchová & Stejskal, 2011).

D. Analisa Fasa

Karakterisasi menggunakan *X-Ray Diffractometer* (XRD) dilakukan untuk mengetahui kristalinitas dari polianilin hasil sintesis. Gambar 16 menunjukkan pola

XRD serbuk polianilin garam emeraldin yang disintesis pada suhu 0°C dan suhu ruang dengan *dropping* APS 0 menit.

Polianilin Emeraldin Salt



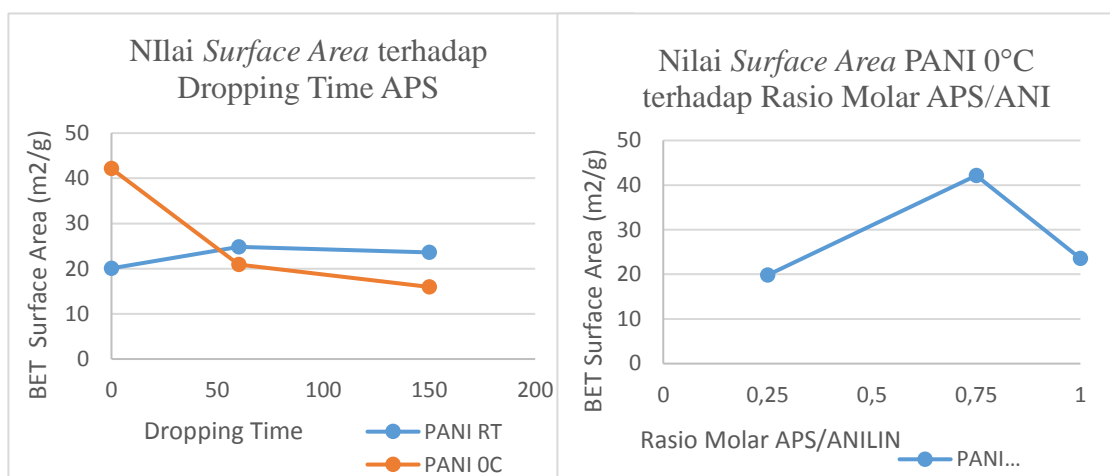
Gambar 16. Pola Difraksi Serbuk Polianilin Garam Emeraldin Suhu 0°C & Suhu Ruang *Dropping* APS 0 menit

Berdasarkan hasil *fitting* difraktogram menggunakan HighScore Plus PANanalytical, polianilin telah berhasil disintesis baik pada suhu 0°C dan suhu ruang, dengan menunjukkan puncak khas yang sesuai dengan referensi (Bandgar *et al.*, 2012; Cheng *et al.*, 2006; Farrokhzad *et al.*, 2013; Maddu *et al.*, 2008). Pola difraksi pada sampel polianilin garam emeraldin suhu 0°C *dropping* APS 0 menit, terdapat puncak pada 2θ 9,33°, 20,90°, dan 25,52° dengan persen kristalinitas sebesar 40,68%. Sedangkan pada sampel polianilin garam emeraldin suhu ruang *dropping* APS 0 menit, puncak karakteristik tampak pada 2θ 8,62°, 20,19°, dan 25,60° dengan persen kristalinitas sebesar 36,55%. Pola difraksi seperti ini mengindikasikan struktur semi kristalin dari polianilin (Maddu *et al.*, 2008). Perbedaan persen kristalinitas antara polianilin 0°C dengan polianilin RT, dikarenakan penambahan berat molekul dan peningkatan kristalinitas yang meningkat seiring dengan penurunan suhu (Benabdellah *et al.*, 2011; Maity & Khandelwal, 2016; Stejskal *et al.*, 1999). Puncak pada 2θ ~25,30° menunjukkan puncak khas polianilin, puncak ini dianggap berasal dari susunan paralel dari rantai polimer polianilin (Bandgar *et al.*, 2012; Cheng *et al.*, 2006; Maddu *et al.*, 2008). Sedangkan puncak pada 2θ ~19,95° menunjukkan puncak amorf dari polianilin dan

puncak pada $2\theta \sim 9^\circ$ menunjukkan puncak kristalin dari polianilin (Farrokhzad *et al.*, 2013).

E. Luas Permukaan

Pengukuran luas permukaan polianilin menggunakan *Surface Area Analyzer* (SAA) Micromeritics ASAP 2020. Preparasi sampel dilakukan *degassing* pada suhu 150°C selama 6 jam. Berdasarkan hasil pengukuran luas permukaan didapatkan hasil sebagai berikut :



Gambar 17. Grafik Nilai BET *Surface Area* Terhadap Dropping Time APS dan Rasio Molar APS/ANI pada PANI RT dan 0°C

Berdasarkan hasil data pengukuran luas permukaan polianilin diatas, diketahui nilai luas permukaan BET yang dihasilkan pada polianilin yang disintesis pada suhu 0°C lebih besar dibandingkan dengan polianilin yang disintesis pada suhu *Room Temperature* (RT) $\sim 28^\circ\text{C}$, dimana besar nilai luas permukaan BET yang dihasilkan masing-masing sebesar $42.1368 \text{ m}^2/\text{g}$ dan $20.0708 \text{ m}^2/\text{g}$. Hasil pada suhu 0°C diketahui lebih besar dari hasil yang diperoleh oleh (Xu *et al.*, 2015) yaitu sebesar $33,6 \text{ m}^2/\text{g}$, (Ayad & Zaghlol, 2012) sebesar $20,02 \text{ m}^2/\text{g}$, (Moniruzzaman & Yue, 2014) sebesar $15,38 \text{ m}^2/\text{g}$. Peningkatan luas permukaan BET ini dapat disebabkan karena pengaruh proses reaksi yang berlangsung pada suhu rendah dan pendiaman sampel polianilin didalam pendingin/refrigator sehingga proses polimerisasi yang terjadi berlangsung lambat yang menyebabkan luas permukaan menjadi meningkat karena proses polimerisasi yang terjadi berlangsung secara

sempurna, dengan ukuran partikel yang kecil (Asri, 2008; Han *et al.*, 2013; Su, 2015). Semakin rendah temperature reaksi, semakin teratur PANI-ES yang terbentuk (Hidayat *et al.*, 2014).

Nilai luas permukaan terbesar diperoleh pada polianilin 0°C yang disintesis dengan rasio molar APS/Anilin 0,75 yaitu sebesar 42.1368 m²/g. *Surface area* yang besar dari polianilin dapat memberikan kelebihan dalam hal adsorpsi, sehingga mampu meningkatkan kemampuan adsorpsi dari polianilin tersebut (Jia & Zhang, 2016).

Diketahui pada sintesis polianilin dengan waktu *dropping* oksidan APS 60 dan 150 menit diketahui bahwa, semakin lama waktu *dropping* APS maka semakin kecil luas permukaan BET yang dihasilkan dibandingkan dengan *dropping* APS 0 menit. Penurunan nilai luas permukaan BET dari *dropping* oksidan APS 0 menit ke *dropping* oksidan APS 60 menit dan *dropping* oksidan APS 150 menit dapat dikarenakan semakin lamanya waktu polimerisasi, partikel PANI secara perlahan bertambah besar sehingga mengakibatkan luas permukaan yang dihasilkan menjadi lebih rendah (Oraon *et al.*, 2016; Qin *et al.*, 2011). Hal ini terbukti dari data yang dihasilkan dimana luas permukaan BET polianilin pada *dropping* APS 60 menit pada suhu 0°C dan RT masing-masing sebesar 20.8826 dan 24.8196 m²/g yang lebih besar dari luas permukaan BET polianilin pada *dropping* APS 150 menit yaitu sebesar 15.9552 dan 23.6268 m²/g. Sedangkan berdasarkan perbedaan rasio molar APS/Anilin, diketahui bahwa nilai BET *surface area* terbesar yaitu pada rasio 0,75, dibandingkan dengan rasio 0,25 dan 1 dengan nilai 42,13 m²/g. Rasio molar APS/Anilin yang rendah, hanya akan membentuk sedikit polianilin karna ketidakcukupan oksidan, dan rasio APS/Anilin yang berlebih, akan menyebabkan peroksidasi dan dekomposisi (Han *et al.*, 2013). Polianilin yang memiliki luas permukaan BET yang besar dapat meningkatkan kemampuan adsorpsi dan mendukung transport elektron yang cepat dari bahan polianilin tersebut, sehingga dapat menjadi kandidat yang menjanjikan dalam pengembangan material terbarukan untuk aplikasi sebagai sensor, penyimpanan energy, sel surya, elektroda, dan lain sebagainya (Dubal *et al.*, 2013; Hasoon, 2007; Wang *et al.*, 2015).

Berdasarkan data yang diperoleh diketahui bahwa polianilin dengan nilai BET *surface area* tertinggi yaitu sebesar 42.1368 m²/g telah berhasil dicapai pada sintesis polianilin pada suhu 0°C dengan waktu *dropping* oksidan APS 0 menit dan rasio molar APS/Anilin 0,75.

F. Analisis Konduktivitas

Penentuan nilai konduktivitas dari polianilin hasil sintesis dilakukan dengan menggunakan metode *Four Point Probe*, dengan menggunakan alat *Four Point Probe* Keithley 6200 current source dan Keithley 2700 nanovoltmeter yang ada di Pusat Penelitian Metalurgi dan Material LIPI Puspitek Serpong. Data yang diperoleh yaitu resistansi (R), panjang (l) dan luas penampang (A). Nilai konduktivitas (σ) merupakan kebalikan dari resistivitas (ρ), yang di dapatkan melalui persamaan berikut :

Resistivitas: $\rho = A \frac{R}{l}$ Konduktivitas: $\sigma = \frac{1}{\rho}$

Tabel 5. Nilai Konduktivitas Film Polianilin

Nama Sampel	Konduktivitas (S/cm)
PANI 0°C	9,40 x 10 ⁻²
PANI RT	1,57 x 10 ⁻¹
PANI <i>dropping</i> APS 60 menit; 0°C	6,22 x 10 ⁻²
PANI <i>dropping</i> APS 60menit; RT	7,00 x 10 ⁻²
PANI <i>dropping</i> APS 150menit; 0°C	3,13 x 10 ⁻²
PANI <i>dropping</i> APS 150menit; RT	2,45 x 10 ⁻²
PANI 0°C rasio molar APS/ANI 0,25	7,60 x 10 ⁻²
PANI 0°C rasio molar APS/ANI 1	1,79 x 10 ⁻¹

Berdasarkan data konduktivitas pada tabel 5 diketahui terjadi penurunan nilai konduktivitas seiring dengan semakin lamanya waktu penetasan APS dan dan semakin kecilnya molar rasio APS/Anilin, kedua kondisi ini dapat dianggap bahwa dalam larutan tersebut, konsentrasi APS lebih sedikit, hal ini mengakibatkan pembentukan molekul PANI berukuran kecil yang dapat larut dalam air sehingga *yield* akan rendah dan ketidak-cukupan oksidan menyebabkan sedikitnya ion,

sehingga aktivitas elektrokimia dan konduktivitas menjadi rendah. Sedangkan ketika rasio antara APS dan Anilin meningkat, akan menghasilkan konduktivitas yang baik. (Han *et al.*, 2013). Nilai konduktivitas tertinggi sebesar $1,79 \times 10^{-1}$ S/cm dicapai pada sintesis PANI 0°C dengan rasio molar APS/Anilin sebesar 1. Hasil ini dikarenakan konduktivitas polianilin meningkat seiring dengan penurunan suhu karena pertambahan berat molekul dan peningkatan kristalinitas (Maity & Khandelwal, 2016; Stejskal *et al.*, 1999). Hasil ini juga dikonfirmasi oleh data XRD, dimana polianilin yang disintesis pada suhu 0°C memiliki derajat kristalinitas yang lebih tinggi dibandingkan dengan polianilin yang disintesis pada suhu ruang. Hasil ini diketahui lebih tinggi dibandingkan dengan (Sapurina & Shishov, 2012) yaitu 0,036 S/cm, dan (Ghani & Young, 2010) dengan nilai terbesar $1,12 \times 10^{-3}$ dan nilai terkecil sebesar $3,54 \times 10^{-5}$ S/cm.

G. Tes Desalinasi

Pengujian kemampuan desalinasi ion Na^+ dan Cl^- elektroda polianilin hasil sintesis dilakukan dengan sistem seperti yang dilakukan oleh (Wang *et al.*, 2015), pada pengujian digunakan potensiostat sebagai sumber tegangan yang diatur sebesar 1,4 V, konsentrasi larutan NaCl 0,05 g/100 mL, dan sampel elektroda yang diuji yaitu PANI 0°C; PANI 0°C *dropping* APS 60 menit; PANI 0°C *dropping* APS 150 menit, dan PANI 0°C rasio molar APS/ANI 1. Pengujian dilakukan selama waktu total 2650 detik, dimana 1000 detik pertama dilakukan proses adsorpsi, 650 detik kemudian dilakukan proses desorpsi, dan 1000 detik selanjutnya kembali dilakukan proses adsorpsi.

Perhitungan kemampuan desalinasi dilakukan menggunakan persamaan yang dilakukan oleh (Himmaty & Endarko, 2013). Berdasarkan data hasil tes desalinasi pada lampiran 6 dan 7, proses adsorpsi yang ditandai dengan penurunan nilai konduktivitas larutan terjadi selama awal proses adsorpsi. Nilai pengurangan konduktivitas terbesar senilai 12, 4, 3 dan 3 μS , berturut-turut oleh elektroda PANI 0°C; PANI 0°C *dropping* APS 60 menit; PANI 0°C *dropping* APS 150 menit, dan PANI 0°C rasio molar APS/ANI 1. Besarnya persen penghilangan dan kapasitas adsorpsi garam berdasarkan perhitungan sebesar 0,82% pada PANI 0°C, 0,28%

pada PANI 0°C *dropping* APS 60 menit, 0,20% pada PANI 0°C *dropping* APS 150 menit dan 0,21% pada PANI 0°C rasio molar APS/Anilin 1. Hasil kemampuan desalinasi yang menurun ini mendukung data hasil BET *Surface Area* dan konduktivitas yang menurun seiring dengan semakin lamanya *dropping time* dari APS. Hal ini dikarenakan elektroda harus stabil pada larutan saat dialirkan arus listrik, konduktif dan mempunyai luas permukaan yang tinggi (Wang *et al.*, 2015; Yan *et al.*, 2014).

BAB V

KESIMPULAN

A. Kesimpulan

1. Film polianilin telah berhasil disintesis dengan metode polimerisasi oksidatif dengan variasi suhu, waktu penetasan oksidan APS dan rasio molar APS/Anilin.
2. Kemampuan penghilangan garam terbesar dari elektroda polianilin pada tes desalinasi sekitar 1%.
3. Berdasarkan hasil penelitian, diketahui bahwa pengaruh suhu reaksi terhadap luas permukaan yaitu pada suhu 0°C nilai luas permukaan lebih tinggi dari suhu ruang, sedangkan nilai konduktivitas suhu ruang lebih tinggi dari pada suhu 0°C.
4. Semakin tinggi rasio molar APS/Anilin nilai luas permukaan dan konduktivitas cenderung meningkat.
5. Semakin lamanya waktu penetasan oksidan APS, nilai luas permukaan dan konduktivitas semakin menurun.

B. Saran

Diperlukan pengukuran kapasitas spesifik dari elektroda polianilin yang dihasilkan dan variabel lain yang diharapkan dapat meningkatkan luas permukaan dan konduktivitas dari polianilin yang akan disintesis, sehingga diharapkan diperoleh suatu kombinasi yang tepat untuk menghasilkan elektroda polianilin yang mempunyai kemampuan penghilangan garam yang tinggi pada sistem desalinasi dengan kapasitif deionisasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, M., & Khairurrijal, K. (2009). Review: Karakterisasi Nanomaterial. *J. Nano Saintek*, 2(1), 1–9.
- Abia, A. J. (2006). *Polyaniline and Its Derivatives for Environmental Analysis*. Tennessee. East Tennessee University.
- Abu-Thabit, N. Y. (2016). Chemical Oxidative Polymerization of Polyaniline: A Practical Approach for Preparation of Smart Conductive Textiles. *Journal of Chemical Education*, 93(9), 1606–1611.
- Asri, N. D. (2008). *Sintesis dan Karakterisasi Film Polianilin Menggunakan Dopan Asam Sitrat dan Asam Tartrat* [skripsi]. Depok: Departemen Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Indonesia.
- Astuti, & Taspika, M. (2015). Pembuatan Elektroda Karbon Berpori Dari Tempurung Kemiri Dan Perancangan Prototipe Desalinasi Air Payau. *Jurnal Pendidikan Fisika Indonesia*, 11(1), 100–107.
- Atassi, Y., Tally, M., & Ismail, M. (2008). Synthesis And Characterization Of Chloride Doped Polyaniline By Bulk Oxidative Chemical Polymerization Doping Effects On Electrical Conductivity. *Higher Institute For Applied Science And Technology*. 1, 1-15.
- Ayad, M., & Zaghlol, S. (2012). Nanostructured Crosslinked Polyaniline with High Surface Area: Synthesis, Characterization and Adsorption for Organic Dye. *Chemical Engineering Journal*, 204, 79–86.
- Balint, R., Cassidy, N. J., & Cartmell, S. H. (2014). Conductive Polymers: Towards a Smart Biomaterial for Tissue Engineering. *Acta Biomaterialia*, 10(6), 2341–2354
- Bandgar, D. K., Khuspe, G. D., Pawar, R. C., Lee, C. S., & Patil, V. B. (2012). Facile and Novel Route for Preparation of Nanostructured Polyaniline (PANi) Thin Films. *Applied Nanoscience*, 4(1), 27–36.
- Benabdellah, A., Ikht, H., Belarbi, H., Fettouhi, B., Amer, A. A., & Hatti, M. (2011). Effects of The Synthesis Temperature on Electrical Properties of Polyaniline and their Electrochemical Characteristics onto Silver Cavity Microelectrode Ag / C-EM. *Int. J. Electrochem. Sci*, 6, 1747–1759.
- Cao, G. (2004). *Nanostructures and Nanomaterials Synthesis, Properties & Applications*. London. Imperial Collage Press.

- Cheng, F., Tang, W., Li, C., Chen, J., Liu, H., Shen, P., & Dou, S. (2006). Conducting Poly(aniline) Nanotubes and Nanofibers: Controlled Synthesis and Application in Lithium/Poly(aniline) Rechargeable Batteries. *Chemistry - A European Journal*, 12(11), 3082–3088.
- Dubal, D. P., Patil, S. V., Gund, G. S., & Lokhande, C. D. (2013). Polyaniline-Polypyrrole Nanograined Composite Via Electrostatic Adsorption for High Performance Electrochemical Supercapacitors. *Journal of Alloys and Compounds*, 552, 240–247.
- Farrokhzad, H., Van Gerven, T., & Van Der Bruggen, B. (2013). Preparation and Characterization of Conductive Polyaniline/Polysulfone Film and Evaluation of the Effect of Co-solvent. *European Polymer Journal*, 49(10), 3234–3243.
- Ghani, S. A., & Young, H. C. (2010). Conductive Polymer Based on Polyaniline-Eggshell Powder (PANI-ESP) Composites. *Journal of Physical Science*, 21(2), 81–97.
- Gregg S J, & Sing, K. S. W. (1982). *Adsorption, Surface Area and Porosity*. New York, Academic Press (Second Edi). Academic Press.
- Griffiths, P. R., & de Haseths, J. A. (2007). *Fourier Transform Infrared Spectrometry* (Second Edi). John Wiley & Sons.
- Han, J. J., Cheng, J. N., Pan, F. W., Liu, X. K., & Zhang, F. (2013). Effect of Synthesis Process of Polyaniline for the Zn-PANi Secondary Batteries. *Advanced Materials Research*, 608, 1342–1346.
- Hao, Q. (2003). *Development of Conductometric Polymer Sensor for Gaseous Hydrogen Chloride*. Faculty of Chemistry and Pharmacy, University of Regensburg, Germany.
- Hasoon, S. A. (2014). Electrochemical Polymerization and Optical Vibrations of Polyaniline Films. *International Journal of Innovative Research in Science Engineering and Technology*, 3(2), 9763–9772.
- Hidayat, F., Lau, Y., & Khadafi, A. (2014). Pengaruh Suhu Polimerisasi Terhadap Sifat Transpor dan Struktur Polianilina Berbentuk Garam Emeraldine. *Research and Development on Nanotechnology in Indonesia*, 1(2), 48–52.
- Himmaty, I., & Endarko, D. (2013). Pembuatan Elektroda Dan Perancangan Sistem Capacitive Deionization Untuk Mengurangi Kadar Garam Pada Larutan Sodium Klorida (NaCl). *Berkala Fisika*, 16(3), 1410–9662.

- Huang, J., & Kaner, R. B. (2006). The Intrinsic Nanofibrillar Morphology of Polyaniline. *Chemical Communications*, (4), 367–76.
- Jackowska, K., Bieguński, A. T., & Tagowska, M. (2008). Hard Template Synthesis of Conducting Polymers: A Route to Achieve Nanostructures. *Journal of Solid State Electrochemistry*, 12(4), 437–443.
- Jia, B., & Zhang, W. (2016). Preparation and Application of Electrodes in Capacitive Deionization (CDI): a State-of-Art Review. *Nanoscale Research Letters*, 11(1), 64.
- Kurganskaya, I., Luttge, A., & Barron, A. (2009). *The Application of VSI to the Study of Crystal Surface Processes*. OpenStax-CNX.
- Kusumawati, D. H., Setyarsih, W., & Putri, P. (2008). Studi Pengaruh Arus Polimerisasi terhadap Konduktivitas Listrik Polianilin yang Disintesis dengan Metode Galvanostatik. *Jurnal Fisika Dan Aplikasinya*, 4(1), 1–4.
- León, M. J. D. (2001). Electrospinning Nanofibers of Polyaniline and Polyaniline / (Polystyrene and Polyethylene Oxide) Blends Abstract. *Microscope*, 1, 1–5.
- Li, N., Xiao, Y., Xu, C., Li, H., & Yang, X. (2013). Facile Preparation of Polyaniline Nanoparticles Via Electrodeposition for Supercapacitors. *International Journal of Electrochemical Science*, 8(1), 1181–1188.
- Liang, L., Liu, J., Windisch, C. F., Exarhos, G. J., & Lin, Y. (2002). Direct Assembly of Large Arrays of Oriented Conducting Polymer Nanowires. *Angewandte Chemie - International Edition*, 41(19), 3665–3668.
- Liu, Q., Wang, Y., Zhang, Y., Xu, S., & Wang, J. (2012). Effect of Dopants on the Adsorbing Performance of Polypyrrole/Graphite Electrodes for Capacitive Deionization Process. *Synthetic Metals*, 162(7–8), 655–661.
- Liu, T., Finn, L., Yu, M., Wang, H., Zhai, T., Lu, X., Li, Y. (2014). Polyaniline and Polypyrrole Pseudocapacitor Electrodes with Excellent Cycling Stability. *Nano Letters*, 14(5), 2522–2527.
- Maddu, A., Wahyudi, S. T., & Kurniatins, M. (2008). Sintesis dan Karakterisasi Nanoserat Polianilin. *Jurnal Nanosains & Nanoteknologi*, 1(2). 74-78.
- Maity, P. C., & Khandelwal, M. (2016). Synthesis Time and Temperature Effect on Polyaniline Morphology and Conductivity. *American Journal of Material Synthesis and Processing*, 1(4), 37–42.

- Male, U., Singu, B. S., & Srinivasan, P. (2015). Aqueous, Interfacial, and Electrochemical Polymerization Pathways of Aniline with Thiophene: Nano Size Materials for Supercapacitor. *Journal of Applied Polymer Science*, 132(22), 1-8
- Mihardi, I. (2008). *Karakteristik Optik Dan Listrik Polianilin Yang Di- Doped HCl*[skripsi]. Bogor: Departemen Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Institut Pertanian Bogor.
- Moniruzzaman, M., & Yue, C. Y. (2014). Synthesis of Polyaniline Nanotubes Using the Self-assembly Behavior of Vitamin C: A Mechanistic Study and Application in Electrochemical Supercapacitors. *Journal of Materials Chemistry A*, 2(8), 2830–2838.
- Mulders, J. J. (2005). *An In-situ Four-point Probe Method for the Electrical Characterization of Beam Induced Depositions*. Kleindiek nanotechnic.
- Nishikicho, K. (2013). *X-ray Diffractometer*. Japan: Shimadzu.
- Oraon, R., De Adhikari, A., Tiwari, S. K., & Nayak, G. C. (2016). Enhanced Specific Capacitance of Self-Assembled Three-Dimensional Carbon Nanotube/Layered Silicate/Polyaniline Hybrid Sandwiched Nanocomposite for Supercapacitor Applications. *ACS Sustainable Chemistry and Engineering*, 4(3), 1392–1403.
- Parasmayanti, F. (2014). *Pengaruh Lama Sonifikasi Pada Pembuatan Film PANI-Ag/Ni Terhadap Kristalinitas Dan Konduktivitasnya*[skripsi]. Malang: Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Malang.
- Park, K. K., Lee, J. B., Park, P. Y., Yoon, S. W., Moon, J. S., Eum, H. M., & Lee, C. W. (2007). Development of a Carbon Sheet Electrode for Electrosorption Desalination. *Desalination*, 206(1–3), 86–91.
- Qin, Q., Tao, J., Yang, Y., & Dong, X. (2011). A Short Review on Rubber / Clay Nanocomposites With Emphasis on Mechanical Properties. *Polymer Engineering And Science*, 47. 663-669.
- Ragupathy, D., Gomathi, P., Lee, S. C., Al-Deyab, S. S., Lee, S. H., & Ghim, H. Do. (2012). One-step Synthesis of Electrically Conductive Polyaniline Nanostructures by Oxidative Polymerization Method. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, 18(4), 1213–1215.
- Sanches, E. A., Da Silva, J. M. S., Ferreira, J. M. D. O., Soares, J. C., Dos Santos, A. L., Trovati, G., Mascarenhas, Y. P. (2014). Structural and Morphological Characterization of Nanostructured Polyaniline Emeraldine-base form (EB-PANI). *Journal of Molecular Structure*, 1074, 732–737.

- Sapurina, I. Y., & Shishov, M. a. (2012). Oxidative Polymerization of Aniline: Molecular Synthesis of Polyaniline and the Formation of Supramolecular Structures. *New Polymers for Special Applications*, 79, 251–312.
- Shirakawa, H. (2001). Nobel Prize in Chemistry 2000 Electrically Conductive Plastic The Discovery of Polyacetylene Film : The Dawning of an Era. *Angew. Chem. Int. Ed.*, Volume 40(14), 2574–2580.
- Stejskal, J., & Gilbert, R. G. (2002). Polyaniline Preparation of a Conducting Polymer (IUPAC Technical Report). *Pure and Applied Chemistry*, 74(5), 857–867.
- Stejskal, J., Sapurina, I., Prokes, J., & Zemek, J. (1999). In-situ Polymerized Polyaniline Films - 3. Film Formation. *Synthetic Metals*, 105(3), 195–202.
- Su, N. (2015). Improving Electrical Conductivity, Thermal Stability, and Solubility of Polyaniline-Polypyrrole Nanocomposite by Doping with Anionic Spherical Polyelectrolyte Brushes. *Nanoscale Research Letters*, 10(1), 301.
- Susmita, R., & Muttaqin, A. (2013). Analisis Sifat Listrik Komposit Polianilin (PANi) Terhadap Penambahan Bottom Ash Sebagai Elektroda Superkapasitor. *Jurnal Fisika Unand*, 2(2), 107–113.
- Suss, M. E., Porada, S., Sun, X., Biesheuvel, P. M., Yoon, J., & Presser, V. (2015). Water Desalination Via Capacitive Deionization: What Is It and What Can We Expect From It? *Energy Environ. Sci.*, 8(8), 2296–2319.
- Trchová, M., & Stejskal, J. (2011). Polyaniline: The Infrared Spectroscopy of Conducting Polymer Nanotubes (IUPAC Technical Report). *Pure and Applied Chemistry*, 83(10), 1803–1817.
- Valaski, R., Muchenski, F., Mello, R. M. Q., Micaroni, L., Roman, L. S., & Hümmelgen, I. A. (2006). Sulfonated Polyaniline/Poly(3-methylthiophene) Based Photovoltaic Devices. *Journal of Solid State Electrochemistry*, 10(1), 24–27.
- Virji, S., Huang, J., Kaner, R. B., & Weiller, B. H. (2004). Polyaniline Nanofiber Gas Sensors: Examination of Response Mechanisms. *Nano Letters*, 4(3), 491–496.
- Wallace, G. G., Spinks, G. M., Leon, A. P., & Teasdale, P. R. (2003). *Conductive Electroactive Polymer: Intelligent Materials Systems*. CRC Press.
- Wang, Y., Wang, R., Xu, S., Liu, Q., & Wang, J. (2015). Polypyrrole/Polyaniline Composites with Enhanced Performance for Capacitive Deionization. *Desalination and Water Treatment*, 54(12), 3248–3256.

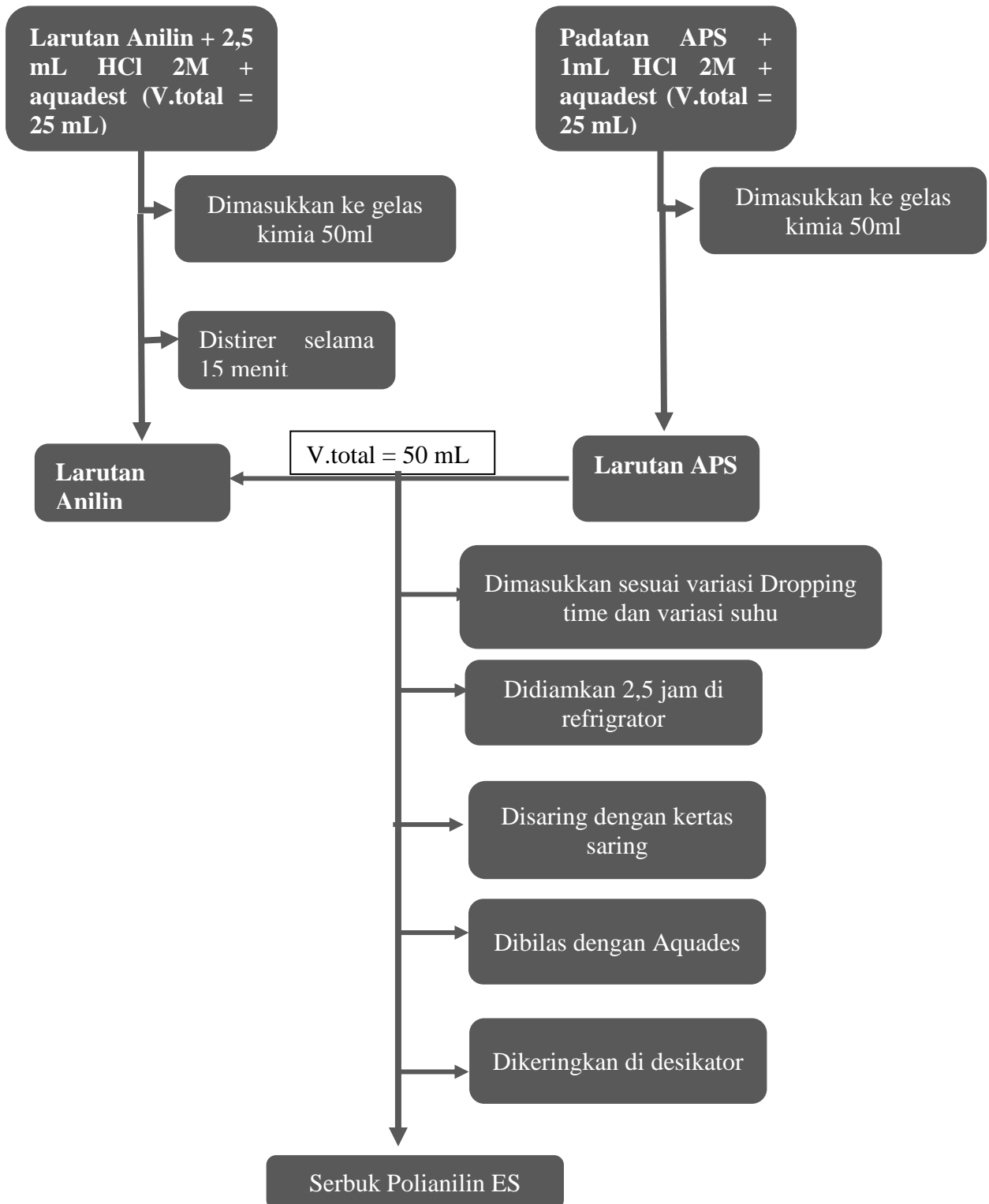
- Xu, H., Li, X., & Wang, G. (2015). Polyaniline Nanofibers With a High Specific Surface Area and an Improved Pore Structure for Supercapacitors. *Journal of Power Sources*, 294, 16–21.
- Yan, C., Kanaththage, Y. W., Short, R., Gibson, C. T., & Zou, L. (2014). Graphene/Polyaniline Nanocomposite as Electrode Material for Membrane Capacitive Deionization. *Desalination*, 344, 274–279.

LAMPIRAN

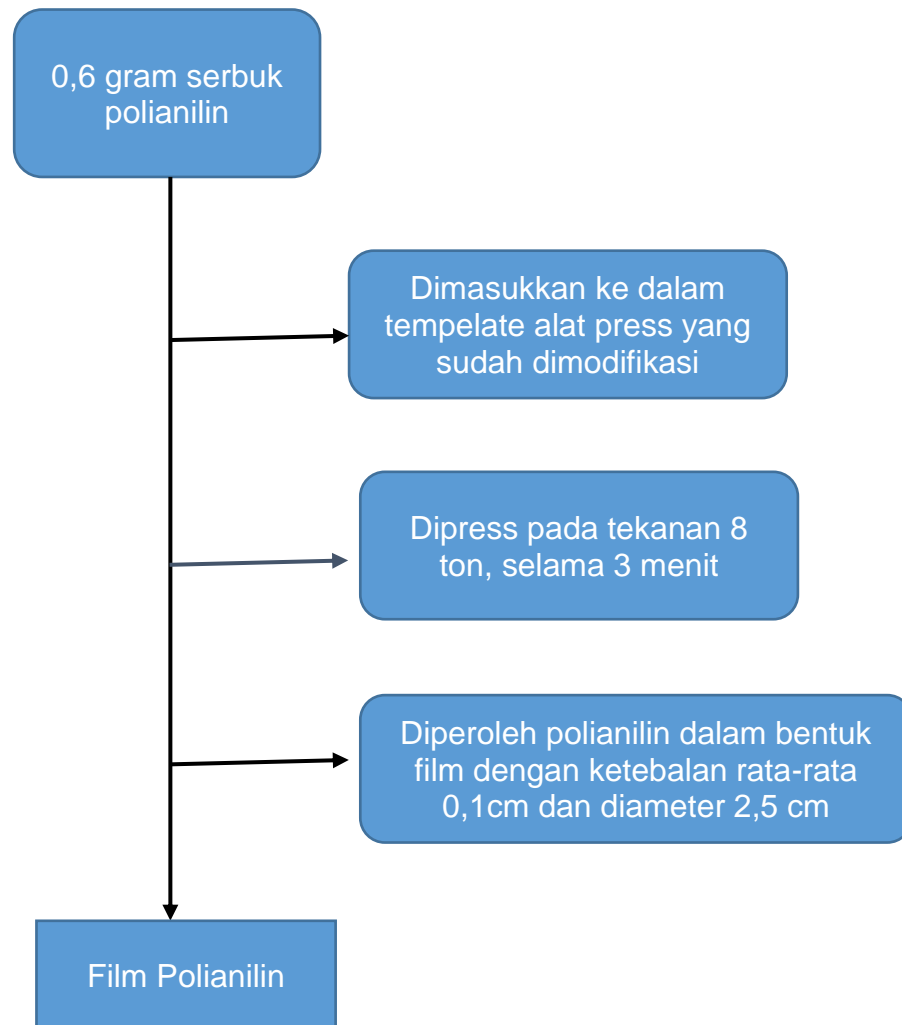
LAMPIRAN

Lampiran 1. Bagan Kerja

1. Pembuatan polianilin



2. Pembuatan Film Polianilin



Lampiran 2. Perhitungan konsentrasi larutan

1. Larutan HCl

- Konsentrasi HCl 37%

$$\begin{aligned}
 [\text{HCl}] &= \frac{10 \times \% \times \text{berat jenis}}{\text{Berat Molekul}} \\
 &= \frac{10 \times 37 \times 1,19 \text{ g/mL}}{36,4609 \text{ g/mol}} \\
 &= 12,0759 \text{ M} \approx 12,08 \text{ M}
 \end{aligned}$$

- Pembuatan 10 mL HCl 2 M

$$\begin{aligned}
 M_1 \cdot V_1 &= M_2 \cdot V_2 \\
 2 \text{ M} \cdot 10 \text{ mL} &= V_2 \cdot 12,08 \text{ mL} \\
 V_2 &= 1,66 \text{ mL}
 \end{aligned}$$

2. Larutan Anilin 0,2 M dalam 50 mL

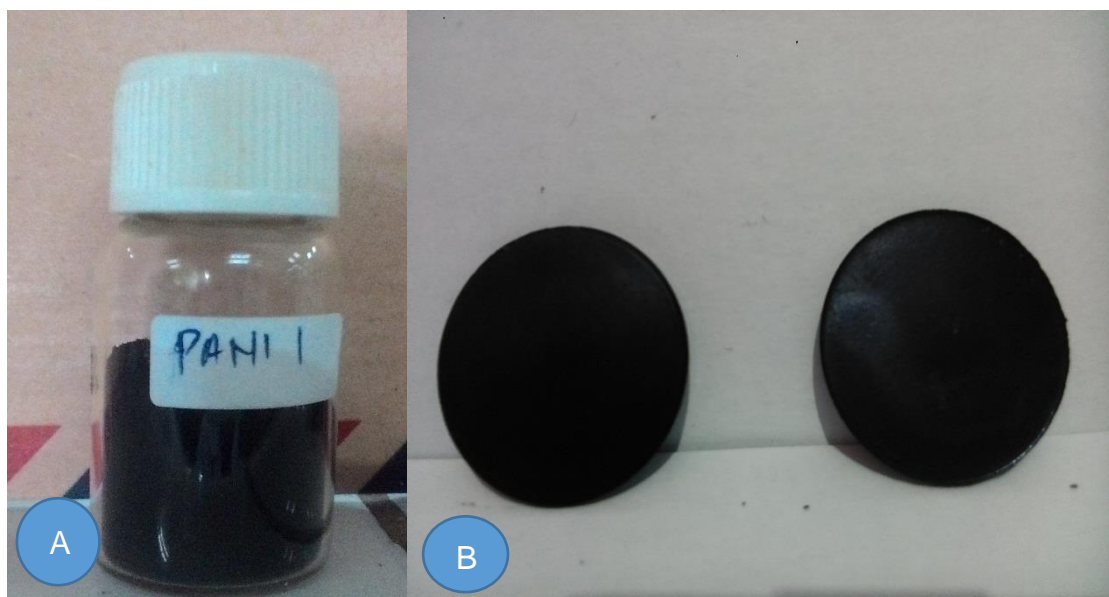
$$\begin{aligned}
 M_1 \cdot V_1 &= M_2 \cdot V_2 \\
 10,97 \text{ mL} \cdot V_1 &= 0,2 \text{ M} \cdot 50 \text{ mL} \\
 V_1 &= 0,92 \text{ mL}
 \end{aligned}$$

3. Larutan Ammonium Peroxydisulfate (APS) 0,15 M

$$\begin{aligned}
 [\text{APS}] &= (\text{Massa APS}) / \text{Mr} \times 1000 / V \\
 0,15 \text{ M} &= (\text{Massa APS}) / 228,19 \times 1000 / 50 \text{ mL} \\
 \text{Massa APS} &= 1,7114 \text{ gram}
 \end{aligned}$$

Lampiran 3. Dokumentasi Penelitian

Gambar. a. larutan polianilin, b. endapan polianilin hasil pengeringan



Gambar. a. Serbuk Polianilin, b. Film Polianilin



Gambar. a. Template alat press termodifikasi, a. Tampak atas, b. Tampak samping, c. Susunan template



Gambar. Sistem Desalinasi CDI

RIWAYAT HIDUP



AHMAD RAFLY JULIANA. Lahir di Jakarta pada 2 Juli 1995. Penulis merupakan putra kedua dari bapak Darnas Hilman dan ibu Dede Sukmanah. Saat ini penulis tinggal bertempat tinggal di Kampung Rawa Malang Rt 06 Rw 10, Kelurahan Semper Timur, Kecamatan Cilincing, Jakarta Utara.

Penulis menyelesaikan pendidikan dasar di SD Negeri 07 Cilincing pada tahun 2001-2007, pendidikan tingkat menengah pertama di SMP Negeri 143 Jakarta pada tahun 2007-2010 dan pendidikan tingkat atas di SMA Negeri 73 Jakarta pada tahun 2010-2013. Penulis diterima sebagai mahasiswa pada Program Studi Kimia Jurusan Kimia Universitas Negeri Jakarta melalui jalur undangan pada tahun 2013.

Selama menempuh pendidikan, penulis aktif dalam kegiatan ROHIS dan OSIS selama SMA. Selama kuliah penulis menjadi Staff dari departemen Pengembangan Profesi, Keilmiahan dan Akademik Badan Eksekutif Mahasiswa Jurusan Kimia periode 2013/2014.

Penulis pernah melakukan kunjungan industri ke beberapa industri seperti PT. Krakatau Steel dan PT. Indonesia Power di Cilegon, PT. Nippon Corpindo, PT. Coca-cola Amatil Indonesia di Bekasi, dan Badan Tenaga Nuklir Nasional (BATAN) di Serpong. Penulis juga pernah melakukan Kuliah Kerja Lingkungan (KKL) ke PT. Semen Indonesia di Tuban dan Kuliah Kerja Nyata (KKN) selama satu bulan di Purwakarta, Jawa Barat. Selain itu, penulis pernah menjadi asisten Praktikum Kinetika Kimia dan Praktikum Struktur dan Reaksi Anorganik.