



**SKRIPSI-SK184807**

**PERBANDINGAN KINERJA ELEKTRODA EMAS  
TERMODIFIKASI POLIPIROL/EKSTRAK DAUN DANDANG  
GENDIS (*Clinacanthus nutans*) DAN POLIANILIN/  
EKSTRAK DAUN DANDANG GENDIS SEBAGAI SENSOR  
ASAM ASKORBAT**

**AZIFA DYAH ADDINA  
NRP. 0121154000066**

**Dosen Pembimbing  
Prof. Dr. rer. nat. Fredy Kurniawan, S.Si., M.Si**

**DEPARTEMEN KIMIA  
FAKULTAS SAINS DAN ANALITIKA DATA  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA  
2020**



**SCRIPT- SK184807**

**PERFORMANCE COMPARISON OF GOLD ELECTRODE  
MODIFIED POLYPYRROLE/DANDANG GENDIS  
(*Clinacanthus nutans*) LEAVES EXTRACT AND  
POLYANILINE/DANDANG GENDIS LEAVES EXTRACT AS  
ASCORBIC ACID SENSOR**

**AZIFA DYAH ADDINA  
NRP. 0121154000066**

**Advisor Lecturer  
Prof. Dr. rer. nat. Fredy Kurniawan, S.Si., M.Si**

**CHEMISTRY DEPARTMENT  
FACULTY OF SCIENCE AND DATA ANALYTICAL  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA  
2020**

**PERBANDINGAN KINERJA ELEKTRODA EMAS  
TERMODIFIKASI POLIPIROL/EKSTRAK DAUN  
DANDANG GENDIS (*Clinacanthus nutans*) DAN  
POLIANILIN/ EKSTRAK DAUN DANDANG GENDIS  
SEBAGAI SENSOR ASAM ASKORBAT**

**SKRIPSI**

Disusun sebagai syarat untuk menyelesaikan Program S-1  
di Departemen Kimia, Fakultas Sains dan Analitika Data,  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya

Disusun Oleh:

**AZIFA DYAH ADDINA**

**NRP. 0121154000066**

**DEPARTEMEN KIMIA  
FAKULTAS SAINS DAN ANALITIKA DATA  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA  
2020**

## LEMBAR PENGESAHAN

# PERBANDINGAN KINERJA ELEKTRODA EMAS TERMODIFIKASI POLIPIROL/EKSTRAK DAUN DANDANG GENDIS (*Clinacanthus nutans*) DAN POLIANILIN/ EKSTRAK DAUN DANDANG GENDIS SEBAGAI SENSOR ASAM ASKORBAT

## SKRIPSI

Oleh:

AZIFA DYAH ADDINA

NRP. 01211540000066

Surabaya,  
Menyetujui,  
Dosen Pembimbing



Prof. Dr. rer. nat. Fredy Kurniawan, S.Si., M.Si

NIP. 19740428 199802 1 001



Mengetahui,  
Kepala Departemen Kimia

Prof. Dr. rer. nat. Fredy Kurniawan, S.Si., M.Si

NIP. 19740428 199802 1 001

**PERBANDINGAN KINERJA ELEKTRODA EMAS  
TERMODIFIKASI POLIPIROL/EKSTRAK DAUN  
DANDANG GENDIS (*Clinacanthus nutans*) DAN  
POLIANILIN/ EKSTRAK DAUN DANDANG GENDIS  
SEBAGAI SENSOR ASAM ASKORBAT**

**Nama : Azifa Dyah Addina**  
**NRP : 0121154000066**  
**Departemen : Kimia FSAD – ITS**  
**Pembimbing : Prof. Dr. rer. nat. Fredy  
Kurniawan, S.Si., M.Si**

**ABSTRAK**

Studi perbandingan antara polipirol dan polianilin dilakukan untuk mempelajari kinerja masing-masing sebagai media pendukung senyawa bioaktif ekstrak daun dandang gendis (*Clinacanthus nutans*) dalam pengaplikasiannya sebagai sensor asam askorbat. Elektroda emas/PPy/ekstrak daun dandang gendis dibuat secara elektropolimerisasi dengan potensial -1,2 V – +1,2 V, sedangkan elektroda emas/PANI/ekstrak daun dandang gendis dibuat dengan melapiskan anilin pada permukaan elektroda secara elektropolimerisasi dengan potensial -0,4 V – +0,8 V, kemudian ekstrak daun dandang gendis diadsorpsikan kedalam lapisan polianilin. Hasil menunjukkan bahwa elektroda dengan bahan modifikasi polipirol lebih selektif sebagai sensor asam askorbat dibandingkan polianilin.

**Kata Kunci:** Asam askorbat, *Clinacanthus nutans*, kemobiosensor, polianilin, polipirol

**PERFORMANCE COMPARISON OF GOLD  
ELECTRODE MODIFIED POLYPYRROLE/DANDANG  
GENDIS (*Clinacanthus nutans*) LEAVES EXTRACT AND  
POLYANILINE/DANDANG GENDIS LEAVES  
EXTRACT AS ASCORBIC ACID SENSOR**

**Name : Azifa Dyah Addina**  
**Student No. : 01211540000006**  
**Department : Chemistry Scientics – ITS**  
**Advisor : Prof. Dr. rer. nat. Fredy  
Kurniawan, S.Si., M.Si**

**ABSTRACT**

Comparative study between polypyrrole and polyaniline was carried out to learn the performance of each as a supporting medium for the bioactive compound of the dandang gendis (*Clinacanthus nutans*) leaves extract in its application as a sensor of ascorbic acid. Gold electrode/PPy/dandang gendis leaves extract was made by electropolymerization using a potential of  $-1.2\text{ V} - +1.2\text{ V}$ , while the gold electrode/PANI/dandang gendis leaves extract was made by coating aniline on the electrode surface with electropolymerization with a potential of  $-0.4\text{ V} - +0.8\text{ V}$ , then the dandang gendis leaves extract is adsorbed into the polyaniline layer. The result showed that electrode with polypyrrole modified material were more selective as ascorbic acid sensor than polyaniline.

**Keyword:** Ascorbic acid, *Clinacanthus nutas*, chemo-biosensor, polyaniline, polypyrrole

## KATA PENGANTAR

*Alhamdulillah* *Rabbil'Alamin*, puji syukur penulis panjatkan kepada Allah *Subhanahu wa Ta'ala* yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya, sehingga naskah Skripsi yang berjudul **“Perbandingan Kinerja Elektroda Emas Termodifikasi Polipirol/Ekstrak Daun Dandang Gendis (*Clinacanthus nutans*) dan Polianilin/ Ekstrak Daun Dandang Gendis sebagai Sensor Asam Askorbat”** dapat terselesaikan dengan baik. Tulisan ini tidak akan terwujud dengan baik tanpa bantuan dan dukungan dari berbagai pihak. Untuk itu, Penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Prof. Dr. rer. nat. Fredy Kurniawan, S.Si., M.Si., selaku dosen pembimbing dan Kepala Departemen Kimia yang telah memberikan bimbingan dan fasilitas selama proses penyusunan naskah Skripsi ini hingga naskah skripsi ini dapat terselesaikan
2. Dra. Ita Ulfin, M.Si., selaku Kepala Laboratorium Instrumen Metode Analitik (IMAK) dan Prof. Dr. Drs. R.Y. Perry Burhan, M.Sc., selaku dosen wali Penulis yang telah memberikan fasilitas, pengarahan, semangat, dan masukan selama perkuliahan maupun pengerjaan Skripsi ini
3. Drs. Abdul Halim dan Dra. Masfia Ulfah, selaku kedua orang tua Penulis yang selalu melayangkan doa, semangat, dukungan terbaik, dan kasih sayang yang tulus
4. Mila Amaliana, S.Si, selaku partner Skripsi yang setia mendukung dan membantu dari awal hingga akhir proses pengerjaan Skripsi

5. Tim Pusat Kajian Halal pada masanya dibawah bimbingan Prof. Dr. rer. nat. Fredy Kurniawan, S.Si., M.Si., serta teman-teman Laboratorium IMAK yang selalu memberikan semangat, doa, dan dukungannya
6. Keluarga besar GOLDSCHMIDT, teman-teman mahasiswa Departemen Kimia FSAD–ITS angkatan 2015 yang telah menjadi keluarga sejak hari pertama menjadi mahasiswa
7. Keluarga besar KOPMA dr. Angka ITS, khususnya kepengurusan Syandana Karya yang telah memberikan dukungan dan pelajaran selama ini
8. Keluarga besar JMMI TPKE ITS, khususnya kabinet Aksi, Integrasi, Inspirasi I, dan Inspirasi II yang telah memberikan semangat, dukungan, dan selalu menjadi pengingat akhirat selama dalam kesibukan perkuliahan, terlebih saat pengerjaan Skripsi
9. Serta pihak lain yang telah membantu hingga terselesaikannya naskah Skripsi ini, yang tidak dapat disebutkan satu-persatu.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa penulisan naskah Skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu, Penulis mengaharapkan kritik dan saran yang membangun dari pembaca untuk meningkatkan kualitas dan perbaikan lebih lanjut. Semoga naskah ini dapat memberikan manfaat bagi penulis dan pembaca.

Surabaya, 5 Februari 2020

Azifa Dyah Addina



*Bismillahirrahmanirrahim*  
*Karya ini saya persembahkan kepada*  
*kedua orang tua saya, pasangan malaikat terbaik saya,*  
*adik-adik saya dengan limpahan cinta,*  
*dan setiap guru/dosen serta kawan-kawan seperjuangan yang*  
*sangat sarat akan sejuta kisah, warna, dan makna sejak saya*  
*belum di taman kanak-kanak hingga di perkuliahan senja*

## DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN.....	iv
ABSTRAK .....	v
KATA PENGANTAR .....	vii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR .....	xiv
DAFTAR LAMPIRAN .....	xvi
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	4
1.3 Batasan Masalah.....	4
1.4 Tujuan .....	4
1.5 Manfaat .....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Dandang Gendis ( <i>Clinacanthus nutans</i> ).....	5
2.2 Asam Askorbat.....	8
2.3 Elektrokimia.....	10
2.3.1 Reaksi Reduksi Oksidasi (Redoks) .....	11
2.3.2 Voltametri Siklik .....	12
2.3.2.1 Elektroda .....	13
2.4 Pemisahan Kimia .....	14
2.4.1 Distilasi .....	14
2.5 Ekstraksi.....	17

2.6 Polimer .....	17
2.6.1 Polimer Konduktif.....	18
2.6.1.1 Polipirol.....	18
2.6.1.2 Polianilin .....	19
2.7 Sensor.....	22
2.7.1 Biosensor Elektrokimia .....	23
2.7.1.1 Sensor Asam Askorbat .....	25
2.7.2 Selektivitas .....	26
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....</b>	<b>29</b>
3.1 Alat dan Bahan.....	29
3.1.1 Alat.....	29
3.1.2 Bahan.....	29
3.2 Prosedur Pembuatan Elektroda .....	28
3.2.1 Preparasi Ekstrak Daun Dandang Gendis ( <i>Clinacanthus nutans</i> ).....	28
3.2.2 Distilasi PiroL.....	29
3.2.3 Distilasi Anilin .....	28
3.2.4 Preparasi Elektroda Emas.....	29
3.2.5 Modifikasi Elektroda Emas/PPy dan Elektroda Emas/PPy/Ekstrak Daun Dandang Gendis .....	29
3.2.6 Modifikasi Elektroda Emas/PANI dan Elektroda Emas/PANI/Ekstrak Daun Dandang Gendis.....	30
3.2.7 Pembuatan Larutan Uji pH 4, 7, dan 10.....	32
3.3 Uji Elektroda .....	32

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....	35
4.1 Preparasi Ekstrak Daun Dandang Gendis sebagai Zat Aktif Modifikan Elektroda.....	35
4.2 Preparasi PiroI .....	36
4.3 Preparasi Anilin.....	36
4.4 Preparasi Elektroda Emas.....	37
4.5 Modifikasi Elektroda.....	37
4.5.1 Modifikasi Elektroda Emas dengan Polipirol .....	37
4.5.2 Modifikasi Elektroda Emas dengan Polipirol dan Ekstrak Daun Dandang Gendis .....	40
4.5.3 Modifikasi Elektroda Emas dengan Polianilin.....	41
4.5.4 Modifikasi Elektroda Emas dengan Polianilin dan Ekstrak Daun Dandang Gendis .....	44
4.6 Elektroda Termodifikasi.....	45
4.6.1 Perbandingan Selektivitas Elektroda Emas, Elektroda Emas/PPy, dan Elektroda Emas/PPy/Ekstrak Daun Dandang Gendis.....	45
4.6.2 Perbandingan Selektivitas Elektroda Emas, Elektroda Emas/PANI, dan Elektroda Emas/PANI/Ekstrak Daun Dandang Gendis .....	49
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	53
5.1 Kesimpulan .....	53
5.2 Saran .....	53
DAFTAR PUSTAKA .....	55
LAMPIRAN.....	61

BIODATA PENULIS .....83

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Tanaman dandang gendis ( <i>Clinacanthus nutans</i> ).....	7
Gambar 2.2	Struktur asam askorbat .....	10
Gambar 2.3	Voltammogram voltametri siklik.....	12
Gambar 2.4	Rangkaian alat distilasi.....	16
Gambar 2.5	Rangkaian alat distilasi vakum.....	16
Gambar 2.6	Struktur polipirol .....	19
Gambar 2.7	Mekanisme sintesis polipirol.....	19
Gambar 2.8	Mekanisme sintesis polianilin .....	21
Gambar 2.9	Struktur utama polianilin.....	22
Gambar 2.10	Skema Sel Elektrokimia Sistem Tiga Elektroda.....	25
Gambar 4.1	Voltammogram elektropolimerisasi pirol pada potensial -1,2 V – +1,2 V, laju sapuan 50 mV/s, 30 siklik.....	39
Gambar 4.2	Voltammogram elektropolimerisasi PPy/ekstrak daun dandang gendis pada potensial -1,2 V – +1,2 V, laju sapuan 50 mV/s, 30 siklik.....	41
Gambar 4.3	Voltammogram elektropolimerisasi anilin pada potensial -0,4 V – +0,8 V, laju sapuan 50 mV/s, 30 siklik.....	43
Gambar 4.4	Uji Elektroda emas, elektroda emas/PPy, dan elektroda emas/PPy/ekstrak daun dandang gendis pada pH 4.....	46
Gambar 4.5	Uji Elektroda emas, elektroda emas/PPy, dan elektroda emas/PPy/ekstrak daun dandang gendis pada pH 7.....	47

Gambar 4.6	Uji Elektroda emas, elektroda emas/PPy, dan elektroda emas/PPy/ekstrak daun dandang gendis pada pH 10.....	48
Gambar 4.7	Uji Elektroda emas, elektroda emas/PANI, dan elektroda emas/PANI/ekstrak daun dandang gendis pada pH 4.....	50
Gambar 4.8	Uji Elektroda emas, elektroda emas/PANI, dan elektroda emas/PANI/ekstrak daun dandang gendis pada pH 7.....	51
Gambar 4.9	Uji Elektroda emas, elektroda emas/PANI, dan elektroda emas/PANI/ekstrak daun dandang gendis pada pH 10.....	52

## DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN A .....	61
LAMPIRAN B .....	76



# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Asam Askorbat atau vitamin C merupakan vitamin yang larut dalam air dan tidak dapat diproduksi oleh tubuh manusia. Vitamin non esensial ini memiliki banyak peranan penting dalam tubuh manusia. Asam askorbat berperan dalam metabolisme tirosin, asam folat, dan triptopan. Asam askorbat juga berfungsi menghasilkan kolagen, penyembuh luka, agen pengkelat, serta penangkap radikal bebas dan oksigen singlet (Iqbal dkk., 2004). Tubuh manusia membutuhkan asam askorbat rentang 0,6 sampai 2 mg/dL (Dhara dan Debiprosad, 2019) tiap harinya, namun tubuh manusia tidak bisa menghasilkan asam askorbat akibat tidak adanya enzim L-guloriloksidase pada hati. Manusia dapat memperoleh asam askorbat dari buah-buahan dan sayuran untuk memenuhi kebutuhannya (Indriani, 2017). Kekurangan asam askorbat dapat menimbulkan berbagai penyakit, diantaranya anemia, gangguan saraf, degenerasi otot, gusi berdarah, tidak sempurnanya penutupan luka dan infeksi. Kelebihan asam askorbat juga dapat berakibat buruk terhadap tubuh, salah satunya dapat menyebabkan kejang lampung (Wang, 2011). Asam askorbat juga digunakan dalam mengobati berbagai penyakit seperti diabetes, katarak, glukoma, stroke, dan kanker (Iqbal dkk., 2014).

Pentingnya kebutuhan asam askorbat oleh tubuh mendorong para peneliti untuk menemukan alat untuk mendeteksi atau mengukur asam askorbat. Telah ditemukan berbagai cara penentuan asam askorbat sebelumnya melalui metode kromatografi, spektrofotometri, *chemiluminescence*

(Pakapongan dkk., 2014), titrimetri, dan fluoresensi. Metode lama ini memiliki kekurangan, diantaranya membutuhkan waktu yang lama, biaya yang mahal, membutuhkan keterampilan dalam pengukuran, dan rentan terhadap gangguan dari agen pereduksi lain (Dhara dan Debiprosad, 2019). Asam askorbat yang bersifat elektroaktif memunculkan penemuan penentuan asam askorbat melalui metode elektrokimia. Metode elektrokimia dibandingkan dengan metode lama, memiliki kelebihan sensitivitas yang tinggi, biaya yang murah, pengoperasian yang mudah (Pakapongan dkk., 2014), selektivitas yang baik (Bhajantri dkk., 2016), dan portabel (Shao dkk., 2017).

Aplikasi pendeteksian asam askorbat melalui metode elektrokimia salah satunya adalah sensor elektroda menggunakan elektroda padat seperti emas, platina, dan karbon sebagai elektroda kerja. Elektroda padat digunakan, karena rentang potensial yang lebar, arus *background* yang rendah, inert, dan sesuai untuk pengaplikasian sensor. Modifikasi elektroda sensor dikembangkan untuk meningkatkan kinerja elektroda, diantaranya dengan memodifikasi permukaan elektroda menggunakan polimer konduktif membentuk lapisan tipis (*Multilayer*). Lapisan tipis ini mengakibatkan sisi aktif elektroda lebih luas, sehingga signal analitik yang dihasilkan elektroda lebih besar (Rahayu dan Kurniawan, 2012). Polipirol dan polianilin adalah polimer konduktif yang telah banyak digunakan sebagai bahan modifikasi elektroda. Kedua polimer ini digunakan, karena memiliki konduktivitas yang tinggi (Kong dkk., 2014). Sensor elektroda padat termodifikasi polimer konduktif masih memiliki kekurangan, diantaranya sensitivitas yang rendah dan kemampuan identifikasi yang tidak sempurna, sehingga

dibutuhkan pengembangan modifikasi elektroda lebih lanjut untuk meningkatkan kinerja elektroda (Rahayu dan Kurniawan, 2012).

Pemanfaatan senyawa bioaktif dari ekstrak bahan alam dalam berbagai penelitian dan pengobatan telah banyak digunakan, termasuk dalam pengembangan biosensor elektrokimia. Salah satu bahan alam yang telah banyak diteliti adalah tanaman dandang gendis yang memiliki nama latin *Clinacanthus nutans* dari keluarga Acanthaceae. Tanaman ini telah lama digunakan sebagai obat herbal, khususnya di kawasan Asia (Abduljabar dkk., 2019), dalam mengobati beberapa penyakit seperti tumor, kanker, infeksi virus (Zakaria, 2017), anemia, diabetes mellitus, demam, inflamasi akiat gigitan serangga, dan menghilangkan rasa sakit. Telah diteliti secara fitokimia dengan berbagai metode ekstraksi, dandang gendis mengandung berbagai senyawa bioaktif. Senyawa bioaktif utama dalam tanaman ini adalah flavonoid yang memiliki sifat antioksidan (Abduljabar, 2019).

Berpotensinya tanaman dandang gendis (*Clinacanthus nutans*) dengan tingginya kandungan senyawa bioaktif seperti flavonoid membuka peluang untuk menjadikannya bahan aktif sebagai modifikan elektroda emas termodifikasi polimer konduktif untuk difabrikasi sebagai sensor asam askorbat. Penelitian terhadap perbandingan polimer konduktif antara polipirol (PPy) dan polianilin (PANI) diperlukan untuk menemukan polimer konduktif yang paling sesuai dengan senyawa bioaktif pada daun dandang gendis, sehingga selanjutnya diharapkan dapat difabrikasi elektroda sensor asam askorbat yang mudah dalam pengoperasian dan selektif.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Metode pendeteksian asam askorbat telah banyak digunakan sebelumnya dengan berbagai metode seperti kromatografi, spektrofotometri, chemiluminescence, titrimetri, dan fluoresensi. Kelemahan pada metode-metode lama ini diantaranya membutuhkan waktu pendeteksian yang lama, biaya yang mahal, membutuhkan keterampilan dalam pengoperasian, dan rentan terhadap gangguan dari agen pereduksi lainnya. Hal ini mendorong untuk ditemukannya metode lain yang membutuhkan waktu pendeteksian yang cepat, biaya yang murah, dan mudah dalam pengoperasian.

## **1.3 Batasan Masalah**

Elektroda emas termodifikasi PPy/ekstrak daun dandang gendis dan PANI/ekstrak daun dandang gendis secara elektrokimia digunakan sebagai sensor asam askorbat dengan membandingkan selektivitas antar elektroda termodifikasi dalam lima sampel uji yakni asam askorbat, asam oksalat, asam urat, glukosa, dan urea dengan variasi pH 4, 7, dan 10.

## **1.4 Tujuan**

Pendeteksian asam askorbat membutuhkan pengembangan menggunakan metode elektrokimia yang memiliki waktu pendeteksian yang cepat, biaya yang murah, dan pengoperasian yang mudah. Pada penelitian ini dilakukan perbandingan selektivitas elektroda emas termodifikasi PPy/ekstrak daun dandang gendis dan PANI/ekstrak daun dandang gendis sebagai sensor asam askorbat. Ekstrak daun dandang gendis dimanfaatkan sebagai bahan aktif modifikan elektroda.

## **1.5 Manfaat**

Penelitian ini dapat bermanfaat dalam pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi, khususnya pada bidang elektrokimia, dalam pengaplikasian sensor asam askorbat.

***“Halaman ini sengaja dikosongkan”***

## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Dandang Gendis (*Clinacanthus nutans*)

Dandang gendis yang memiliki nama latin *Clinacanthus nutans* termasuk dalam keluarga dikotil Achantaceae. Tanaman ini berupa tanaman perdu dengan tinggi dapat mencapai 1 m, batang daun berbentuk bulat panjang lonjong menyirip, cabang berbentuk silinder dan lurik, bunga berwarna kuning tua atau kuning kehijauan, serta batang silindris, lurik, dan berkilauan, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.1. Tanaman ini biasa tumbuh di daerah tropis, sebagian besar terdistribusi di Indonesia, Malaysia, Afrika, Brasil, dan Amerika Tengah.



Gambar 2.1 Tanaman dandang gendis (*Clinacanthus nutans*)  
(Alam dkk., 2016)

Berikut adalah klasifikasi dandang gendis secara taksonomi:

Kingdom : Plantae  
Filum : Magnoliophyta  
Kelas : Magnoliopsida  
Sub kelas : Asteridae  
Ordo : Lamiales  
Keluarga : Acanthaceae  
Genus : *Clinacanthus*  
Spesies : *Clinacanthus nutans*

(Alam dkk., 2016)

Dandang gendis telah lama digunakan secara tradisional di berbagai wilayah di Asia. Tanaman ini banyak dimanfaatkan sebagai obat herbal, karena adanya anggapan lebih sehat dan bebas dari efek samping, kemanjuran yang tinggi, biaya rendah, dan toksisitas yang rendah (Abduljabar dkk., 2019). Larutan dandang gendis sebagai pengobatan biasa dalam bentuk teh herbal atau campuran minuman segar lainnya dibuat dengan merebus daun segar dalam air. Larutan dandang gendis biasa dibuat dengan cara perebusan di Indonesia. Segenggam daun segar direbus dalam lima gelas air hingga ketinggian air menjadi 3/5. Pengolahan tanaman ini untuk pengobatan diabetes dilakukan dengan merebus 7-21 daun segar dalam dua gelas air hingga ketinggian air menjadi setengahnya.

Tanaman ini biasa digunakan untuk mengobati dan mencegah berbagai macam penyakit atau komplikasi di Asia seperti tumor, kanker, infeksi virus seperti herpes (Zakaria, 2017), anemia, penyakit kuning, hematoma, memar, rematik, diabetes mellitus, demam, dan diuretik. Minuman tanaman ini juga biasa digunakan untuk mengendalikan menstruasi, menghilangkan rasa sakit, agen antinflamasi akibat ruam dan



respon alergi, serta gigitan serangga, ular, dan kalajengking. Ramuan tanaman ini selain dapat ditemukan dalam bentuk teh herbal di pasaran, juga dapat ditemukan dalam bentuk krim, lotion, kapsul, dan tablet.

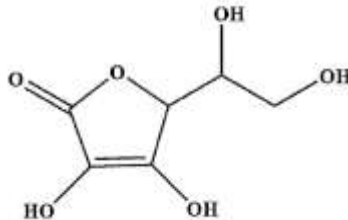
Dandang gendis telah diteliti secara fitokimia mengandung berbagai senyawa bioaktif. Metode ekstraksi yang digunakan terdiri dari metode ekstraksi konvensional dan modern. Metode ekstraksi konvensional diantaranya ekstraksi soxhlet, infus, dan maserasi. Metode konvensional membutuhkan waktu yang lama, penggunaan tinggi pelarut organik yang mahal, dan hasil ekstrak yang rendah. Metode ekstraksi modern diantaranya ekstraksi menggunakan air panas bertekanan, cairan superkritis, ultrasonik, dan microwave. Kelebihan metode konvensional ini adalah waktu yang lebih cepat, dan tidak membutuhkan banyak pelarut organik (Abduljabar, 2019).

Penelitian fitokimia pada ekstrak dandang gendis menunjukkan berbagai senyawa biokimia melalui berbagai metode ekstraksi. Senyawa-senyawa biokimia tersebut diantaranya lupeol,  $\beta$ -sitosterol, cerebrosides (Zakaria, 2017), 7-0-b-glucopyranoside, alkaloid, clinamides A, clinamides B, clinamides C, 2-cis-entadamide A, entadamide A, flavon, flavonoid, fenolik, lupeol, orientin, isoorientin, shaftoside, stigmasterol, vitexin, isovitexin. Senyawa bioaktif flavonoid merupakan senyawa bioaktif utama pada dandang gendis dimana senyawa ini memiliki sifat antioksidan. (Alam dkk., 2016).

## **2.2 Asam Askorbat**

Asam askorbat atau yang juga disebut dengan vitamin C adalah vitamin yang dapat larut dalam air. Asam askorbat

memiliki bentuk padatan putih yang merupakan bentuk stabil dari asam askorbat, sedangkan asam askorbat dalam bentuk larutan mudah teroksidasi. Asam askorbat dapat ditemui di alam dalam bentuk tereduksi, yakni asam L-askorbat dan bentuk teroksidasi, yakni asamdehidro L-askorbat. Kedua struktur tersebut merupakan bentuk aktif secara fisiologis, sedangkan hanya asam L-askorbat yang merupakan bentuk aktif secara biokimia (Iqbal dkk., 2004). Asam askorbat yang merupakan bentuk lakton memiliki ciri gugus enadiol sebagai pereduksi kuat seperti pada Gambar 2.2 (Indriani, 2017).



Gambar 2.2 Struktur asam askorbat (Pardakhty dkk., 2016)

Jenis mamalia secara keseluruhan kecuali manusia dapat menghasilkan asam askorbat melalui sintesis dari glukosa dalam hati. Ketiadaan enzim aktif l-gulonolakton oksidase pada hati yang berperan penting dalam sintesis 2-keto-1-gulonolakton menjadi asam askorbat mengakibatkan tubuh manusia tidak dapat mensintesis asam askorbat. Pemenuhan asam askorbat dalam tubuh manusia dapat diperoleh dari buah-buah dan sayuran (Indriani, 2017).

Tubuh sangat membutuhkan asam askorbat untuk metabolisme. Rentang kebutuhan asam askorbat dalam tubuh antara 0,6 sampai 2 mg/dL (Dhara dan Debiprosad, 2019). Asam askorbat berperan penting dalam metabolisme tirosin,

asam folat, triptopan, dan asam amino. Asam askorbat juga berfungsi untuk penyembuhan luka, agen pengkelat, serta menghasilkan kolagen, penangkap radikal bebas dan oksigen singlet (Iqbal dkk., 2004). Asam askorbat sebagai antioksidan, mendonorkan dua elektron melalui transfer atom hidrogen, yang terdiri dari proton dan elektron. Sifat asam askorbat berupa antioksidan yang kuat, membuat asam askorbat dapat melawan penyakit yang disebabkan oleh radikal bebas. (Dhara dan Debiprosad, 2019). Asam askorbat digunakan dalam penyembuhan beberapa penyakit seperti diabetes, katarak, glukoma, stroke, dan kanker. Penyakit yang dapat terjadi akibat kekurangan asam askorbat diantaranya anemia, gangguan saraf, degenerasi otot, dan gusi berdarah. Kekurangan asam askorbat juga dapat mengakibatkan tidak sempurnanya penyembuhan luka dan infeksi. Infeksi yang timbul dapat menghabiskan simpanan asam askorbat dalam tubuh, sehingga menurunkan sistem kekebalan tubuh (Iqbal dkk., 2004). Kelebihan asam askorbat juga dapat berakibat buruk terhadap tubuh, diantaranya dapat menyebabkan kejang lampung (Weng, 2011).

## **2.3 Elektrokimia**

Elektrokimia adalah bidang ilmu yang mempelajari korelasi antara aliran muatan dalam energi listrik dan reaksi kimia. Elektrokimia didasarkan pada reaksi oksidasi reduksi. Pengaplikasian elektrokimia diantaranya adalah penyimpanan energi dalam aki dan sensor elektrokimia (Hutapea, 2015).

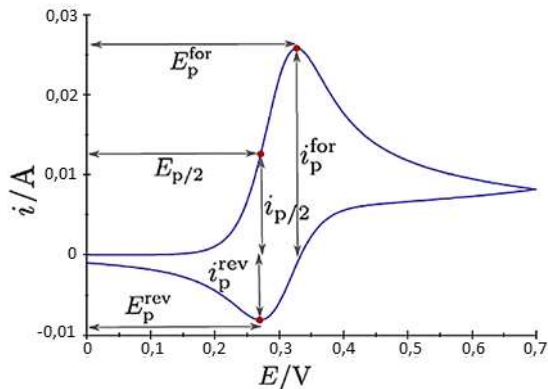
### **2.3.1 Reaksi Reduksi Oksidasi (Redoks)**

Reaksi reduksi oksidasi atau redoks adalah reaksi dimana proses reduksi dan oksidasi berlangsung bersamaan

dalam satu reaksi kimia. Reaksi reduksi itu sendiri adalah penerimaan elektron oleh suatu atom, molekul, maupun ion, sedangkan reaksi oksidasi adalah transfer elektron oleh suatu atom, molekul, maupun ion. Redoks dapat terjadi karena dalam suatu reaksi kimia, ketika suatu atom, molekul, atau ion kehilangan elektron, pasti diikuti dengan penerimaan elektron oleh atom, molekul, atau ion lainnya (Hutapea, 2015).

### 2.3.2 Voltametri Siklik

Teknik elektroanalisis salah satunya adalah voltametri siklik. Teknik ini bekerja menggunakan potensial yang terkontrol, menghasilkan arus yang terukur. Potensial diberikan dari potensial satu ( $V_1$ ) ke potensial dua ( $V_2$ ), kemudian kembali lagi ke potensial awal atau potensial satu. Voltammogram pada teknik voltametri dibuat dengan memplot arus terukur berbanding dengan tegangan yang diberikan seperti pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3 Voltammogram voltametri siklik (Ensafi, 2019)

Arus yang dihasilkan dari reaksi elektrokimia akan meningkat dengan semakin meningkatnya tegangan terkontrol menuju potensi reduksi elektrokimia analit. Peningkatan dan penurunan arus akan menghasilkan puncak pada voltammogram, hal ini menunjukkan penurunan konsentrasi analit di sekitar permukaan elektroda akibat dari potensi oksidasi yang berlebihan. Tegangan akan kembali ke potensial awal ( $V_1$ ) sebagai satu siklus, sehingga terjadi reoksidasi analit. Proses pemindaian berbalik dari  $V_2$  ke  $V_1$  berbanding terbalik dengan saat pemindaian dari  $V_1$  menuju  $V_2$ , yakni arus meningkat dalam polaritas yang berlawanan. Siklus yang berlawanan ini dapat memberikan data reversibilitas reaksi. Reaksi kimia memiliki waktu reaksinya masing-masing, hal ini yang menjadikan dasaran penting adanya kontrol laju sapuan, berbeda laju sapuan akan menghasilkan voltammogram yang berbeda pula. Konsentrasi katalis juga mempengaruhi hasil voltammogram yang menggambarkan arus terukur, semakin besar konsentrasi katalis akan semakin besar pula arus yang terukur (Ensafi, 2019).

### **2.3.2.1 Elektroda**

Elektroda adalah transduser atau pengubah potensial elektrokimia menjadi energi listrik. Sel elektrokimia memiliki minimal satu pasang elektroda, yakni anoda dan katoda. Reaksi elektrokimia akan terjadi pada elektroda ini (Kuwabara dan Kurzweil, 2009).

Elektroda pada metode voltametri berfungsi sebagai detektor. Sel voltametri terdiri dari tiga elektroda, yakni elektroda kerja, elektroda bantu, dan elektroda pembanding. Elektroda kerja adalah elektroda dimana reaksi elektromia berlangsung. Elektroda pembanding adalah elektroda dengan

nilai potensial setengah sel diketahui, digunakan untuk mengetahui potensial dari elektroda kerja (Purbasari, 2012). Elektroda bantu akan menyalurkan muatan hasil proses elektrolisis untuk potensial setengah sel dari elektroda referensi tetap konstan (Ensafi, 2019). Elektroda pada voltametri dicelupkan dalam analit yang biasa dilarutkan dalam elektrolit pendukung.

Elektroda kerja yang digunakan pada umumnya adalah elektroda mikro. Elektroda kerja berukuran kecil dapat meningkatkan polarisasi, sensitivitas, dan kecepatan pemindaian. Modifikasi elektroda banyak diteliti dan diaplikasikan untuk meningkatkan kinerja elektroda (Purbasari, 2012).

## **2.4 Pemisahan Kimia**

Pemisahan kimia adalah proses pemisahan suatu zat dari campuran hingga ke skala molekular. Pemisahan kimia dilakukan dengan berbagai cara, bergantung pada sifat fisika dan kimia dari zat yang akan dipisahkan atau dimurnikan dari campurannya (Miller, 1975). Jenis pemisahan kimia diantaranya filtrasi, distilasi, kromatografi, dan rekristalisasi (García dkk., 2016). Manipulasi sifat fisika zat yang akan dipisahkan terkadang dibutuhkan (Miller, 1975).

### **2.4.1 Distilasi**

Pemisahan kimia yang umum dipakai, salah satunya adalah metode distilasi. Distilasi dalam pemisahan kimia lebih bertujuan untuk memurnikan suatu zat cair dari pengotor yang titik didihnya berbeda (Gillman, 2000) atau bersifat tidak mudah menguap. Proses distilasi bekerja berdasarkan hukum Raoult (García dkk., 2016).

Distilasi terdiri dari perangkat utama sebagai ciri khas metode distilasi dan perangkat pendukung. Perangkat utama yang dibutuhkan untuk metode ini adalah labu didih, kondensor, termometer, pipa distilasi (*steel head*), adaptor distilasi, dan mantel. Perangkat pendukung diluar perangkat utama terdiri dari klip, klem, dan penyangga klem. Sumber panas pada distilasi sederhana dapat berupa mantel pemanas agar dapat mendidih rata. Distilasi sederhana juga menggunakan batu didih untuk menghindari luapan cairan yang berlebihan ketika proses pendidihan. Pendinginan uap zat cair dilakukan dengan mengalirkan air dingin pada kondensor menggunakan pompa air. Termometer digunakan untuk mengetahui perkiraan suhu zat cair agar tidak mencapai titik didih zat pengotor yang dapat mengakibatkan zat pengotor ikut teruapkan dan mengkontaminasi hasil distilasi (García dkk., 2016). Cara kerja distilasi terdiri dari perebusan campuran dalam wadah atau labu distilasi, kemudian disalurkan melalui kondensor ke wadah pengumpulan hasil distilasi (Gillman, 2000).

Distilasi terdiri dari beberapa jenis, yaitu distilasi sederhana, distilasi azetrop, distilasi vakum, distilasi uap, distilasi kugelrohr, dan distilasi fraksionasi. Rangkaian alat distilasi sederhana dan distilasi vakum ditunjukkan oleh Gambar 2.4 dan 2.5. Perbedaan utama antara distilasi sederhana dengan distilasi vakum adalah tertutupnya akses kontak zat dalam ruang distilasi dengan udara luar, terletak pada penutupan adaptor distilasi dan pipa distilasi yang menghubungkan kondensor dengan erlenmeyer, tempat menampung hasil distilasi (García dkk., 2016).



Gambar 2.4 Rangkaian alat distilasi (García dkk., 2016)



Gambar 2.5 Rangkaian alat distilasi vakum (García dkk., 2016)



## **2.5 Ekstraksi**

Tanaman mengandung berbagai senyawa bioaktif. Ekstraksi dilakukan untuk memperoleh dan menganalisis secara fitokimia senyawa bioaktif tersebut (Alam, 2016). Ekstraksi dapat didefinisikan sebagai transfer zat tertentu dari fase satu ke fase lainnya (García dkk., 2016). Ekstraksi terdiri dari jenis konvensional dan lanjutan. Ekstraksi konvensional diantaranya terdiri dari maserasi, soxhlet, dan infus. Ekstraksi lanjutan dengan waktu yang lebih cepat dan hasil ekstrak yang lebih tinggi diantaranya ekstraksi ultrasonik, ekstraksi microwave, dan ekstraksi dengan air panas bertekanan (Abduljabar, 2019).

## **2.6 Polimer**

Polimer merupakan senyawa molekul besar yang terbentuk dari gabungan banyak molekul kecil monomer. Suatu polimer dapat terdiri dari satu atau lebih jenis monomer. Monomer terikat secara kovalen melalui proses polimerisasi untuk membentuk polimer. Polimerisasi adalah proses dimana molekul monomer bereaksi bersama-sama secara kimiawi, membentuk polimer baik itu berupa struktur rantai linier atau struktur tiga dimensi. Jumlah susunan ulang dari hasil polimerisasi disebut derajat polimerisasi. Rantai polimer ini memiliki ikatan yang kuat, namun sisi-sisi rantai hanya diikat secara lemah dengan ikatan van der Waals atau ikatan hidrogen. Polimer diantaranya polietilen, polistirena, poli-metil-metakrilat, dan poli-oksitilen (Atkins, 1990), polipirol, dan polianilin (Yi dan Abidian, 2016).

Polimer sebagai makromolekul dari gabungan molekul monomer umumnya memiliki massa molekul yang jauh lebih besar dari monomernya. Hal ini mengakibatkan polimer

memiliki sifat yang sangat berbeda dari monomernya. Polimer dikenal bersifat non konduktif atau isolator. Polimer konduktif maupun semikonduktif telah banyak ditemukan seiring berkembangnya penelitian (Gunawan dkk., 2014).

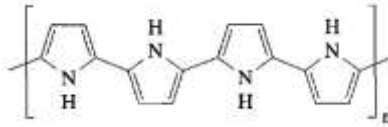
### **2.6.1 Polimer Konduktif**

Polimer yang menghantarkan listrik dengan baik akibat adanya delokalisasi elektron disebut dengan polimer konduktif. Polimer konduktif juga memiliki karakteristik sifat magnetik yang baik, karakteristik optik yang tinggi, dapat menyerap gelombang mikro secara efektif, dan memiliki massa yang ringan. Polimer konduktif yang telah ditemukan diantaranya adalah poliasetilen, politiofen, polianilin, polipirol, dan polifenilena vinilin. Polimer konduktif telah banyak diaplikasikan, diantaranya super-kapasitor (Awuzie, 2017), transistor film tipis, baterai, LED (*Light Emitting Diodes*), bahan bakar dan sel surya, sensor gas dan bio, dan inhibitor korosi (Bagheri dkk., 2013).

#### **2.6.1.1 Polipirol**

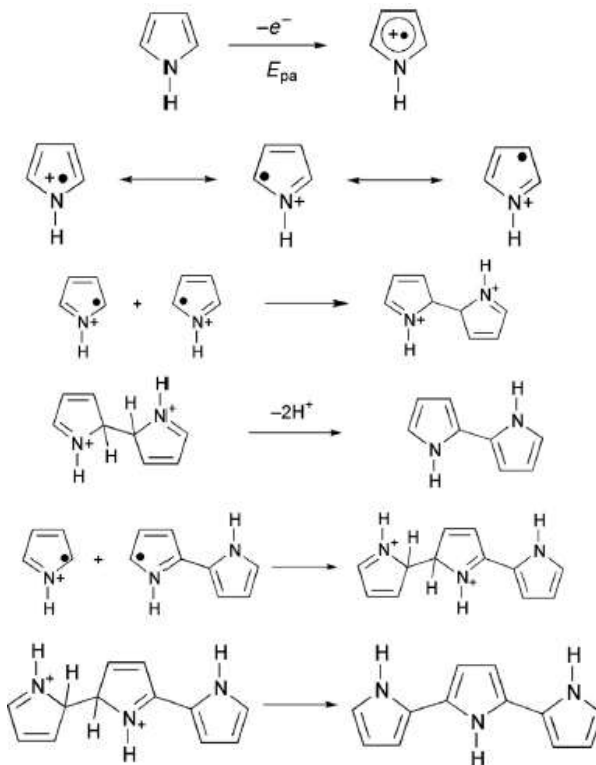
Polipirol (PPy) adalah polimer konduktif yang disintesis dari monomer pirol. Polipirol memiliki konduktivitas dan stabilitas yang tinggi dalam kondisi teroksidasi di suhu ruang. Polimer konduktif polipirol dibandingkan polimer lainnya memiliki kelebihan reaksi oksidasi yang lebih mudah, kelarutan tinggi dalam air, dan memerlukan proses dengan biaya yang rendah, namun masih lebih tinggi jika dibandingkan dengan PANI. Polipirol memiliki struktur seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.6.

Polimerisasi pirol terjadi dalam waktu yang cepat, sehingga sulit untuk mengamati tahapan polimerisasi pirol.



Gambar 2.6 Struktur polipirol (Gribble, 1996)

Ada beberapa asumsi mekanisme polimerisasi pirol. Mekanisme yang paling sering digunakan adalah mekanisme Diaz seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.7.

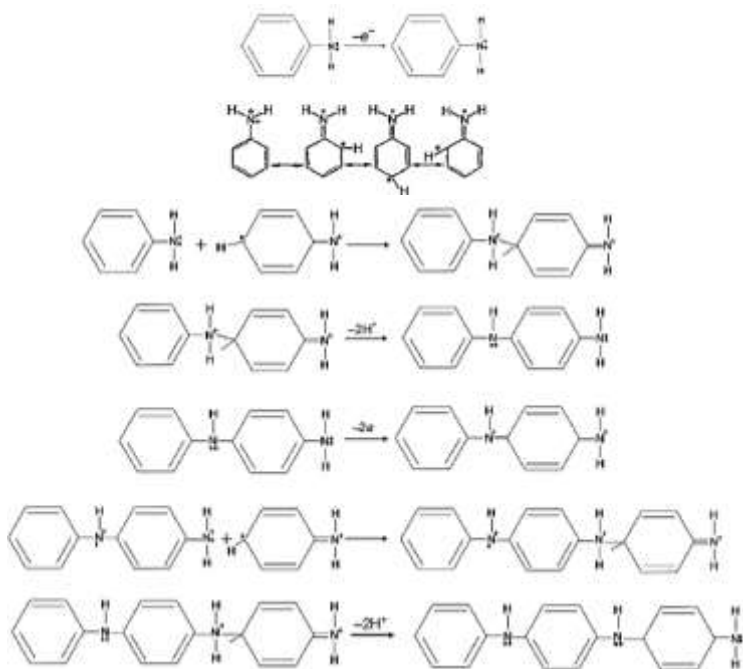


Gambar 2.7 Mekanisme sintesis polipirol (Yi dan Abidian, 2016)

Polimerisasi dapat dilakukan baik dalam media berair maupun tidak berair seperti diklorometana. Polimerisasi pirol melalui metode elektrokimia seperti potensiostatik dan galvanostatik, digunakan elektroda kerja dari bahan tahan korosi seperti platina dan emas (Yi dan Abidian, 2016). Metode elektrokimia untuk polimerisasi pirol lebih unggul, karena cepat dan mudah, dan ketebalan yang seragam pada permukaan elektroda (Grimes, 2016).

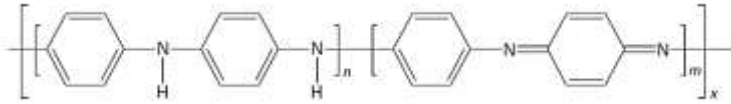
### **2.6.1.2 Polianilin**

Polianilin (PANI) adalah salah satu polimer konduktif tertua. PANI dikenal juga sebagai Polimer Konduktif Listrik (ECP) dalam tiga puluh tahun terakhir. Polimer ini dapat menghantarkan listrik, karena keberadaan sistem ikatan  $\pi$  terkonjugasi yang dibentuk oleh tumpang tindih karbon pada orbital  $p$  dan kemunculan berulang lengan ikatan karbon-karbon. Adanya ikatan  $\pi$  terkonjugasi mengakibatkan elektron terdelokalisasi dimana elektron mudah termobilisasi di seluruh bagian molekul (Sudhakar dkk., 2008). PANI disintesis dari monomer anilin atau turunannya dengan tahap polimerisasi seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.8 (Bhandari, 2018). Polimerisasi anilin diawali dengan oksidasi, menghasilkan kation radikal dengan berbagai macam struktur. Kation radikal yang dihasilkan akan bereaksi dengan kation radikal lainnya, menghasilkan dimer. Dimer akan terdeprotonasi, membentuk produk intermedit, yang selanjutnya akan teroksidasi membentuk kation radikal, melanjutkan reaksi dengan kation radikal lainnya. Trimer juga terbentuk akibat proses deprotonasi. Proses oksidasi-adisi-siklus deprotonasi yang berulang ini menambah panjang polimer polianilin yang terbentuk.



Gambar 2.8 Mekanisme sintesis polianilin (Yi dan Abidian, 2016)

Polimerisasi dari monomer anilin membentuk diantaranya tiga bentuk oksidasi ideal, yakni leucomeraldin, emeraldin, dan pernigranilin. Emeraldin adalah bentuk terbanyak yang digunakan dalam polianilin. Hal ini karena emeraldin stabil pada suhu ruang dan konduktor yang baik. Leucomeraldin dan pernigranilin merupakan konduktor lemah. Gambar 2.9 menunjukkan struktur utama polianilin dimana  $n + m = 1$  dan  $x$  adalah derajat polimerisasi (Uddin, 2010) yang merupakan jumlah susunan ulang pada hasil polimerisasi (Atkins, 1990).



Gambar 2.9 Struktur utama polianilin (Uddin, 2010)

Leucomeraldin memiliki nilai  $n = 1$  dan  $m = 0$ , merupakan kondisi tereduksi penuh. Pernigranilin memiliki nilai  $n = 0$  dan  $m = 1$  merupakan kondisi teroksidasi penuh. Emeraldin bentuk paling stabil memiliki nilai  $n = m = 0,5$  (Uddin, 2010).

PANI termasuk salah satu polimer konduktif yang menjanjikan. PANI memiliki konduktivitas yang tinggi dan reversibilitas redoks yang baik (Shao, 2017), kemudahan sintesis, stabilitas lingkungan, dan proses doping yang sederhana (Uddin, 2010). Sifat konduktif PANI memiliki kelemahan rentang pH yang rendah. Diatas pH 4 PANI memiliki konduktivitas dan aktivitas elektrokimia yang rendah. Rentang pH konduktif ini menjadi salah satu faktor yang membatasi pengaplikasian PANI (Kong, 2014). PANI telah banyak digunakan sejauh ini sebagai bahan sensitif dari transduser dalam potensiometri, aperometrik, dan impedimetrik (Shao, 2017).

## 2.7 Sensor

Sensor adalah perangkat untuk mengubah suatu inputan atau masukan berupa kuantitas secara fisik menjadi luaran yang terkait dengan input. Luaran sensor biasanya dalam bentuk sinyal listrik atau optik yang dapat diamati dan dibaca oleh operator manusia atau instrumen elektronik. Sensor diantaranya digunakan untuk mendeteksi atau mengukur berbagai sifat fisik dan kimia dari senyawa yang dideteksi oleh

sensor seperti suhu, pH, tekanan, dan intensitas cahaya (Ensafi, 2019).

Karakter utama yang menjadikan ciri sebuah sensor adalah sensitif terhadap spesifik suatu kuantitas kimia atau fisika tertentu dari objek yang diukur. Sensor tidak boleh mempengaruhi sifat suatu kuantitas kimia atau fisika inputan saat pengoperasian sensor. Sensitivitas sensor dapat diketahui dari adanya korelasi antara perubahan variasi luaran terhadap perubahan sifat kimia atau fisika sebagai respon dari inputan. Pemilihan bahan atau komponen sensor yang bekerja efektif penting dalam fabrikasi sensor. Kinerja sensor diukur dari selektivitas, sensitivitas, akurasi, kalibrasi, resolusi, efektivitas biaya, repeatabilitas, dan reproduksibilitas (Ensafi, 2019).

Sensor diklasifikasikan sebagai sensor jenis kimia dan fisika berdasarkan sifat zat yang akan diukur. Sensor fisika memiliki karakteristik pengukuran terhadap respon fisik berupa suhu, tekanan, medan magnet, konduktivitas, dan lainnya. Antarmuka dari analit tidak digunakan pada perangkat sensor fisika. Sensor kimia memiliki lapisan yang selektif merespon terhadap zat kimia tertentu yang bereaksi saat bersentuhan dengan sensor. Data dari respon terhadap zat kimia, selanjutnya dapat diubah menjadi bentuk sinyal lain seperti tegangan, arus, perubahan konduktansi, dan cahaya (Ensafi, 2019).

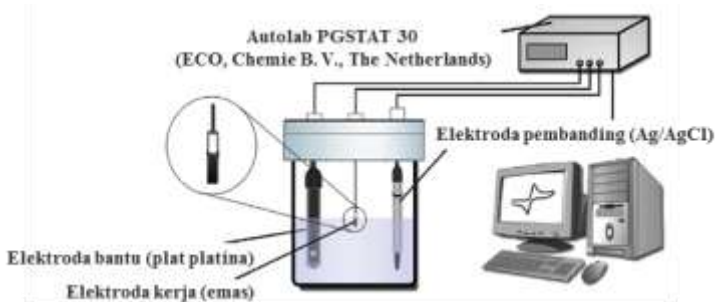
### **2.7.1 Biosensor Elektrokimia**

Biosensor elektrokimia merupakan perangkat yang memiliki pengidentifikasian secara biologis atau memiliki reseptor biokimia ketika melakukan kontak dengan transduser elektrokimia, menghasilkan data analitik kuantitatif atau semikuantitatif sebagai respon dari analit. Metode dalam

mengoperasikan biosensor elektrokimia terdiri dari voltametri, potensiometri, amperometri, kronoamperometri, kronocoulometri, transistor efek medan, spektroskopi impedansi elektrokimia, resonansi plasmon permukaan elektrokimia, ellipsometri, elektrokimia, teknik berbasis elektrokimia, elektrokimia kombinasi simultan AFM dengan elektrokimia, dan mikrobalance kristal kuarsa elektrokimia. Kinerja biosensor elektrokimia diukur dari selektivitas, sensitivitas, linearitas, batas deteksi, repeatabilitas, reproduktifitas, akurasi, respon terhadap waktu, waktu pemulihan, kondisi penyimpanan, dan ketahanan (Ensafi, 2019).

Biosensor bekerja mendeteksi target biologis, menghasilkan sinyal elektrokimia sebagai perubahan yang terjadi akibat reaksi kimia. Sisi aktif dari spesies bioelektrokimia berperan sebagai transduser dalam kerja biosensor. Reaksi biosensor elektrokimia dapat diamati pada daerah sekitar permukaan elektroda. Elektroda dalam biosensor biasanya bekerja dengan salah satu dari dua jenis sistem, yakni sistem dua elektroda atau tiga elektroda. Sistem dua elektroda terdiri dari elektroda kerja dan elektroda pembanding. Elektroda pembanding menyalurkan muatan tanpa menimbulkan efek samping lain dibawah kepadatan arus yang sangat rendah. Sistem tiga elektroda memiliki satu tambahan elektroda, sehingga terdiri dari elektroda kerja, elektroda pembanding, dan elektroda bantu. Skema dari sistem tiga elektroda seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.10. Muatan hasil proses elektrolisis pada sistem tiga elektroda melewati elektroda bantu untuk potensial setengah sel dari elektroda referensi tetap konstan (Ensafi, 2019).





Gambar 2.10 Skema Sel Elektrokimia Sistem Tiga Elektroda (Ensafi, 2019)

### 2.7.1.1 Sensor Asam Askorbat

Alat untuk mendeteksi atau menentukan asam askorbat telah banyak ditemukan. Penentuan asam askorbat sebelumnya diantaranya dengan cara kromatografi, spektrofotometri, chemiluminescence (Pakapongpan dkk., 2014), titrimetri, dan fluoresensi. Metode kromatografi melalui HPLC memberikan deteksi selektif terhadap banyak biomolekul dalam campuran. Metode ini memiliki kekurangan diantaranya waktu yang lama, biaya yang mahal, dan membutuhkan keterampilan dalam pengukuran. Metode yang umum digunakan dalam pengukuran asam askorbat adalah titrasi redoks. Kekurangan metode ini diantaranya kesulitan dalam menentukan titik akhir seperti pada penerapan lainnya yang menggunakan metode titrasi (Dhara dan Debiprosad, 2019). Metode yang lainnya pun rentan terhadap gangguan dari agen pereduksi lainnya. Sifat asam askorbat yang elektroaktif, membuka peluang yang baik untuk penggunaan metode elektrokimia dimana metode ini memiliki sensitivitas yang tinggi, biaya yang murah, pengoperasian yang mudah dalam pendeteksian asam askorbat

(Pakapongpan dkk., 2014), dan selektivitas yang baik (Bhajantri dkk., 2016).

Sensor elektrokimia asam askorbat digolongkan dalam dua jenis, yakni sensor enzimatik dan sensor non-enzimatik. Sensor enzimatik bekerja berdasarkan kinerja katalitik enzim, sedangkan sensor non-enzimatik bekerja berdasarkan sifat katalitik komponen kimia. Enzim L-asam askorbat oksidase bereaksi dengan oksigen pada sensor enzimatik, mengkatalis asam askorbat menjadi asam dehidroaskorbat. Penentuan konsentrasi asam askorbat dihitung berdasarkan hubungan antara berkurangnya oksigen dengan konsentrasi analit dimana peningkatan kadar oksigen yang berkurang berbanding terbalik dengan peningkatan konsentrasi analit. Media yang sesuai untuk mobilisasi digunakan dalam sensor enzimatik, seperti pada pemanfaatan elektroda termodifikasi polipirol oleh Uchiyama dkk. Sensor non-enzimatik tidak menggunakan enzim, berbeda dengan sensor enzimatik. Sensor jenis ini menggunakan elektroda sebagai media mobilisasi, dimodifikasi dengan nanopartikel logam mulia, polimer konduktif, logam transisi, berbagai bentuk karbon, atau nanokomposit logam. Sensor non-enzimatik asam askorbat salah satunya oleh Zhang dkk., 2005 yang mengembangkan nanopartikel emas dan memodifikasi GCE untuk mendeteksi simultan asam askorbat dan dopamin (Dhara dan Debiprosad, 2019).

### **2.7.2 Selektivitas**

Parameter kinerja sensor yang harus diperhatikan salah satunya adalah selektivitas. Selektivitas dapat didefinisikan sebagai kemampuan zat aktif pada sensor untuk membedakan posisi sinyal antar zat terukur dalam analit pada media yang

sama. Faktor yang mempengaruhi selektivitas diantaranya analit yang diukur, transduser sensor, dan pH larutan. Sinyal biosensor yang muncul sebagai respon dapat meningkat akibat adanya spesies lain yang memiliki sifat kimiawi seperti analit. Pengurangan sinyal biosensor juga dapat menurun akibat adanya spesies lain dengan sifat yang dapat menghambat kinerja biokatalis (Ensafi, 2019).

***“Halaman ini sengaja dikosongkan”***

## **BAB III**

### **METODOLOGI PENELITIAN**

#### **3.1 Alat dan Bahan**

##### **3.1.1 Alat**

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah aluminium foil, amplas halus, blender, botol semprot, botol vial, corong kaca, *filler*, gelas beaker 25 mL dan 50 mL, gelas ukur 100 mL, *hotplate*, instrumen Potensiostat Autolab Metrohm tipe AUT84948, instrumen Potensiostat eDAQ tipe PGSTAT 104, kaca arloji, kertas indikator pH, kendi gerabah, kertas saring, kondensor, labu distilasi, labPRu ukur 25 mL, 50 mL, 100 mL, 250 mL, 500 mL, dan 1000 mL, neraca analitik, pengaduk kaca, pipet tetes, pipet ukur 1 mL dan 10 mL, plastik *wrap*, saringan, spatula besi, termometer, dan pembersih ultrasonik.

##### **3.1.2 Bahan**

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah daun dandang gendis (*Clinacanthus nutans*), aquademin, pirol 97% (Merck KGaA), anilin 99,9% (Merck KGaA), minyak, asam askorbat (Merck KGaA), asam oksalat dihidrat (SAP Chemicals), asam urat (Sigma-Aldrich), glukosa (Merck KGaA), urea (Merck KGaA), elektroda Ag/AgCl, elektroda emas, elektroda platina, potasium klorida, asam klorida 37% (Smart-Lab), asam asetat (Merck KGaA), natrium asetat (Merck KGaA), dinatrium hidrogen fosfat (Merck KGaA), natrium dihidrogen fosfat hidrat (Merck KGaA), dan natrium hidroksida (Merck KGaA).

## **3.2 Prosedur Pembuatan Elektroda**

### **3.2.1 Preparasi Ekstrak Daun Dandang Gendis (*Clinacanthus nutans*)**

Daun dandang gendis kering dipisahkan dari tangkai. Daun yang telah dipisahkan dari tangkai dihaluskan menggunakan blender hingga halus, kemudian diayak menggunakan saringan. Daun yang telah berupa serbuk halus diambil 7,5 gram untuk kemudian dipanaskan diatas *hotplate* dalam 100 mL aquademin menggunakan kendi gerabah yang ditutup hingga volume total menjadi setengah dari volume total awal. Hasil ekstrak kemudian disaring dengan kertas saring seperti pada penelitian yang dilakukan oleh Vongsak dkk. (2013).

### **3.2.2 Distilasi Pirol**

Pirol 97% 2 mL berwarna kecokelatan dimasukkan ke dalam labu distilasi. Pirol didistilasi vakum dengan suhu 130°C menggunakan pemanas *hotplate* hingga seluruh pirol pada labu distilasi habis, menyisakan kerak berwarna coklat kehitaman pada dasar labu distilasi. Pirol tidak berwarna pada akhir proses distilasi diperoleh dalam botol vial yang telah ditutup dengan aluminium foil tempat menampung hasil distilasi seperti pada penelitian yang dilakukan oleh Fitriyana (2014). Pirol disimpan dalam botol vial tertutup plastik *wrap* dan aluminium foil, diletakkan dalam refrigerator bersuhu rendah.

### **3.2.3 Distilasi Anilin**

Anilin 99,9% 5 mL berwarna kecokelatan dimasukkan ke dalam labu distilasi. Anilin didistilasi vakum dengan suhu 190°C menggunakan pemanas *hotplate* hingga seluruh anilin

pada labu distilasi habis, menyisakan kerak berwarna coklat kehitaman pada dasar labu distilasi. Anilin tidak berwarna diperoleh dalam botol vial tempat menampung hasil distilasi seperti pada penelitian yang dilakukan oleh Fitriyana (2014). Anilin disimpan dalam botol vial tertutup plastik *wrap* dan aluminium foil, diletakkan dalam refrigerator bersuhu rendah.

#### **3.2.4 Preparasi Elektroda Emas**

Emas yang digunakan sebagai elektroda dalam penelitian ini adalah batang emas dengan kemurnian 99,97%, berdiameter 1 mm, panjang 5 cm, dan telah dimasukkan ke dalam *shrinkage* dengan direkatkan menggunakan api. Elektroda emas dimasukkan ke dalam gelas beaker 50 mL berisi aquademin, kemudian dibersihkan secara ultrasonik menggunakan pembersih ultrasonik selama 10 menit, dan dikeringkan seperti pada penelitian yang dilakukan oleh Hutapea dkk. (2014).

#### **3.2.5 Modifikasi Elektroda Emas/PPy dan Elektroda Emas/PPy/Ekstrak Daun Dandang Gendis**

Elektroda emas, elektroda platina, dan elektroda Ag/AgCl dipasang pada penjepit elektroda instrument Potensiostat eDAQ. Instrument Potensiostat eDAQ dinyalakan, kemudian dihubungkan dengan komputer operator. Modifikasi elektroda emas dengan polipirol dilakukan dengan cara elektropolimerisasi dengan larutan pirol 0,03 M. Larutan pirol 0,03 M dibuat dengan melarutkan 106  $\mu\text{L}$  pirol dalam labu ukur 50 mL dengan KCl 0,1 M. Elektropolimerisasi dilakukan dengan metode *staircase cyclic voltammetry*, sistem tiga elektroda dimana elektroda emas sebagai elektroda kerja, elektroda Ag/AgCl sebagai elektroda pembanding, dan

elektroda platina sebagai elektroda bantu. Elektropolimerisasi pirol dilakukan menggunakan potensial -1,2 V sampai +1,2 V, laju sapuan 50 mV/s, sebanyak 30 siklik. Stabilisasi dengan larutan blanko dilakukan setelah polimerisasi, yakni larutan KCl 0,1 M, dengan metode, potensial, dan laju sapuan yang sama dengan yang digunakan untuk elektropolimerisasi. Stabilisasi dilakukan hingga voltammogram tidak mengalami perubahan dengan voltammogram sebelumnya.

Elektroda emas termodifikasi polipirol/ekstrak daun dandang gendis dilakukan dengan metode yang sama dengan yang digunakan untuk elektropolimerisasi pirol. Elektropolimerisasi dilakukan dengan larutan pirol 0,03 M dalam KCl 0,1 M yang telah dicampur 3 tetes ekstrak daun dandang gendis. Stabilisasi dengan larutan KCl 0,1 M dilakukan setelah polimerisasi dengan metode, potensial, dan laju sapuan yang sama dengan elektropolimerisasi hingga voltammogram stabil atau tidak mengalami perubahan seperti pada penelitian yang dilakukan oleh Rahayu dan Kurniawan (2012).

### **3.2.6 Modifikasi Elektroda Emas/PANI dan Elektroda Emas/PANI/Ekstrak Daun Dandang Gendis**

Elektroda emas, elektroda platina, dan elektroda Ag/AgCl dipasang pada masing-masing penjepit elektroda instrument Potensiostat Autolab Metrohm. Instrument Potensiostat Autolab Metrohm dinyalakan, dihubungkan dengan komputer operator. Modifikasi elektroda emas dengan polianilin dilakukan dengan cara elektropolimerisasi dengan larutan anilin 0,01 M pH 1,5. Larutan anilin dibuat dengan mencampurkan 456  $\mu\text{mL}$  anilin dalam labu ukur 50 mL dengan aquademin, kemudian ditambahkan per tetes larutan



HCl 2 M hingga mencapai pH 1,5. Elektropolimerisasi anilin dilakukan dengan metode *staircase cyclic voltammetry*, sistem tiga elektroda dimana elektroda emas sebagai elektroda kerja, elektroda Ag/AgCl sebagai elektroda pembanding, dan elektroda platina sebagai elektroda bantu. Elektropolimerisasi pirol dilakukan menggunakan potensial -0,4 V sampai +0,8 V, laju sapuan 50 mV/s, sebanyak 30 siklik. Stabilisasi dilakukan dengan larutan blanko setelah polimerisasi. Larutan blanko dibuat dengan meneteskan HCl 2 M pada 25 mL aquademin hingga mencapai pH 1,5. Elektropolimerisasi dilakukan dengan metode, potensial, dan laju sapuan yang sama dengan yang digunakan untuk elektropolimerisasi hingga voltammogram stabil atau tidak mengalami perubahan dengan voltammogram sebelumnya.

Elektroda emas termodifikasi polianilin/ekstrak daun dandang gendis dilakukan dengan merendam terlebih dahulu elektroda termodifikasi polianilin dalam buffer pH 7 selama 30 menit, kemudian dikeringkan. 3 tetes ekstrak daun dandang gendis ditambahkan pada permukaan elektroda yang telah kering dengan jarak pengeringan 15 menit antar tiap penetasan ekstrak. Elektroda dikeringkan kembali setelah penetasan ekstrak yang ketiga (Baskara, 2015).

### **3.2.7 Pembuatan Larutan Uji pH 4, 7, dan 10**

Larutan uji terdiri dari 5 larutan, yakni asam askorbat, asam oksalat, asam urat, glukosa, dan urea, dengan konsentrasi masing-masing 0,01 M dan dalam pH 4, 7, 10. Buffer pH 4 dibuat dengan mencampurkan 847 mL larutan asam asetat 0,1 M dan 153 mL larutan natrium asetat 0,1 M dalam labu ukur 1 L. Buffer pH 7 dibuat dengan melarutkan 382,71 mL larutan dinatrium hidrogen fosfat 0,1 M dan 617,28 mL larutan

natrium dihidrogen fosfat 0,1 M dalam labu ukur 1 L. Buffer pH 10 dibuat dengan mencampurkan 382,71 mL larutan dinatrium hidrogen fosfat 0,1 M dan 617,28 mL larutan natrium dihidrogen fosfat 0,1 M dalam labu ukur 1 L, kemudian ditambahkan per tetes larutan NaOH 2 M hingga mencapai pH 10. Larutan uji dibuat dengan melarutkan 0,044 gram asam askorbat, 0,031 gram asam oksalat, 0,042 gram asam urat dihidrat, 0,045 gram glukosa, dan 0,03 gram urea masing-masing dengan larutan buffer pH 4, pH 7, dan pH 10 dalam labu ukur 25 mL (Fitriyana, 2014).

### **3.3 Uji Elektroda**

Elektroda emas, elektroda emas/PPy, elektroda emas/PPy/ekstrak daun dandang gendis, elektroda emas/PANI, dan elektroda emas/PANI/ekstrak daun dandang gendis masing-masing diukur dengan metode *staircase cyclic voltammetry* sistem tiga elektroda. Sistem tiga elektroda menggunakan elektroda emas sebagai elektroda kerja, elektroda Ag/AgCl sebagai elektroda pembanding, dan elektroda platina sebagai elektroda bantu. Elektroda diukur menggunakan potensial -0,5 V sampai +1 V, dengan laju sapuan 50 mV/s, sejumlah 5 siklik. Pengukuran dilakukan pada 5 larutan uji, yakni asam askorbat, asam oksalat, asam urat, glukosa, dan urea dengan variasi pH 4, 7, dan 10 (Fitriyana, 2014).

## **BAB IV**

### **HASIL DAN PEMBAHASAN**

#### **4.1 Preparasi Ekstrak Daun Dandang Gendis sebagai Zat Aktif Modifikan Elektroda**

Ekstrak tanaman dandang gendis (*Clinacanthus nutans*) digunakan sebagai bahan aktif modifikan elektroda sensor. Ekstrak yang dipakai dalam setiap tahapan penelitian ini merupakan ekstrak baru, sehingga tidak ada proses penyimpanan. Hal ini dilakukan karena masa simpan ekstrak dandang gendis yang pendek (kurang dari satu pekan), dan untuk menghindari kontaminasi mikroba (Ng dkk., 2017). Dandang gendis yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh dari daerah Jawa Timur dalam keadaan telah dikeringkan, berwarna hijau dan memberikan keretakan tipis saat ditekan, karakteristik daun dandang gendis dengan pengeringan yang ideal untuk ekstraksi fotokimia (Ng dkk., 2017). Dandang gendis dipisahkan dari tangkainya, kemudian diblender hingga menjadi serbuk halus, hal ini dilakukan untuk memperluas permukaan tumbukan agar lebih cepat dan merata saat proses ekstraksi. Serbuk daun selanjutnya diayak dengan saringan untuk lebih menghomogenkan bentuk serbuk daun yang akan diekstrak. Daun serbuk halus sebanyak 7,5 gram selanjutnya diekstrak dengan cara dipanaskan dalam 100 mL aquademin menggunakan kendi gerabah yang ditutup agar pemanasan merata dan tidak ada zat yang menguap. Proses ekstraksi berlangsung hingga volume total larutan daun dandang gendis menjadi setengah dari volume total awal. Hasil ekstrak disaring untuk memisahkan filtrat ekstrak dari residu. Ekstrak daun dandang gendis siap digunakan.

## 4.2 Preparasi Pirol

Pirol digunakan sebagai monomer polimer konduktif untuk menjadi media pendukung elektropolimerisasi ekstrak daun dandang gendis. Pirol yang digunakan dalam penelitian ini adalah pirol 97% (Merck). Sifat pirol yang mudah teroksidasi jika terkena cahaya, mengharuskan pirol harus dimurnikan terlebih dahulu sebelum digunakan setelah melalui masa penyimpanan. Pirol yang teroksidasi memiliki warna kekuningan hingga coklat kehitaman. Pada penelitian ini digunakan pemurnian metode distilasi vakum yang bekerja berdasarkan titik didih larutan. Distilasi dilakukan dengan pemanasan pirol pada suhu  $130^{\circ}\text{C}$ , diatas titik didih pirol, yakni  $129^{\circ}\text{C}$ . Hasil dari distilasi berupa pirol tidak berwarna yang menandakan pirol telah murni. Pada labu distilasi tersisa kerak berwarna coklat, merupakan pengotor yang tertinggal. Pirol selanjutnya disimpan dalam botol vial yang telah ditutup dengan plastik *wrap* dan aluminium foil. Penyimpanan pirol dilakukan dalam refrigerator. Hal ini dilakukan untuk mencegah teroksidasinya pirol.

## 4.3 Preparasi Anilin

Penggunaan anilin tidak berbeda dengan penggunaan pirol. Anilin digunakan sebagai monomer polimer konduktif untuk dijadikan media pendukung elektropolimerisasi ekstrak daun dandang gendis. Anilin yang digunakan dalam penelitian ini adalah pirol 99,9%. Anilin sangat mudah teroksidasi jika berkontak dengan udara dan cahaya, sehingga anilin perlu didistilasi setelah melalui masa penyimpanan untuk dimurnikan kembali. Anilin dalam keadaan teroksidasi berwarna kekuningan hingga coklat kehitaman. Pemurnian dilakukan dengan metode distilasi vakum pada suhu  $190^{\circ}\text{C}$ .

Suhu ini diambil diatas titik didih anilin, yakni 184,1°C. Hasil dari distilasi berupa anilin tidak berwarna dan menyisakan kerak berwarna coklat yang merupakan pengotor yang tertinggal. Anilin disimpan dalam botol vial yang telah ditutup dengan plastik *wrap* dan aluminium foil serta disimpan dalam refrigerator, untuk mencegah teroksidasinya pirol.

#### **4.4 Preparasi Elektroda Emas**

Preparasi elektroda emas dibutuhkan sebelum elektroda emas digunakan untuk dimodifikasi. Penggunaan elektroda emas sendiri mengacu pada Rahayu dan Kurniawan (2012). Elektroda emas digunakan sebagai elektroda kerja pada sensor yang akan difabrikasi secara elektrokimia. Pada penelitian ini digunakan emas 99,99% berbentuk kawat silinder dengan panjang kawat 5 cm dan diameter kawat 1 mm. Emas yang digunakan sebelumnya telah dipreparasi dimasukkan ke dalam kabel serut atau *shrinkage* untuk membatasi proses pemindaian hanya pada permukaan elektroda dengan diameter 1 mm. Elektroda emas kemudian diampelas dengan ampelas halus dan dibersihkan secara ultrasonik selama 10 menit dalam aquademin untuk menghilangkan pengotor. Elektroda emas siap digunakan.

#### **4.5 Modifikasi Elektroda**

##### **4.5.1 Modifikasi Elektroda Emas dengan Polipirol**

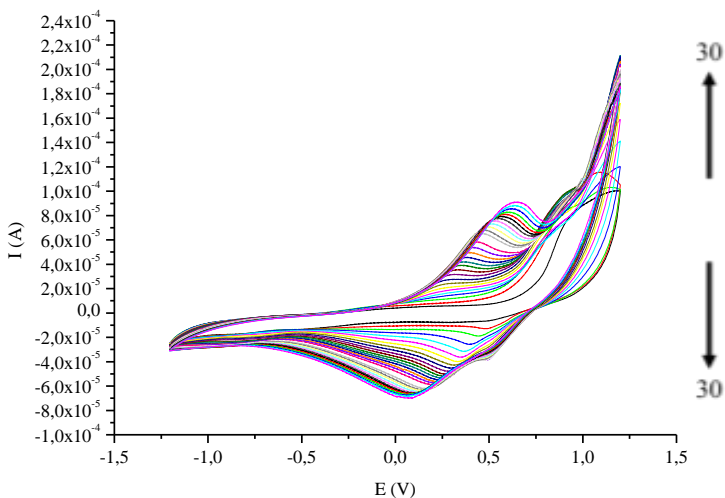
Modifikasi elektroda emas yang pertama adalah dengan polipirol, dilakukan dengan metode elektropolimerisasi voltametri siklik. Metode ini dipilih karena ketebalan lapisan polimer yang dapat dikontrol, waktu proses yang cepat (Murniati dkk., 2012), dan mudah dioperasikan (Pakapongpan dkk., 2014). Elektropolimerisasi voltametri siklik dilakukan

dengan sistem tiga elektroda dimana untuk elektroda kerja digunakan emas, elektroda pembanding digunakan Ag/AgCl, dan elektroda bantu digunakan platina. Elektropolimerisasi mengacu pada Pringle (2014) menggunakan potensial -1,2 V sampai +1,2 V dan siklik sejumlah 30, serta menggunakan scan rate 50mV/s. Proses elektropolimerisasi ini dilakukan dengan larutan pirol 0,03 M dalam KCl 0,1 M. Larutan KCl disini berfungsi sebagai larutan elektrolit. KCl akan terionisasi menjadi  $K^+$  dan  $Cl^-$  dimana ukuran ion  $K^+$  dan  $Cl^-$  yang kecil akan mempermudah transfer elektron (Rahayu dan Kurniawan, 2012). Larutan yang digunakan untuk elektropolimerisasi memiliki nilai pH 6, mengacu pada Buchari (2004) bahwa kondisi pH larutan yang sesuai untuk elektropolimerisasi pirol berada pada rentang pH 2 - 6. Penggunaan pH diatas itu dapat membentuk voltammogram dengan sapuan oksidasi yang terus menurun dimana hal ini menunjukkan terbentuknya polimer non-konduktif. Hal ini dapat terjadi akibat deprotonasi pada polipirol membentuk polipirol bermuatan netral, menyebabkan berkurangnya sifat redoks.

Polimerisasi pirol berdasarkan mekanisme Diaz, diawali dengan oksidasi monomer pirol sekitar elektroda, membentuk beberapa struktur kation radikal yang berbeda. Hal ini dikarenakan elektron tidak berpasangan terlokalisasi pada atom karbon di cincin, tidak terlokalisasi pada atom nitrogen. Dua kation radikal berikatan satu sama lain dengan saling menggunakan dua elektron tidak berpasangan yang terletak pada posisi  $\alpha$ . Dua atom hidrogen yang terikat pada C $\alpha$  selanjutnya lepas akibat deprotonasi. Dimer yang terdeprotonasi dapat teroksidasi lebih lanjut, membentuk kation radikal lainnya. Dimer yang teroksidasi memiliki struktur yang beragam berdasarkan lokasi masuknya elektron

tidak berpasangan. Dimer sebagian besar memiliki elektron yang menempati posisi  $\alpha$ . Dimer yang teroksidasi bereaksi dengan monomer kation, membentuk trimer, kemudian terdeprotonasi kembali. Tahap oksidasi, adisi, dan deprotonasi terus berulang, membentuk rantai panjang polipirrol (Yi dan Abidian, 2016).

Lapisan berwarna hitam diperoleh pada seluruh permukaan elektroda emas pada akhir elektropolimerisasi, ini menunjukkan terbentuknya lapisan polipirrol pada permukaan elektroda. Voltammogram diperoleh seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.1. dengan anak panah yang menunjukkan peningkatan arus puncak oksidasi (atas) dan arus puncak reduksi (bawah) dari siklus 1 hingga siklus 30.



Gambar 4.1 Voltammogram elektropolimerisasi pirol pada potensial  $-1,2 \text{ V} - +1,2 \text{ V}$ , laju sapuan  $50 \text{ mV/s}$ , 30 siklik

Elektroda yang telah terpolimer distabilisasi dengan larutan blanko, yakni KCl 0,1 M hingga voltammogram stabil atau tidak berubah. Teknik elektropolimerisasi ini siap digunakan untuk modifikasi selanjutnya.

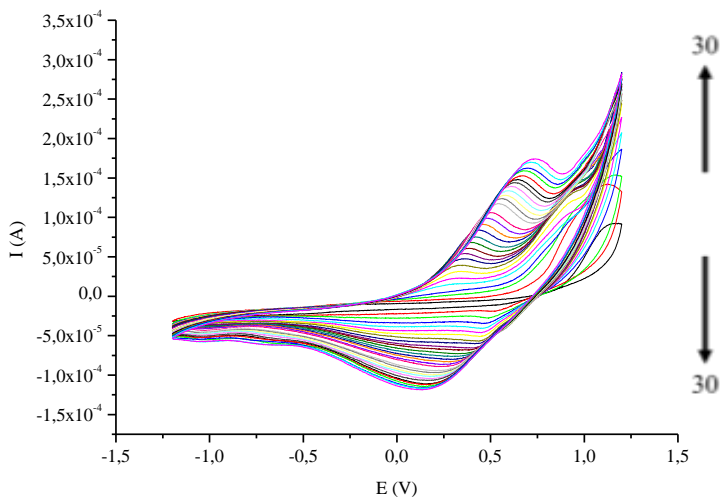
#### **4.5.2 Modifikasi Elektroda Emas dengan Polipirol dan Ekstrak Daun Dandang Gendis**

Modifikasi elektroda emas selanjutnya adalah dengan polipirol dan ekstrak daun dandang gendis, dilakukan dengan metode yang sama untuk modifikasi emas dengan polipirol, yakni metode elektropolimerisasi voltametri siklik sistem tiga elektroda. Elektroda kerja berupa emas, elektroda pembanding berupa Ag/AgCl, dan elektroda bantu berupa platina. Pada metode ini juga digunakan pengaturan voltametri siklik yang sama, yaitu potensial  $-1,2\text{ V} - +1,2\text{ V}$ , laju sapuan  $50\text{ mV/s}$ , dan jumlah siklik 30. Proses elektropolimerisasi dilakukan dalam larutan pirol  $0,03\text{ M}$  dalam KCl  $0,1\text{ M}$  yang telah ditambahkan 3 tetes ekstrak daun dandang gendis. pH yang digunakan sama, yakni pH 6.

Voltammogram yang tidak jauh berbeda dengan voltammogram elektropolimerisasi pirol diperoleh pada akhir elektropolimerisasi seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.2 dengan anak panah yang menunjukkan peningkatan arus puncak oksidasi (atas) dan arus puncak oksidasi (bawah) dari siklik 1 hingga siklik 30. Voltammogram menunjukkan adanya peningkatan arus puncak oksidasi dan reduksi dari siklik 1 hingga siklik 30, ini mengindikasikan bahwa polipirol/ekstrak daun dandang gendis yang konduktif pada permukaan elektroda telah terbentuk. Pada akhir elektropolimerisasi juga diperoleh lapisan hitam pada seluruh



permukaan elektroda emas. Elektroda emas termodifikasi polipirol/ekstrak daun dandang gendis siap digunakan.



Gambar 4.2 Voltammogram elektropolimerisasi PPy/ekstrak daun dandang gendis pada potensial  $-1,2\text{ V} - +1,2\text{ V}$ , laju sapuan  $50\text{ mV/s}$ , 30 siklik

#### 4.5.3 Modifikasi Elektroda Emas dengan Polianilin

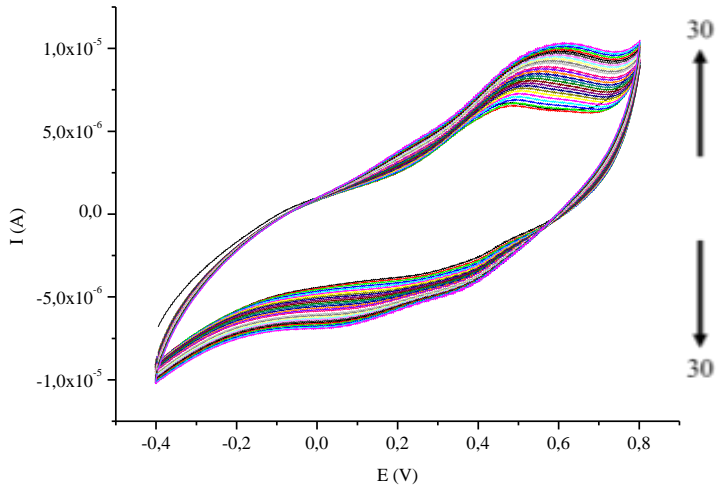
Modifikasi elektroda emas dengan polianilin dilakukan sebagai perbandingan dengan metode yang sama untuk modifikasi elektroda emas dengan polipirol, yakni metode elektropolimerisasi voltametri siklik sistem tiga elektroda. Elektroda kerja berupa emas, elektroda pembanding berupa  $\text{Ag}/\text{AgCl}$ , dan elektroda bantu berupa platina. Voltametri siklik dijalankan menggunakan pengaturan potensial  $-0,4\text{ V} - +0,8\text{ V}$  mengacu pada Hutapea dkk. (2014), laju sapuan  $50\text{ mV/s}$ , dan jumlah siklik 30. Proses elektropolimerisasi dilakukan dalam larutan anilin  $0,1\text{ M}$  yang dibuat mengacu

pada Baskara (2015) dimana anilin dilarutkan dalam aquademin, kemudian ditambahkan beberapa tetes HCl 2 M, sehingga pH larutan anilin mencapai pH 1,5. pH yang digunakan sesuai pada Hutapea dkk. (2014) di mana elektropolimerisasi anilin paling optimum pada pH 1,5, sehingga diperoleh polianilin yang konduktif dengan ditandai meningkatnya arus puncak oksidasi dan reduksi.

Polimerisasi anilin diawali dengan oksidasi, membentuk kation radikal dengan berbagai struktur. Elektron tidak berpasangan terlokalisasi baik pada atom nitrogen maupun pada atom karbon cincin benzena. Laju difusi radikal yang telah terbentuk lebih dahulu lebih kecil dari laju difusi radikal yang baru terbentuk, sehingga radikal lebih bereaksi dengan radikal lainnya daripada dengan monomer netral anilin, membentuk dimer. Dimer terdeprotonasi kemudian membentuk produk intermediet *p*-aminofenilamin (PADPA). Potensial oksidasi PADPA lebih rendah dari monomer anilin, membuat mudah terjadinya oksidasi dimer. Hal ini menyebabkan reaksi kation radikal berlanjut, maka PADPA selanjutnya teroksidasi, membentuk kation radikal. PADPA yang teroksidasi melanjutkan reaksi dengan kation radikal dari monomer anilin untuk memperpanjang rantai polimer. Trimer selanjutnya terbentuk akibat proses deprotonasi. Proses oksidasi-adisi-siklus deprotonasi terus berulang, monomer anilin bertambah pada rantai polimer, membentuk polianilin (Yi dan Abidian, 2016).

Lapisan tidak berwarna sedikit mengkilat diperoleh pada permukaan elektroda emas di akhir elektropolimerisasi. Voltammogram elektropolimerisasi pada Gambar 4.3 diperoleh dengan anak panah yang menunjukkan peningkatan

arus puncak oksidasi (atas) dan arus puncak oksidasi (bawah) dari siklik 1 hingga siklik 30.



Gambar 4.3 Voltammogram elektropolimerisasi anilin pada potensial  $-0,4 \text{ V} - +0,8 \text{ V}$ , laju sapuan  $50 \text{ mV/s}$ , 30 siklik

Voltammogram dengan adanya peningkatan arus puncak oksidasi dan reduksi dari siklik 1 hingga siklik 30 ini menandakan telah terbentuknya polianilin pada permukaan elektroda emas (Hutapea dkk., 2014). Stabilisasi elektroda emas/PANI menggunakan blanko dilakukan setelah elektropolimerisasi, yakni aquademin yang ditambah beberapa tetes HCl 0,5 M hingga mencapai pH yang sama dengan pH larutan anilin, yaitu pH 1,5. Stabilisasi elektroda dilakukan hingga voltammogram stabil. Elektroda siap digunakan untuk modifikasi selanjutnya.

#### **4.5.4 Modifikasi Elektroda Emas dengan Polianilin dan Ekstrak Daun Dandang Gendis**

Modifikasi elektroda emas dengan polianilin kemudian dilanjutkan dengan penyisipan ekstrak daun dandang gendis, dilakukan dengan metode adsorpsi. Metode ini dipilih karena rentang pH optimum elektropolimerisasi anilin yang berada pada pH asam, dapat merusak senyawa bioaktif daun dandang gendis, yaitu flavanoid yang dapat bekerja dengan baik pada kisaran pH 8 (Luo dkk., 2012). Polianilin sendiri bersifat non-konduktif jika dielektropolimerisasi pada pH 5 hingga 14 (Hutapea dkk., 2014).

Modifikasi dilakukan dengan perendaman elektroda terpolimerisasi polianilin dalam buffer pH 7, kemudian dikeringkan. Hal ini dilakukan untuk menetralkan pH permukaan elektroda. 1 tetes ekstrak daun dandang gendis selanjutnya diteteskan pada permukaan elektroda yang telah terpolimerisasi dengan polianilin, kemudian dikeringkan. Penetasan dilakukan ulang hingga total 3 tetes ekstrak daun dandang gendis. Pengeringan ini dilakukan agar ekstrak daun dandang gendis meresap kuat ke dalam polianilin.

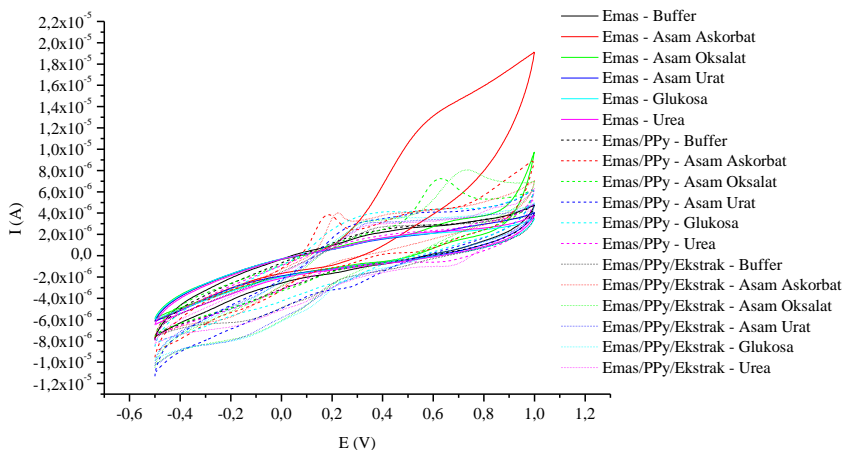
Lapisan tidak berwarna pada permukaan elektroda emas diperoleh pada akhir modifikasi elektroda emas dengan polianilin dan ekstrak daun dandang gendis. Lapisan yang diperoleh dari modifikasi elektroda emas dengan polianilin dan ekstrak daun dandang gendis tidak mengkilat seperti pada lapisan elektroda emas yang dimodifikasi dengan polianilin. Elektroda emas termodifikasi polianilin dan ekstrak daun dandang gendis siap digunakan untuk uji kinerja sensor elektroda dari segi selektivitas pada berbagai pH, yakni pH 4, 7, dan 10.

## **4.6 Elektroda Termodifikasi**

### **4.6.1 Perbandingan Selektivitas Elektroda Emas, Elektroda Emas/PPy, dan Elektroda Emas/PPy/Ekstrak Daun Dandang Gendis**

Uji selektivitas elektroda dibutuhkan setelah masing-masing elektroda siap digunakan. Elektroda emas, elektroda emas/PPy, dan elektroda emas/PPy/ekstrak daun dandang gendis masing-masing dilakukan pemindaian pada setiap larutan uji untuk membandingkan selektivitas antar elektroda. Elektroda diuji pada larutan uji asam askorbat, asam oksalat, asam urat, glukosa, dan urea masing-masing konsentrasi 0,01 M dengan variasi pH 4, 7, dan 10. Variasi pH digunakan untuk mengetahui pH dimana elektroda sensor bekerja (Rahayu dan Kurniawan, 2012). Pemindaian dilakukan dengan metode elektrokimia voltametri siklik sistem tiga elektroda dimana elektroda kerja berupa emas, elektroda pembanding berupa Ag/AgCl, dan elektroda bantu berupa platina. Pemindaian menggunakan potensial  $-0,5 \text{ V} - +0,1 \text{ V}$ , laju sapuan 50 mV/s, dan sejumlah 5 siklik, mengacu pada Fitriyana (2014). Elektroda dicuci dengan cara dicelupkan dalam aquademin agar tidak ada pengotor yang masih melekat, kemudian distabilisasi dalam blanko (buffer tiap pH) untuk memastikan bahwa elektroda telah bersih dari pengotor lain. Hal ini dilakukan setiap pergantian larutan uji. Perbandingan voltammogram elektroda emas, elektroda emas/PPy, dan elektroda emas/PPy/ekstrak daun dandang gendis pada masing-masing pH ditunjukkan pada Gambar 4.4, 4.5, 4.6.

Voltammogram pada pH 4 menunjukkan puncak oksidasi asam askorbat dan asam oksalat pada elektroda emas, elektroda emas/PPy, dan elektroda emas/PPy/ekstrak daun dandang gendis.

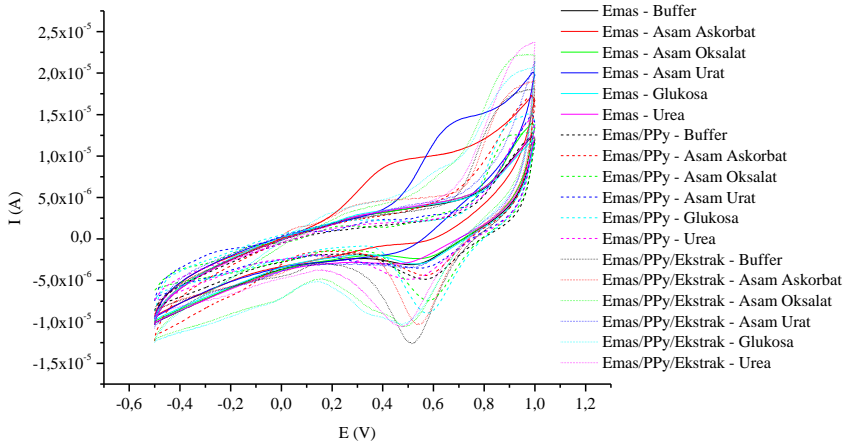


Gambar 4.4 Uji Elektroda emas, elektroda emas/PPy, dan elektroda emas/PPy/ekstrak daun dandang gendis pada pH 4

Puncak oksidasi saling tumpang tindih satu sama lain pada elektroda emas dan elektroda emas/PPy, hal ini menunjukkan selektivitas yang buruk pada elektroda emas dan elektroda emas/PPy pada pH 4. Puncak oksidasi asam askorbat dan asam oksalat yang terpisah pada elektroda emas/PPy /ekstrak daun dandang gendis diperoleh puncak, dimana puncak asam askorbat terletak pada potensial 0,22 V dan puncak asam oksalat terletak pada potensial 0,72 V. Hal ini menunjukkan selektivitas yang baik pada elektroda emas/PPy/ekstrak daun dandang gendis untuk pH 4.

Voltammogram pada pH 7 menunjukkan puncak oksidasi asam askorbat dan asam urat yang saling tumpang tindih pada elektroda emas. Puncak asam askorbat diperoleh dengan arus yang sangat kecil pada elektroda emas/PPy diperoleh. Hal ini menunjukkan selektivitas yang buruk pada

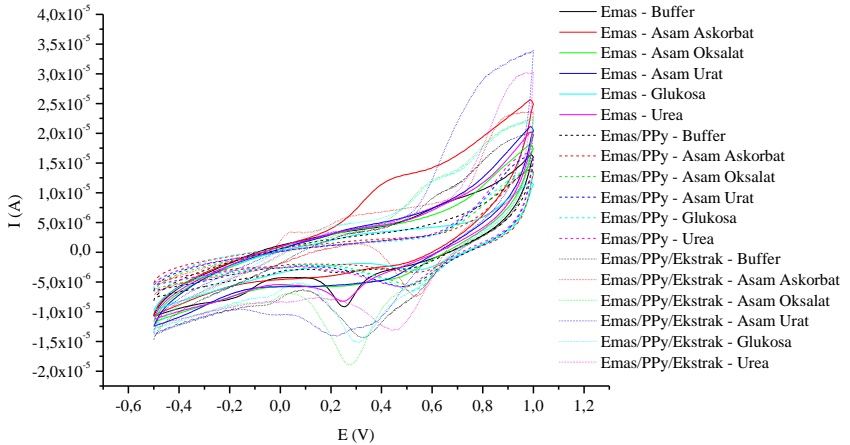
elektroda emas pada pH 7 dan kurangnya potensial elektroda emas/PPy sebagai sensor asam askorbat.



Gambar 4.5 Uji Elektroda emas, elektroda emas/PPy, dan elektroda emas/PPy/ekstrak daun dandang gendis pada pH 7

Puncak oksidasi asam askorbat pada potensial 0,06 V pada elektroda emas/PPy/ekstrak daun dandang gendis diperoleh. Hal ini menunjukkan selektivitas yang baik pada elektroda emas/PPy/ekstrak daun dandang gendis untuk pH 4.

Voltammogram pada pH 10 menunjukkan puncak oksidasi asam askorbat dan asam oksalat pada elektroda emas dan elektroda emas/PPy yang saling tumpang tindih satu sama lain. Hal ini menunjukkan selektivitas yang buruk pada elektroda emas dan elektroda emas/PPy pada pH 4. Puncak oksidasi asam askorbat pada potensial 0,03 V muncul pada elektroda emas/PPy/ekstrak daun dandang gendis. Hal ini menunjukkan selektivitas yang baik pada elektroda emas/PPy/ekstrak daun dandang gendis untuk pH 10.



Gambar 4.6 Uji Elektroda emas, elektroda emas/PPy, dan elektroda emas/PPy/ekstrak daun dandang gendis pada pH 10

Hasil perbandingan ketiga elektroda pada pH 4, 7, dan 10 secara keseluruhan adalah setiap elektroda dapat mengidentifikasi asam askorbat dalam berbagai pH. Elektroda emas/PPy/ekstrak daun dandang gendis memiliki selektivitas yang paling baik dari elektroda emas dan elektroda emas/PPy. Hanya pada elektroda emas/PPy/ekstrak daun dandang gendis, puncak oksidasi asam askorbat terpisah dari puncak oksidasi yang lain, sehingga berpotensi untuk dijadikan sensor asam askorbat.

#### 4.6.2 Perbandingan Selektivitas Elektroda Emas, Elektroda Emas/PANI, dan Elektroda Emas/PANI/Ekstrak Daun Dandang Gendis

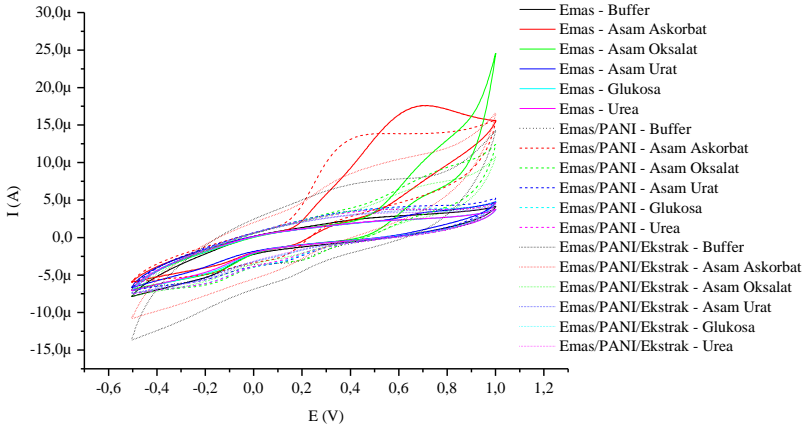
Uji selektivitas pada elektroda emas, elektroda emas/PANI, dan elektroda emas/PANI/ekstrak daun dandang



gendis dilakukan sama seperti pada uji elektroda termodifikasi pirol. Masing-masing elektroda dilakukan pemindaian pada setiap larutan uji untuk membandingkan selektivitas antar elektroda. Elektroda diuji pada larutan uji 0,01 M asam askorbat, asam oksalat, asam urat, glukosa, dan urea dengan variasi pH 4, 7, dan 10. Variasi pH digunakan untuk mengetahui pH dimana elektroda sensor bekerja optimum (Rahayu dan Kurniawan, 2012). Pemindaian dilakukan dengan metode yang sama dengan sebelumnya, yaitu metode elektrokimia voltametri siklik sistem tiga elektroda dimana elektroda kerja berupa emas, elektroda pembanding berupa Ag/AgCl, dan elektroda bantu berupa platina. Pemindaian menggunakan pengaturan yang sama, yaitu potensial -0,5 V – +0,1 V, laju sapuan 50 mV/s, dan sejumlah 5 siklik. Setiap pergantian larutan uji, elektroda dicuci dengan cara dicelupkan dalam aquademin untuk menghilangkan pengotor, kemudian distabilisasi dalam blanko (buffer tiap pH) untuk memastikan bahwa elektroda telah bersih dari pengotor. Perbandingan voltammogram elektroda emas, elektroda emas/PANI, dan elektroda emas/PANI/ekstrak daun dandang gendis pada masing-masing pH ditunjukkan pada Gambar 4.7, 4.8, 4.9.

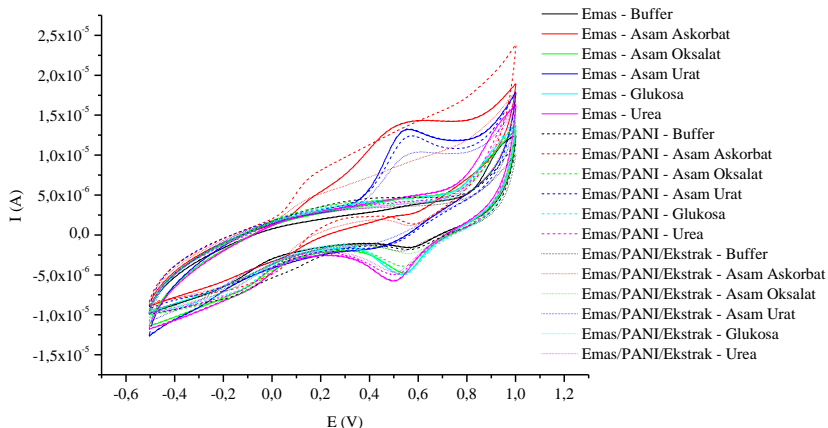
Voltammogram pada pH 4 menunjukkan puncak oksidasi asam askorbat dan asam oksalat pada elektroda emas dan elektroda emas/PANI yang saling tumpang tindih satu sama lain. Hal ini menunjukkan selektivitas yang buruk pada elektroda emas dan elektroda emas/PANI pada pH 4. Pemindaian dengan elektroda emas/PANI/ekstrak daun dandang gendis diperoleh puncak asam askorbat dengan arus yang tidak berbeda signifikan dengan buffer pada potensial 0,35 V. Hal ini menunjukkan selektivitas yang buruk, baik

pada elektroda emas, elektroda emas/PANI, maupun elektroda emas/PANI/ekstrak daun dandang gendis untuk pH 4.



Gambar 4.7 Uji Elektroda emas, elektroda emas/PANI, dan elektroda emas/PANI/ekstrak daun dandang gendis pada pH 4

Voltammogram pada pH 7 menunjukkan puncak oksidasi asam askorbat dan asam urat pada elektroda emas, elektroda emas/PANI, dan elektroda emas/PANI/ekstrak daun dandang gendis yang saling tumpang tindih satu sama lain. Hal ini menunjukkan selektivitas yang buruk pada elektroda emas, elektroda emas/PANI, dan elektroda emas/PANI/ekstrak daun dandang gendis untuk pH 7. Voltammogram pada pH 7 tidak menunjukkan adanya selektivitas dan potensial yang baik untuk pengaplikasian elektroda emas, elektroda emas/PANI, maupun untuk elektroda emas/PANI/ekstrak daun dandang gendis.

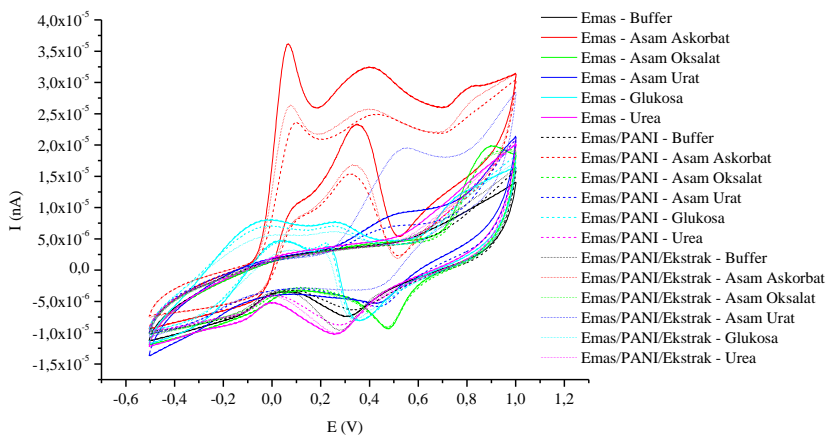


Gambar 4.8 Uji Elektroda emas, elektroda emas/PANI, dan elektroda emas/PANI/ekstrak daun dandang gendis pada pH 7

Voltammogram pada pH 10 menunjukkan puncak oksidasi asam askorbat dan asam urat pada elektroda emas, elektroda emas/PANI, dan elektroda emas/PANI/ekstrak daun dandang gendis yang saling tumpang tindih satu sama lain. Hal ini menunjukkan selektivitas yang buruk pada elektroda emas, elektroda emas/PANI, dan elektroda emas/PANI/ekstrak daun dandang gendis untuk pH 10.

Ketiga elektroda secara keseluruhan dari perbandingan pH 4, 7, dan 10, dapat mengidentifikasi asam askorbat di berbagai pH. Puncak oksidasi dari asam askorbat yang teridentifikasi masih tumpang tindih dengan puncak oksidasi analit lain. Hal ini menandakan bahwa elektroda emas/PANI/ekstrak daun dandang gendis yang difabrikasi

menggunakan metode dalam penelitian ini belum optimum untuk dijadikan sensor asam askorbat.



Gambar 4.9 Uji Elektroda emas, elektroda emas/PANI, dan elektroda emas/PANI/ekstrak daun dandang gendis pada pH 10

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

Kesimpulan dari penelitian ini adalah sensor asam askorbat telah berhasil dibuat secara elektrokimia dengan teknik voltametri siklik. Elektroda emas/PPy/ekstrak daun dandang gendis dibuat secara voltametri siklik dengan potensial  $-1,2\text{ V} - +1,2\text{ V}$  dan laju sapuan  $50\text{ mV/s}$ , sedangkan elektroda emas/PANI/ekstrak daun dandang gendis menggunakan potensial  $-0,4\text{ V} - +0,8\text{ V}$  dan laju sapuan  $50\text{ mV/s}$ . Hasil perbandingan kedua elektroda menunjukkan bahwa elektroda emas/PPy/ekstrak daun dandang gendis memiliki selektivitas yang lebih baik sebagai sensor asam askorbat jika dibandingkan dengan sensor elektroda emas/PANI/ekstrak daun.

#### **5.2 Saran**

Penelitian lebih lanjut mengenai kinerja elektroda emas/PPy/ekstrak daun dandang gendis sebagai sensor asam askorbat perlu dilakukan, baik dari segi sensitivitas, linearitas, batas deteksi, batas kuantifikasi, repeatabilitas, maupun reproduktivitas sensor. Pengukuran langsung sensor dalam sampel darah dan urin manusia, maupun dalam sampel makanan dan minuman juga perlu dilakukan untuk menguji kinerja elektroda dalam pengaplikasiannya.

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## DAFTAR PUSTAKA

- Abduljabar, M.K., Kasim, K.F., Ma'Radzi, A.H., dan Seng, N.S.S.S., 2019, "Recent Advances in Extraction of *Clinacanthus Nutans*: A Review", *J. Phys.: Conf. Ser.*, **1424**, 012001.
- Alam, A., Ferdosh, S., Ghafoor, K., Hakim, A., Juraimi, A.S., Khatib, A., dan Sarker, Z.I., 2016, "*Clinacanthus nutans*: A Review of the Medicinal Uses, Pharmacology and Phytochemistry", *Asian Pacific Journal of Tropical Medicine*, **9**, 402-409.
- Awuzie, C.I., 2016, "Conducting Polymers", *Materials Today: Proceedings*, **4**, 5721-5726.
- Baskara, R.A., 2015, "Deteksi Gelatin Babi Menggunakan Sensor Emas Termodifikasi Nanopartikel Ni(OH)<sub>2</sub> Anhidrat pada Quartz Crystal Microbalance", Tugas Akhir, Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Bagheri, H., Ayazi, Z., dan Naderi, M., 2013, "Conductive Polymer-based Microextraction Methods: A Review", *Analytica Chimica Acta*, **767**, 1-13.
- Bhajantri, N.K., Arumugam, V.K., Chokkareddy, R., dan Redhi, G.G., 2016, "Ionic Liquid based High Performance Electrochemical Sensor for Ascorbic Acid in Various Foods and Pharmaceuticals", *Journal of Molecular Liquids*, **222**, 370-376.
- Bhandari, S., 2018, "Polyaniline Blends, Composites, and Nanocomposites Chapter 2 - Polyaniline: Structure and Properties Relationship", Amsterdam: Elsevier.
- Buchari, Noviandri, I., dan Gandasasmita, S., 2004, "Study of Polymerization Processes of Pyrrole by Cyclic

- Voltammetric Technique”, *Indonesian Journal of Chemistry*, **4**(2), 117-124.
- Dhara, K., dan Debiprosad, R.M., 2019, “Review on Nanomaterials-Enabled Electrochemical Sensors for Ascorbic Acid Detection”, *Analytical Biochemistry*, **586**(113415).
- Ensafi, A.A., 2019, “Electrochemical Biosensors”, Amsterdam: Elsevier.
- Fitriyana, 2014, Modifikasi Elektroda Kerja Emas dengan Polianilin-Enzim Invertase-Partikel Nano Emas sebagai Biosensor Sukrosa, Tesis, Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- García, J.I., Dobado, J.A., Calvo-Flores, F.G., Martínez-Gracia, H., 2016, “Experimental Organic Chemistry: Laboratory Manual”, London: Academic Press.
- Gillman, R.C., 2000, “Distillation: Laboratory Scale Distillation”, Michigan: Riverside Organics Inc.
- Hutapea, T.P.H., 2015, “Elektroda Perak Termodifikasi Silika Gel/Ekstrak Daging Buah Maja (*Aegle marmelos*) untuk Deteksi Glukosa”, Tesis, Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Hutapea, T.P.H., Triana, Y., dan Kurniawan, F., 2014, “Pengaruh Variasi pH Elektropolimerisasi Anilin terhadap Konduktivitas Polianilin”, Prosiding Seminar Nasional Kimia, Kalimantan Timur: Himpunan Kimia Indonesia.
- Indriani, L., 2017, “Uji Stabilitas Vitamin C pada Sediaan Minuman Soda Bervitamin dengan Metode Kromatografi Cair Kinerja Tinggi (KCKT)”, Skripsi, Malang: Universitas Muhammadiyah Malang.



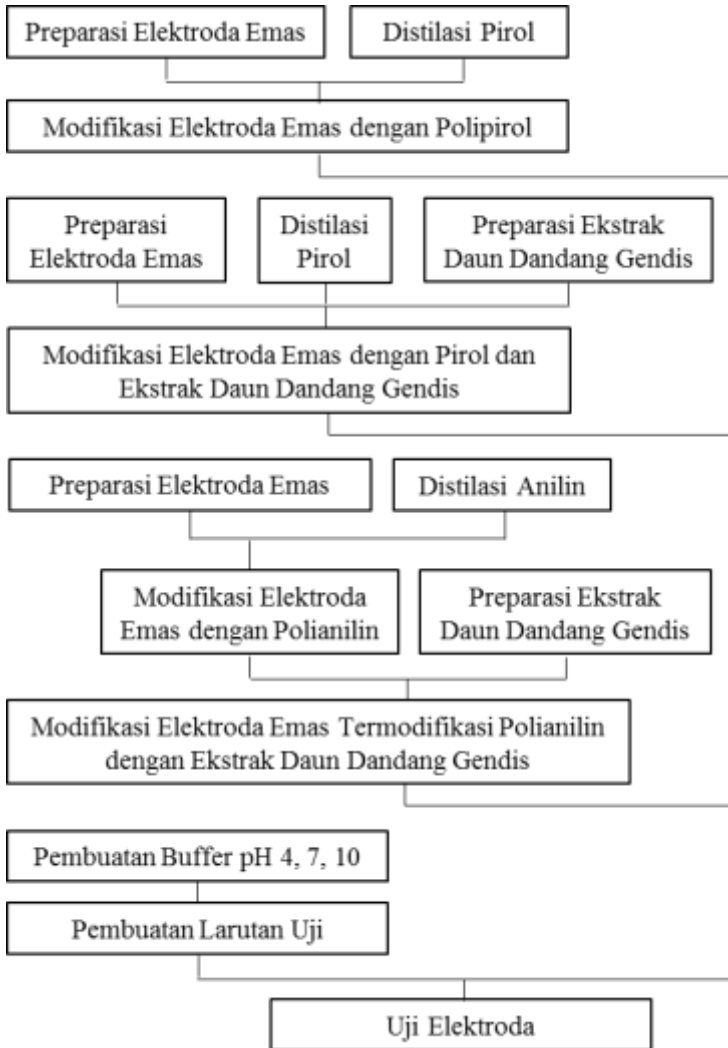
- Iqbal, K., Khan, A., dan Khattak, M.M.A.K., 2004, “Biological Significance of Ascorbic Acid (Vitamin C) in Human Health – A Review”, *Pakistan Journal of Nutrition*, **3**(1), 5-13.
- Kong, Y., Shan, X., Ma, J., Chen, M., dan Chen, Z., 2014, “A Novel Voltammetric Sensor for Ascorbic Acid based on Molecularly Imprinted Poly(*o*-phenylenediamine-*co*-*o*-aminophenol)”, *Analytica Chimica Acta*, **809**, 54-60.
- Kuwabara, T., dan Kurzwell, P., 2009, “Encyclopedia of Electrochemical Power Sources: Fuel Cells – Phosphoric Acid Fuel Cells | Anodes” Amsterdam: Elsevier.
- Luo, Z., Murray, B.S., Ross, A.L., Povey, M.J.W., Morgan, M.R.A., dan Day, A.J., 2012, “Effects of pH on the Ability of Flavonoids to Act as Pickering Emulsion Stabilizers”, *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, **92**, 84-90.
- Murniati, A., Buchari, Gandasasmita, S., dan Nurachman, Z, 2012, “Sintesis dan Karakterisasi Polipirol pada Elektroda Kerja Kasa Baja dengan Metode Voltametri Siklik”, *Jurnal Sains Materi Indonesia*, **13**(3), 210-215.
- Ng, M.X., Tham, T.C., Gan, S.H., Chua, L.S., Aziz, R., baba, M.R., Abdullah, L.C., Chin, N.L., Ong, P., dan Law, C.L., 2017, “*Clinacanthus nutans* Lindau: Effects of Drying Methods on the Bioactive Compounds, Colour Characteristics and Water Activity”, *Drying Technology*, **36** (2). 146-159.
- Pakapongpan, S., Mensing, J.P., Phokharatkul, D., Lomas, T., dan Tuantranont, A., 2014, “Highly Selective Electrochemical Sensor for Ascorbic Acid based on A Novel Hybrid Graphene-Copper Phthalocyanine-

- Polyaniline Nanocomposites”, *Electrochimica Acta*, **133**, 294-301.
- Pardakhty, A., Ahmadzadeh, S., Avazpour, S., dan Gupta, V.K., “Highly Sensitive and Efficient Voltammetric Determination of Ascorbic Acid in Food and Pharmaceutical Samples from Aqueous Solutions Based on Nanostructure Carbon Paste Electrode as A Sensor”, *Journal of Molecular Liquids*, **216**, 387-391.
- Pringle, J.M., Efthimiadis, J., Howlett, P.C., Efthimiadis, J., MacFarlane, D.R., Chaplin, A.B., Hall, S.B., Officer, D.L., Wallace, G.G., dan Forsyth, M., 2004, “Electrochemical Synthesis of Polypyrrole in Ionic Liquids”, *Polymer*, **45**, 1447-1453.
- Purbasari, D.A., 2012, “Pengembangan Sensor Voltammetrik Asam Urat melalui Modifikasi Elektroda Emas dengan *Molecularly Imprinted Polianilin*”, Skripsi, Surabaya: Universitas Airlangga.
- Rahayu, A.M. dan Kurniawan, F., 2012, “Modifikasi Elektroda Emas dengan Polipirol/Emas Nanopartikel untuk Penentuan Kromium”, Tugas Akhir, Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Shao, L., Wang, X., Yang, B., Wang, Q., Tian, Q., Ji, Z., dan Zhang, J., 2017, “A Highly Sensitive Ascorbic Acid Sensor Based on Hierarchical Polyaniline Coated Halloysite Nanotubes Prepared by Electrophoretic Deposition”, *Electrochimica Acta*. **255**, 286-297.
- Sudhakar, P., dan Gobi, N., 2008, “*Military Textiles: Camouflage Fabrics for Military Protective Clothing*”, Florida: Woodhead Publishing Limited.
- Vongsak, B., Sithisarn, P., Mangmool, S., Thongpraditchote, S., Wongkrajang, Y., dan Gritsanapan, W., 2013,

- “Maximizing Total Phenolics, Total Flavonoids Contents and Antioxidant Activity of Moringa Oleifera Leaf Extract by The Appropriate Extraction Method”. *Industrial Crops and Products*, **44**, 566–571.
- Weng, Y.C., Lee, Y.G., Hsiao, Y.L., dan Lin, C.Y., 2011, “A Highly Sensitive Ascorbic Acid Sensor Using A Ni-PT Electrode”, *Electrochimica Acta*, **56**. 9937-9945.
- Yi, N., dan Abidian, M.R., 2016, “Conducting Polymers and Their Biomedical Applications”, Philadelphia: Pennsylvania State University.
- Zakaria, K.N., Amid, A., dan Jamal, P., 2017, “A Review of Anticancer, Antitumor, and Antioxidant of *Clinacanthus nutans*”, *AsPac J. Mol. Biol. Biotechnol.*, **25**(1), 61-68.
- Zhang, L., dan Jiang, X., 2005, “Attachment of Gold Nanoparticles to Glassy Carbon Electrode and Its Application for the Voltammetric Resolution of Ascorbic Acid and Dopamine”, *J. Electroanal. Chem.*, **583**, 292-299.

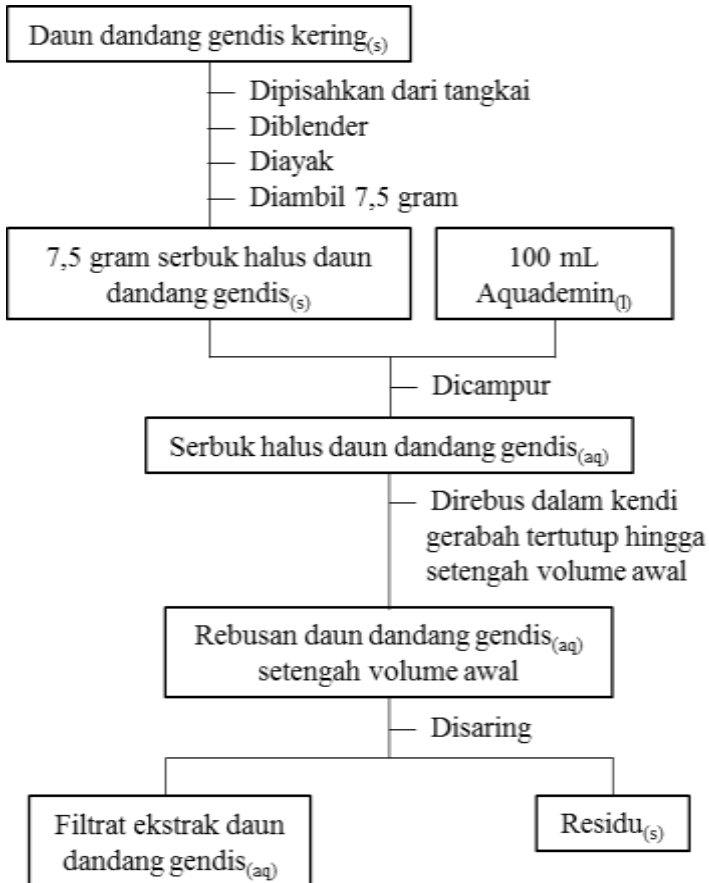
*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## LAMPIRAN A SKEMA KERJA

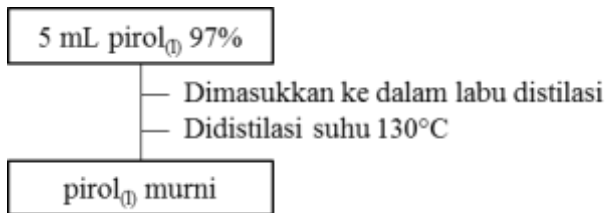


## PROSEDUR KERJA

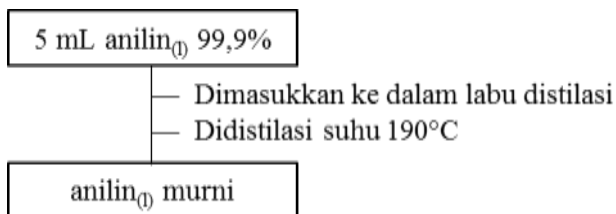
### A.1 Preparasi Ekstrak Daun Dandang Gendis (*Clinacanthus nutans*)



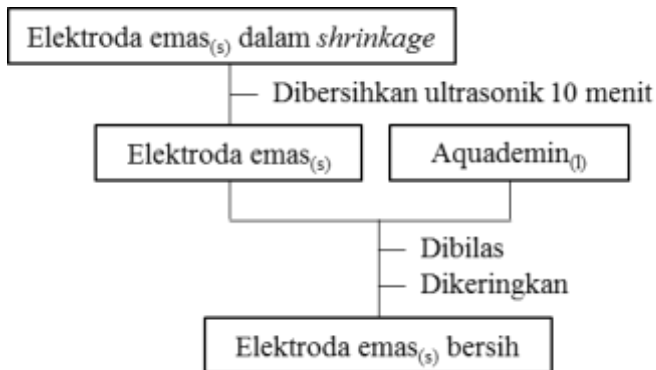
## A.2 Distilasi Pirol



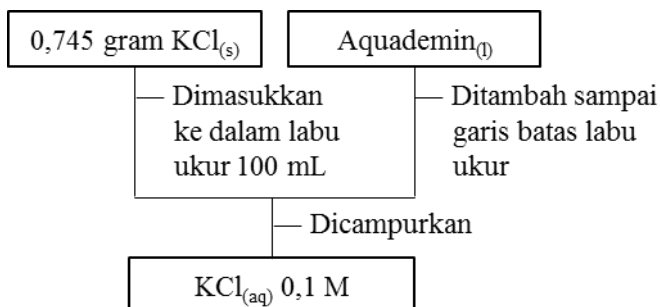
## A.3 Distilasi Anilin



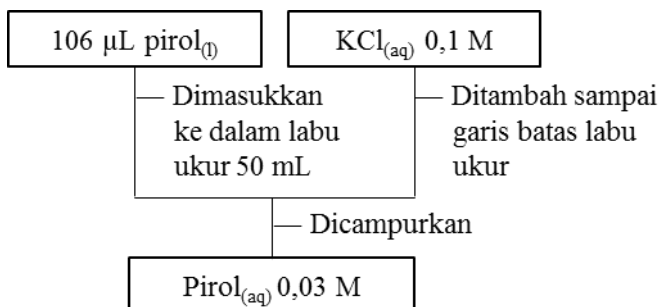
## A.4 Preparasi Elektroda Emas



### A.5 Pembuatan 100 mL KCl 0,1 M

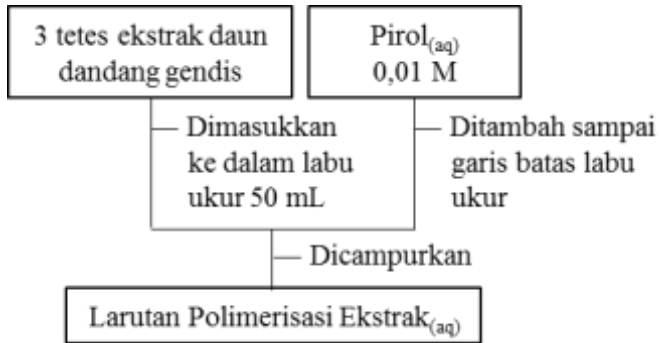


### A.6 Pembuatan 50 mL Pirol 0,03 M dalam KCl 0,1 M

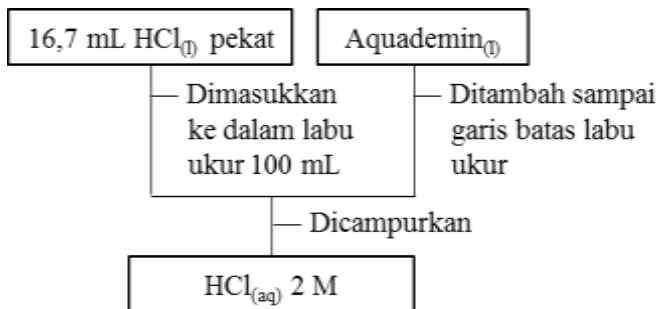




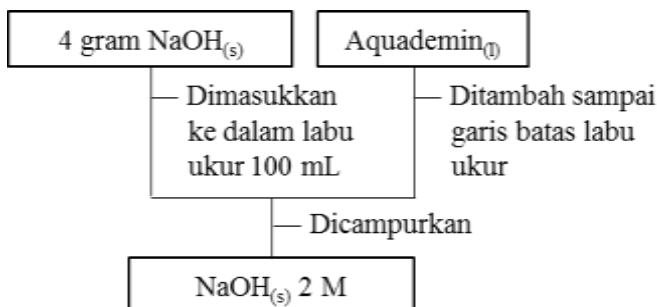
**A.7 Pembuatan Larutan Polimerisasi Ekstrak: 50 mL Larutan Ekstrak Daun Dandang Gendis dalam Pirol 0,03 M**



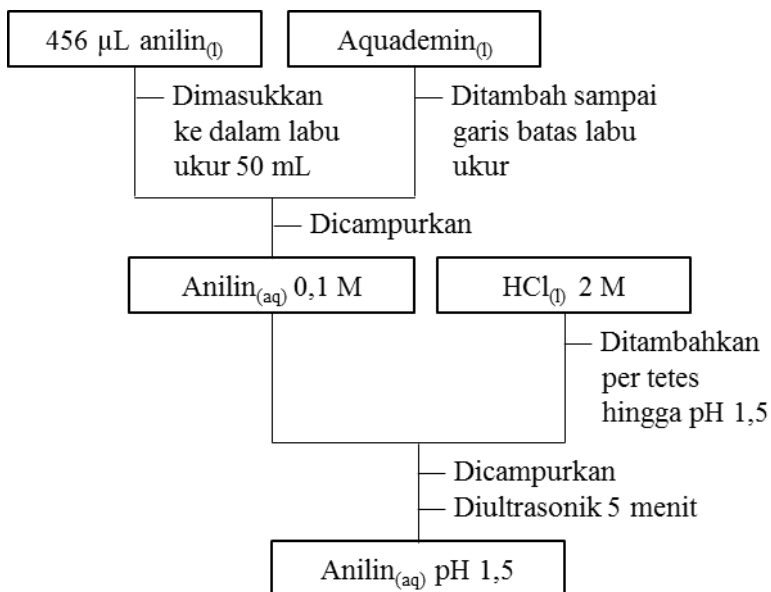
**A.8 Pembuatan 100 mL HCl 2 M**



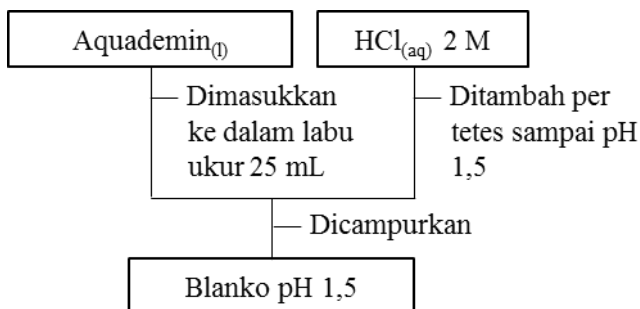
### A.9 Pembuatan 100 mL NaOH 1 M



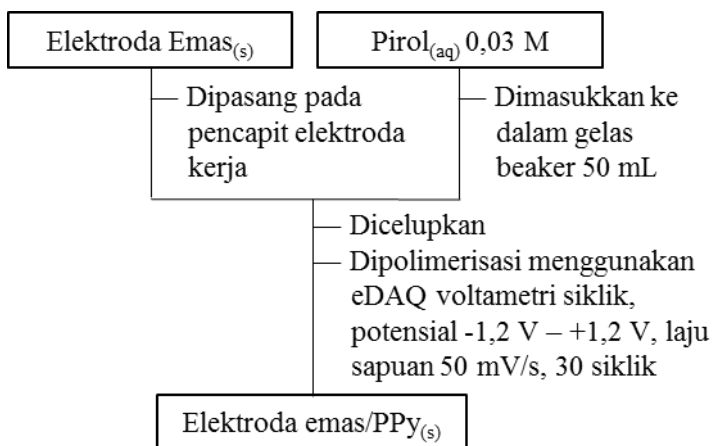
### A.10 Pembuatan 50 mL Anilin 0,1 M pH 1,5



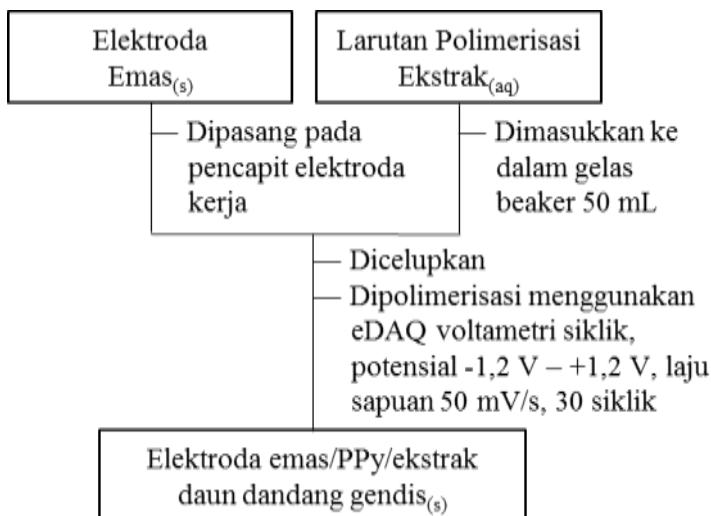
### A.11 Pembuatan 25 mL Blanko Polimerisasi Anilin pH 1,5



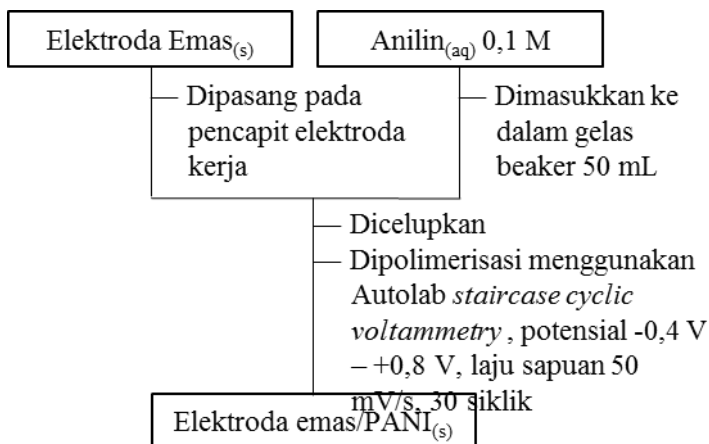
### A.12 Modifikasi Elektroda Emas/PPy



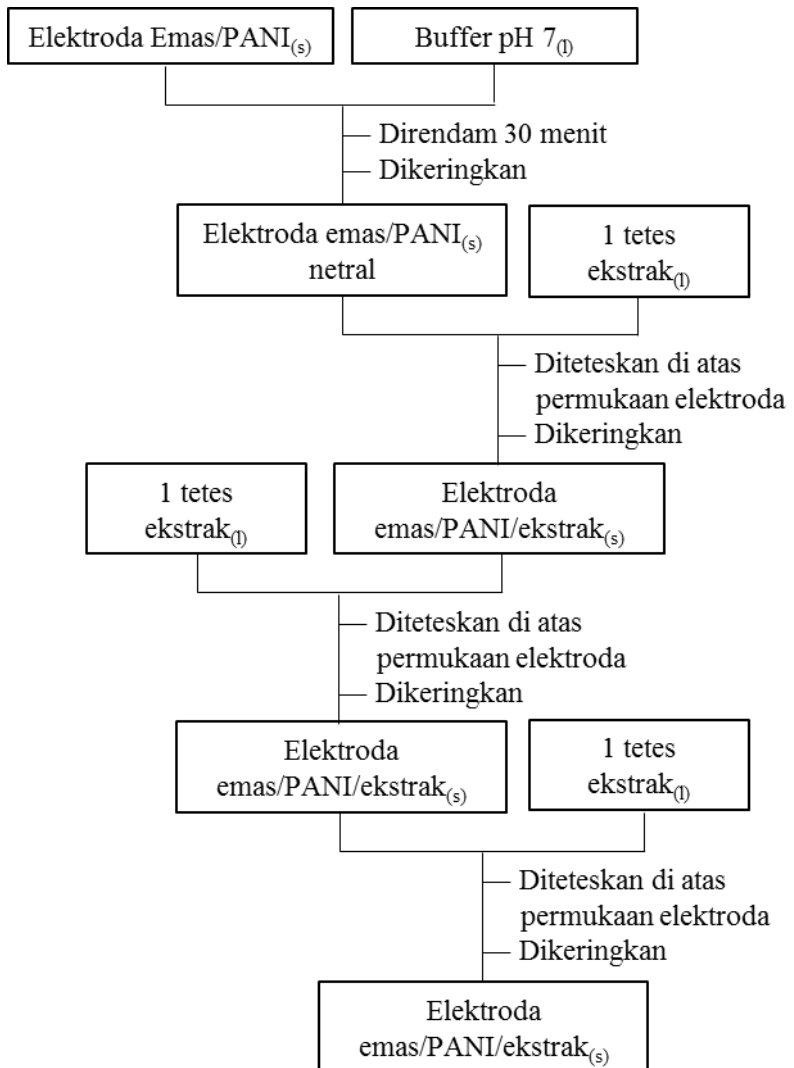
### A.13 Modifikasi Elektroda Emas/PPy/Ekstrak Daun Dandang Gendis



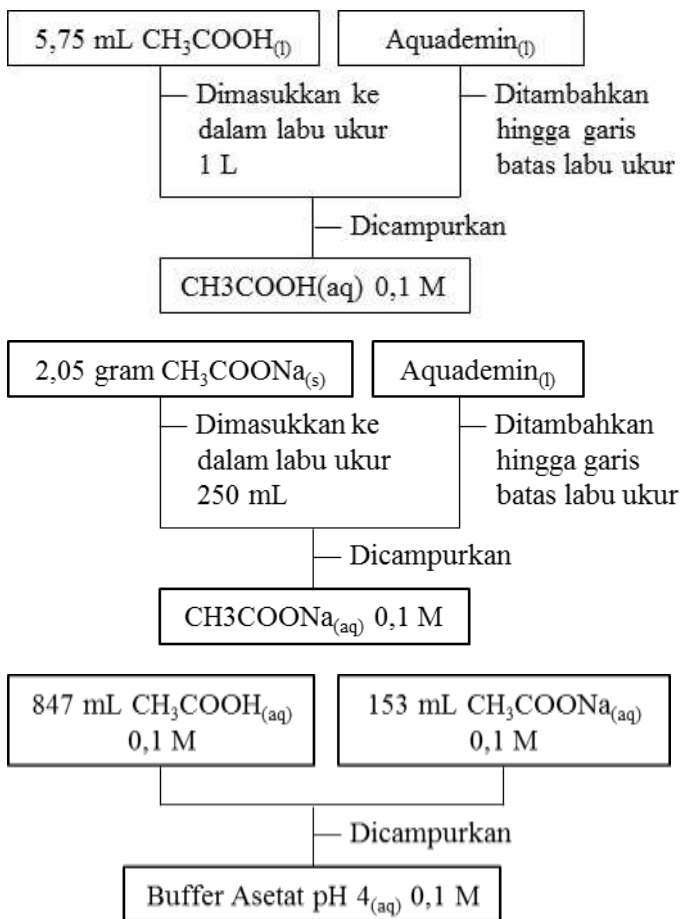
### A.14 Modifikasi Elektroda Emas/PANI



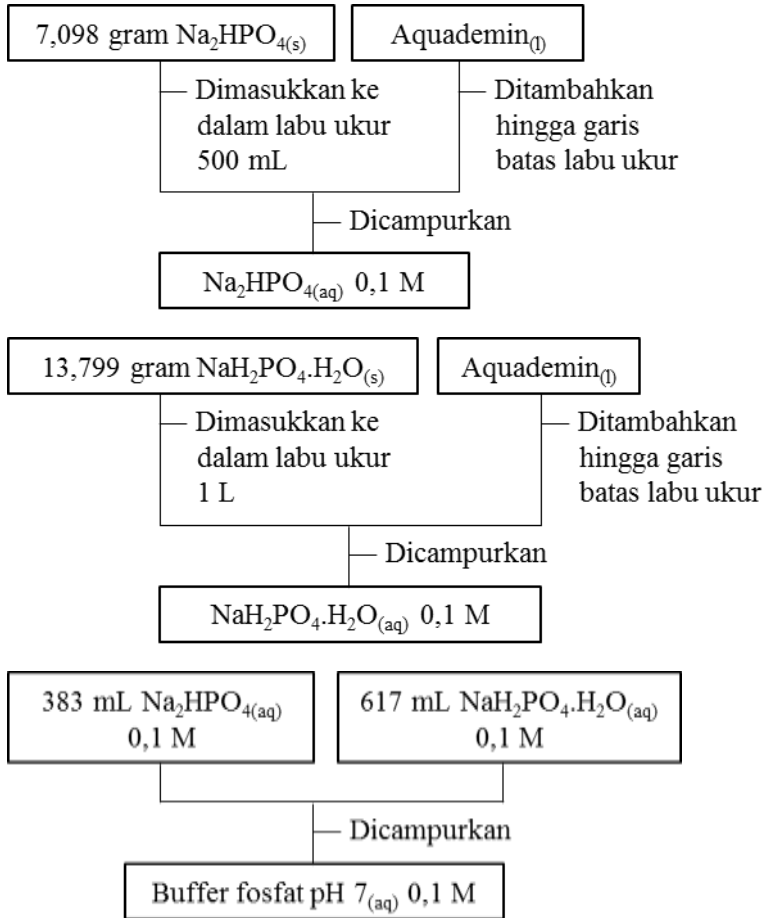
### A.15 Modifikasi Elektroda Emas/PANI/Ekstrak Daun Dandang Gendis



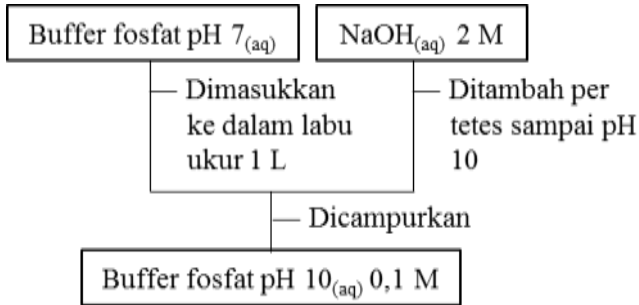
### A.16 Pembuatan 1 L Buffer Asetat pH 4,0,1 M



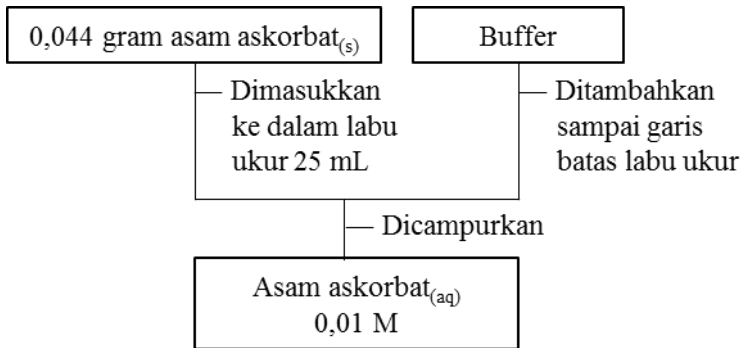
### A.17 Pembuatan 1 L Buffer Fosfat pH 7 0,1 M



### A.18 Pembuatan 1 L Buffer Fosfat pH 10 0,1 M

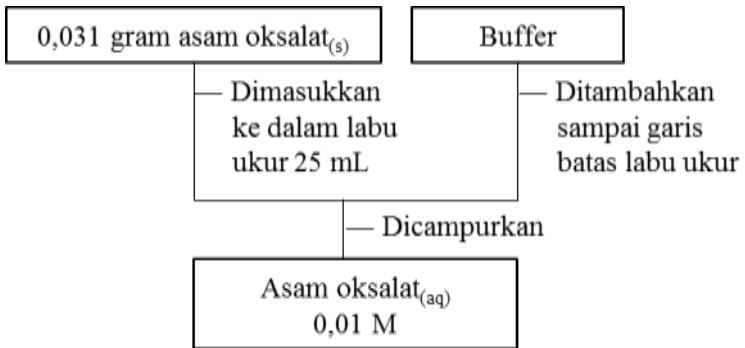


### A.19 Pembuatan 25 mL Asam Askorbat 0,1 M

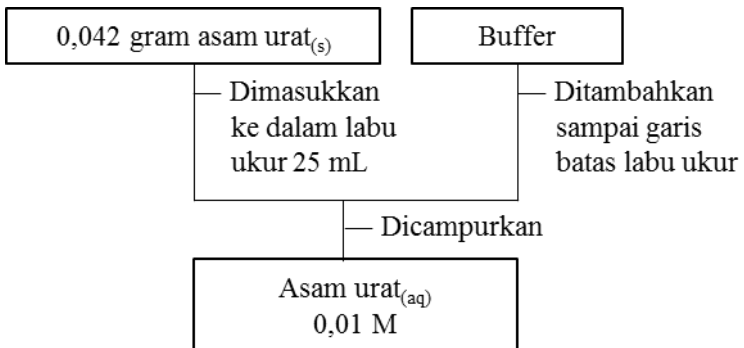




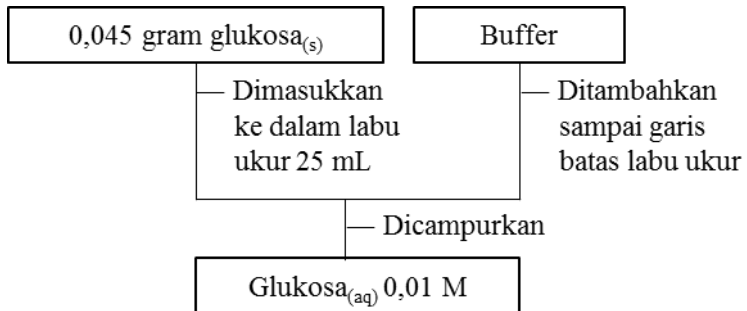
### A.20 Pembuatan 25 mL Asam Oksalat 0,1 M



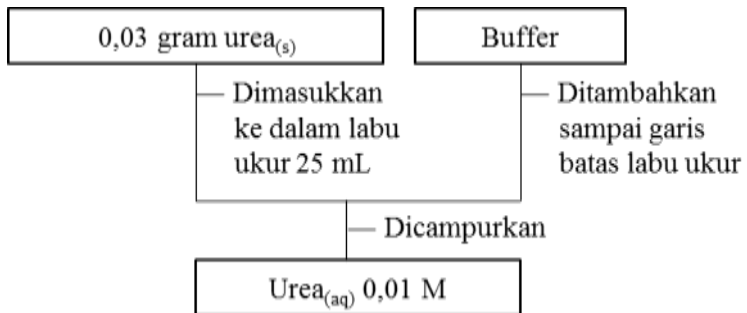
### A.21 Pembuatan 25 mL Asam Urat 0,1 M



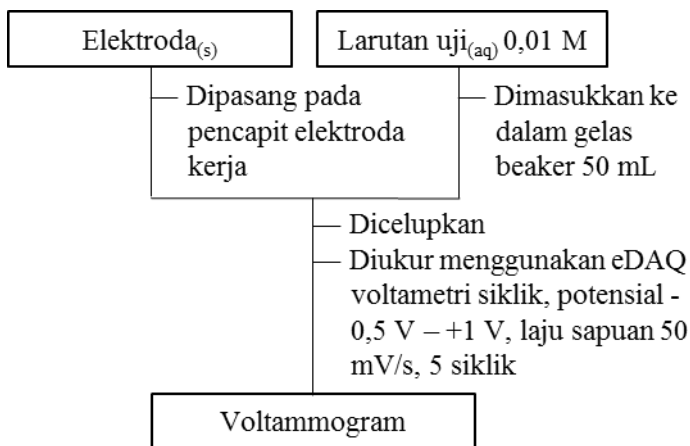
### A.22 Pembuatan 25 mL Glukosa 0,1 M



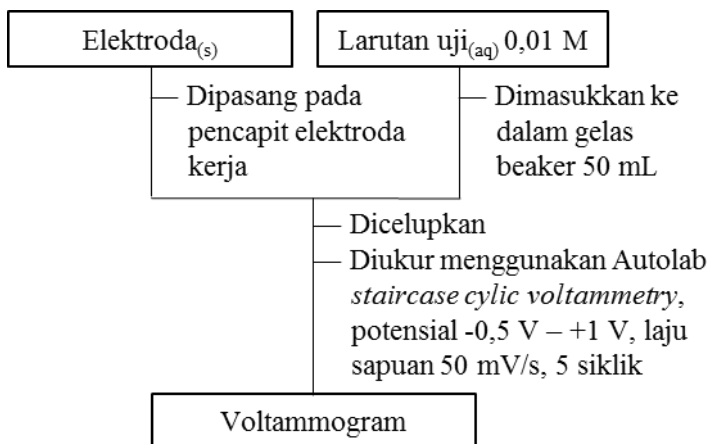
### A.23 Pembuatan 25 mL Urea 0,1 M



#### A.24 Uji Elektroda Emas, Emas/PPy, Emas/PPy/Ekstrak Daun Dandang Gendis



#### A.25 Uji Elektroda Emas, Emas/PANI, Emas/PANI/Ekstrak Daun Dandang Gendis



## LAMPIRAN B PERHITUNGAN

### B.1 Pembuatan 100 mL KCl 0,1 M dalam Aquademin

$$M = \frac{m \times 1000}{Mr \times V}$$
$$0,1 \text{ M} = \frac{m \times 1000}{74,55 \text{ g/mol} \times 100 \text{ mL}}$$
$$M = 0,745 \text{ gram}$$

### B.2 Pembuatan 50 mL Pirol 0,03 M dalam KCl 0,1 M

$$M = \frac{\% \times \rho \times 10}{Mr}$$
$$M = \frac{98 \times 0,967 \text{ g/L} \times 10}{67,09 \text{ g/mol}}$$
$$M = 14,125 \text{ M}$$

$$V_1 \times M_1 = V_2 \times M_2$$
$$V_1 \times 14,125 \text{ M} = 50 \text{ mL} \times 0,03 \text{ M}$$
$$V_1 = 0,106 \text{ mL}$$
$$V_1 = 106 \mu\text{L}$$

### B.3 Pembuatan 50 mL Anilin 0,1 M pH 1,5

$$M = \frac{m \times 1000}{Mr \times V}$$
$$m = \frac{1000}{Mr \times V \times M}$$
$$m = \frac{1000}{93,13 \text{ g/mol} \times 50 \text{ mL} \times 0,1 \text{ M}}$$
$$M = 0,466 \text{ gram}$$

$$V = \frac{m}{\rho}$$

$$V = \frac{0,466 \text{ gram}}{1,022 \text{ g/mL}}$$

$$V = 0,456 \text{ mL}$$

$$V = 456 \mu\text{L}$$

#### B.4 Pembuatan 1 L Buffer Asetat pH 4 0,1 M

$$\text{pH} = 4$$

$$\text{Log} [\text{H}^+] = 4$$

$$[\text{H}^+] = 10^{-4} \text{ M}$$

$$M_{\text{CH}_3\text{COOH}} = M_{\text{CH}_3\text{COONa}} = 0,1 \text{ M}$$

$$[\text{H}^+] = K_a \times \frac{[\text{CH}_3\text{COOH}]}{[\text{CH}_3\text{COONa}]}$$

$$[\text{H}^+] = K_a \times \frac{\text{mol CH}_3\text{COOH}}{\text{mol CH}_3\text{COONa}}$$

$$10^{-4} \text{ M} = 1,8 \cdot 10^{-5} \times \frac{V_{\text{CH}_3\text{COOH}} \times M_{\text{CH}_3\text{COOH}}}{V_{\text{CH}_3\text{COONa}} \times M_{\text{CH}_3\text{COONa}}}$$

$$\frac{10^{-4} \text{ M}}{1,8 \cdot 10^{-5}} = \frac{V_{\text{CH}_3\text{COOH}} \times M_{\text{CH}_3\text{COOH}}}{V_{\text{CH}_3\text{COONa}} \times M_{\text{CH}_3\text{COONa}}}$$

$$V_{\text{CH}_3\text{COOH}} = 5,555 V_{\text{CH}_3\text{COONa}}$$

$$\begin{aligned}
V_1 \times M_1 &= V_2 \times M_2 \\
(5,555 V_{\text{CH}_3\text{COONa}} + V_{\text{CH}_3\text{COONa}}) 0,1 \text{ M} &= 1 \text{ L} \times 0,1 \text{ M} \\
6,555 V_{\text{CH}_3\text{COONa}} &= 1 \text{ L} \\
V_{\text{CH}_3\text{COONa}} &= \frac{1 \text{ L}}{6,555} \\
V_{\text{CH}_3\text{COONa}} &= 0,152555 \text{ L} \\
V_{\text{CH}_3\text{COONa}} &= 152,555 \text{ mL} \\
V_{\text{CH}_3\text{COONa}} &\approx 153 \text{ mL}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
V_{\text{CH}_3\text{COOH}} &= 5,555 V_{\text{CH}_3\text{COONa}} \\
V_{\text{CH}_3\text{COOH}} &= 5,555 \times 153 \text{ mL} \\
V_{\text{CH}_3\text{COOH}} &= 847,444 \text{ mL} \\
V_{\text{CH}_3\text{COOH}} &\approx 847 \text{ mL}
\end{aligned}$$

a. Pembuatan 1 L  $\text{CH}_3\text{COOH}$  0,1 M

Konsentrasi larutan di lab:

$$\begin{aligned}
M &= \frac{\% \times \rho \times 10}{M_r} \\
M &= \frac{100 \times 1,045 \text{ g/L} \times 10}{60,052 \text{ g/mol}} \\
M &= 17,395 \text{ M}
\end{aligned}$$

Volume yang dibutuhkan:

$$\begin{aligned}
V_1 \times M_1 &= V_2 \times M_2 \\
V_1 \times 17,394 \text{ M} &= 1000 \text{ mL} \times 0,1 \text{ M} \\
V_1 &= 5,75 \text{ mL}
\end{aligned}$$

b. Pembuatan 1 L  $\text{CH}_3\text{COONa}$  0,1 M

$$M = \frac{m \times 1000}{M_r \times V}$$

$$m = \frac{M \times M_r \times V}{1000}$$

$$m = \frac{0,1 \text{ M} \times 82,03 \text{ g/mol} \times 250 \text{ mL}}{1000}$$

$$m = 2,051 \text{ gram}$$

### B.5 Pembuatan 1 L Buffer Fosfat pH 7,0,1 M

$$\text{pH} = 7$$

$$\text{Log} [\text{H}^+] = 7$$

$$[\text{H}^+] = 10^{-7} \text{ M}$$

$$M_{\text{NaH}_2\text{PO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}} = M_{\text{Na}_2\text{HPO}_4} = 0,1 \text{ M}$$

$$[\text{H}^+] = K_a \times \frac{[\text{NaH}_2\text{PO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}]}{[\text{Na}_2\text{HPO}_4]}$$

$$[\text{H}^+] = K_a \times \frac{\text{mol NaH}_2\text{PO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}}{\text{mol Na}_2\text{HPO}_4}$$

$$10^{-7} \text{ M} = 6,2 \cdot 10^{-8} \times \frac{V_{\text{NaH}_2\text{PO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}} \times M_{\text{NaH}_2\text{PO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}}}{V_{\text{NaH}_2\text{PO}_4} \times M_{\text{NaH}_2\text{PO}_4}}$$

$$\frac{10^{-7} \text{ M}}{6,2 \cdot 10^{-8}} = \frac{V_{\text{NaH}_2\text{PO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}} \times M_{\text{NaH}_2\text{PO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}}}{V_{\text{NaH}_2\text{PO}_4} \times M_{\text{NaH}_2\text{PO}_4}}$$

$$V_{\text{NaH}_2\text{PO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}} = 1,613 M_{\text{Na}_2\text{HPO}_4}$$

$$V_1 \times M_1 = V_2 \times M_2$$

$$\begin{aligned}
 (1,613 V_{\text{Na}_2\text{HPO}_4} + V_{\text{Na}_2\text{HPO}_4}) 0,1 \text{ M} &= 1 \text{ L} \times 0,1 \text{ M} \\
 2,163 V_{\text{Na}_2\text{HPO}_4} &= 1 \text{ L} \\
 V_{\text{Na}_2\text{HPO}_4} &= \frac{1 \text{ L}}{2,163} \\
 V_{\text{Na}_2\text{HPO}_4} &= 0,382716 \text{ L} \\
 V_{\text{Na}_2\text{HPO}_4} &= 382,716 \text{ mL} \\
 V_{\text{Na}_2\text{HPO}_4} &\approx 383 \text{ mL}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_{\text{NaH}_2\text{PO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}} &= 1,613 V_{\text{Na}_2\text{HPO}_4} \\
 V_{\text{NaH}_2\text{PO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}} &= 1,613 \times 383 \text{ mL} \\
 V_{\text{NaH}_2\text{PO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}} &= 617,283 \text{ mL} \\
 V_{\text{NaH}_2\text{PO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}} &\approx 617 \text{ mL}
 \end{aligned}$$

### B.6 Pembuatan 100 mL NaOH 1 M

$$\begin{aligned}
 M &= \frac{m \times 1000}{M_r \times V} \\
 m &= \frac{M \times M_r \times V}{1000} \\
 m &= \frac{0,1 \text{ M} \times 40 \text{ g/mol} \times 100 \text{ mL}}{1000} \\
 m &= 4 \text{ gram}
 \end{aligned}$$



**B.7 Pembuatan 25 mL Asam Askorbat 0,01 M**

$$\begin{aligned}M &= \frac{m \times 1000}{M_r \times V} \\m &= \frac{M \times M_r \times V}{1000} \\m &= \frac{0,01 \text{ M} \times 176,12 \text{ g/mol} \times 25 \text{ mL}}{1000} \\m &= 0,044 \text{ gram}\end{aligned}$$

**B.8 Pembuatan 25 mL Asam Oksalat Dihidrat 0,01 M**

$$\begin{aligned}M &= \frac{m \times 1000}{M_r \times V} \\m &= \frac{M \times M_r \times V}{1000} \\m &= \frac{0,01 \text{ M} \times 126,07 \text{ g/mol} \times 25 \text{ mL}}{1000} \\m &= 0,031 \text{ gram}\end{aligned}$$

**B.9 Pembuatan 25 mL Asam Urat 0,01 M**

$$\begin{aligned}M &= \frac{m \times 1000}{M_r \times V} \\m &= \frac{M \times M_r \times V}{1000} \\m &= \frac{0,01 \text{ M} \times 168,11 \text{ g/mol} \times 25 \text{ mL}}{1000} \\m &= 0,042 \text{ gram}\end{aligned}$$

**B.10 Pembuatan 25 mL Glukosa 0,01 M**

$$\begin{aligned}M &= \frac{m \times 1000}{M_r \times V} \\m &= \frac{M \times M_r \times V}{1000} \\m &= \frac{0,01 \text{ M} \times 180,16 \text{ g/mol} \times 25 \text{ mL}}{1000} \\m &= 0,045 \text{ gram}\end{aligned}$$

**B.11 Pembuatan 25 mL Urea 0,01 M**

$$\begin{aligned}M &= \frac{m \times 1000}{M_r \times V} \\m &= \frac{M \times M_r \times V}{1000} \\m &= \frac{0,01 \text{ M} \times 60,06 \text{ g/mol} \times 25 \text{ mL}}{1000} \\m &= 0,03 \text{ gram}\end{aligned}$$

## BIODATA PENULIS



Penulis bernama Azifa Dyah Addina. Anak pertama dari pasangan Bapak Drs. Abdul Halim dan Ibu Dra. Masfia Ulfah ini, lahir di kota Surabaya, 9 Juni 1997.

Penulis memulai pendidikan formal di TK Al-Hikmah Surabaya tahun 2001. Pendidikan penulis kemudian dilanjutkan di SD Al-Hikmah Surabaya tahun 2003, SMP Al-Hikmah Surabaya tahun 2009, dan SMA Al-Izzah Batu tahun 2012. Penulis terakhir melanjutkan pendidikan S1 tahun 2015 di Departemen Kimia, Fakultas Sains dan Analitika Data, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Penulis aktif selama perkuliahan dalam berbagai kegiatan. Penulis merupakan anggota KOPMA dr. Angka ITS tahun 2015-2019, pengurus CIS tahun 2017-2019, dan pengurus JMMI TPKE ITS tahun 2016-2019. Pelatihan yang diikuti penulis diantaranya AAS, ISO 9001:2015, dan SJH.

Pengembangan keilmuan penulis salah satunya adalah kerja praktek di PT. Petrokimia Gresik. Penulis juga terlibat dalam proyek “Halal Care ITS” dibawah PKH LPPM ITS tahun 2019. Pada tahun 2020, penulis menutup kuliah S1 dengan skripsi berjudul “Perbandingan Kinerja Elektroda Emas Termodifikasi Polipirol/Ekstrak Daun Dandang Gendis (*Clinacanthus nutans*) dan Polianilin/ Ekstrak Daun Dandang Gendis sebagai Sensor Asam Askorbat”.

Kritik dan saran untuk penulis dapat menghubungi nomor HP/WhatsApp: 082139292770 atau melalui email: azifaaddina@gmail.com.