



SKRIPSI

**DETEKSI GELATIN BABI MENGGUNAKAN
SENSOR EMAS TERMODIFIKASI NiO
NANOPARTIKEL PADA *QUARTZ CRYSTAL
MICROBALANCE***

ARI NUGROHO
NRP 1410 100 027

Pembimbing
Dr. rer. nat. Fredy Kurniawan, M.Si

JURUSAN KIMIA
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2015



SCRIPT

**PORCINE GELATINE DETECTION USING
GOLD SENSING MODIFIED WITH NiO
NANOPARTICLES BY *QUARTZ CRYSTAL
MICROBALANCE***

ARI NUGROHO
NRP 1410 100 027

Supervisor
Dr. rer. nat. Fredy Kurniawan, M.Si.

DEPARTMENT OF CHEMISTRY
Faculty of Mathematics and Natural Sciences
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2015

LEMBAR PENGESAHAN

**DETEKSI GELATIN BABI MENGGUNAKAN
SENSOR EMAS TERMODIFIKASI NiO
NANOPARTIKEL PADA *QUARTZ CRYSTAL
MICROBALANCE***

SKRIPSI

Disusun Oleh:

ARI NUGROHO
NRP. 1410 100 027

Surabaya, 18 Juni 2015

Disetujui oleh Dosen Pembimbing,



Dr. rer. nat. Fredy Kurniawan, M.Si.
NIP. 19740428 199802 1 001



Mengetahui :
Ketua Jurusan Kimia,


Hamzah Fansuri, M.Si, Ph.D
NIP. 19691017 199412 1 001

DETEKSI GELATIN BABI MENGGUNAKAN SENSOR EMAS TERMODIFIKASI NiO NANOPARTIKEL PADA *QUARTZ CRYSTAL MICROBALANCE*

Nama : Ari Nugroho
NRP : 1410100027
Jurusan : Kimia FMIPA-ITS
DosenPembimbing : Dr. rer. nat. Fredy Kurniawan, M.Si.

Abstrak

Sensor emas terlapis NiO nanopartikel pada *probe Quartz Crystal Microbalance* (QCM) telah berhasil dibuat. NiO nanopartikel dilapiskan pada permukaan sensor emas QCM berfungsi sebagai partikel aktif. Sensor emas QCM yang telah termodifikasi NiO nanopartikel dipasang pada *crystal holder* dan dicelupkan pada larutan gelatin sapi dan larutan gelatin babi dengan konsentrasi 100, 200, 300, 400, dan 500 ppm untuk menguji perbedaan frekuensi yang teramati pada larutan gelatin sapi dan larutan gelatin babi. Sensor emas termodifikasi NiO nanopartikel ini dapat membedakan larutan gelatin sapi dan larutan gelatin babi

**PORCINE GELATINE DETECTION USING GOLD
SENSING MODIFIED WITH NiO NANOPARTICLES BY
*QUARTZ CRYSTAL MICROBALANCE***

Name : Ari Nugroho
NRP : 1410100027
Major : Department of Chemistry
Supervisor : Dr. rer. nat. Fredy Kurniawan, M.Si.

Abstract

Gold sensing modified with NiO nanoparticle Quartz Crystal Microbalance has been successfully prepared. NiO nanoparticles coated on the surface of gold sensing QCM serves as the active particles. Gold sensing QCM modified NiO nanoparticles was used to test the differences between bovine and porcine gelatine by dipping the probe and crystal holder QCM to solution of bovine gelatine and porcine gelatine with concentration 100, 200, 300, 400, and 500 ppm. Gold sensing QCM modified NiO nanoparticles can differentiate bovine gelatine solution and porcine gelatine solution.

KATA PENGANTAR

Alhamdulillahirobbil'alamin. Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT atas rahmat serta karunia-Nya sehingga dapat menyusun serta menyelesaikan Skripsi yang berjudul “**Deteksi Gelatin Babi Menggunakan Sensor Emas Termodifikasi NiO Nanopartikel pada *Quartz Crystal Microbalance***” dengan baik.

Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dan memberikan dukungan dalam penyusunan Skripsi ini. Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada:

1. Dr. rer. nat. Fredy Kurniawan, M.Si selaku dosen pembimbing serta kepala Laboratorium Instrumentasi dan Sains Analitik atas semua bimbingan, masukan, arahan, dan nasehat yang berharga selama proses penyusunan Skripsi ini.
2. Hamzah Fansuri, M.Si, Ph.D. selaku Ketua Jurusan Kimia atas fasilitas yang telah diberikan hingga naskah Skripsi ini dapat terselesaikan.
3. Dr. Ir. Endah Mutiara Marhaeni Putri, M.Si selaku dosen wali atas bimbingan dan saran selama kuliah S-1 di jurusan Kimia ITS.
4. Ibu, Ayah, Rike Setyowuryani, dan semua keluarga tercinta atas semangat, motivasi, dukungan dan do'anya selama ini.
5. Rekan satu tim penelitian, Rangga Aji Baskara dan Lourentia Candle atas kerjasamanya selama ini sehingga Skripsi ini terselesaikan.
6. Keluarga seperjuangan C28, dulur-dulur “alumni” @AlantePAPAT, tim Chemistry Futsal Club dan teman-teman yang tergabung dalam Laboratorium Instrumentasi dan Sains Analitik atas semua perhatian dan bantuan selama proses penyusunan Skripsi ini.

7. Dan semua pihak yang telah membantu tidak mungkin penulis sebutkan satu persatu.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa penulisan Skripsi ini tidak lepas dari kekurangan, oleh karena itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun untuk dapat meningkatkan kualitas dan perbaikan lebih lanjut. Semoga Skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi penulis dan pembaca, serta memberikan manfaat untuk perkembangan ilmu pengetahuan.

Surabaya, 20 Mei 2015

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	iv
ABSTRAK	v
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Batasan Penelitian	4
1.4 Tujuan Penelitian	4
1.5 Manfaat Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Bahan Makanan.....	5
2.2 Zat Aditif Makanan.....	5
2.2.1 Klasifikasi Zat Aditif Makanan.....	6
2.3 Gelatin.....	7
2.3.1 Gelatin Babi.....	9
2.3.2 Gelatin Sapi.....	10
2.4 Sensor.....	10
2.4.1 Klasifikasi Sensor.....	12
2.5 <i>Quartz Crystal Microbalance</i> (QCM).....	13
2.5.1 Aplikasi <i>Quartz Crystal Microbalance</i> (QCM).....	14
2.5.1.1 Deteksi Fasa Gas.....	15
2.5.1.2 Sensor Imun.....	15

2.5.1.3	Biosensor DNA.....	15
2.5.1.4	Analisis Obat-obatan.....	16
2.6	Elektrokimia.....	16
2.6.1	Reaksi Reduksi-Oksidasi (Redoks).....	16
2.6.2	Sel Elektrolisis.....	17
2.6.3	Voltametri Siklik.....	18
2.6.3.1	Elektroda.....	19
2.7	Anilin.....	20
2.8	Nikel.....	21
2.8.1	Nikel (II) Hidroksida.....	22
2.8.2	Nikel Oksida.....	23
2.9	Nanopartikel.....	24
2.9.1	Jenis-Jenis Nanopartikel.....	24
2.9.1.1	Nanokristal.....	24
2.9.1.2	Nanotube.....	25
2.9.1.3	Liposom.....	25
2.9.1.4	Nanopartikel Lipid Padat.....	26
2.9.1.5	Nanopartikel Polimerik.....	26
2.10	<i>Fourier Transform Infrared (FTIR)</i>	27

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1	Alat dan Bahan.....	29
3.1.1	Peralatan.....	29
3.1.2	Bahan.....	29
3.2	Prosedur Penelitian.....	29
3.2.1	Rancangan Alat.....	29
3.2.2	Pembuatan Blanko dan Larutan Stok Gelatin.....	30
3.2.3	Pengujian Sensor terhadap Sampel.....	30

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	31
4.1 Preparasi Material.....	31
4.1.1 Pembuatan Sensor Emas Termodifikasi NiO.....	31
4.2 Pengujian Sensor QCM pada Larutan Gelatin.....	32
4.2.1 Deteksi Larutan Gelatin dengan Sensor Emas Termodifikasi NiO.....	32
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	35
5.1 Kesimpulan.....	35
5.2 Saran.....	35
DAFTAR PUSTAKA.....	37
LAMPIRAN.....	43
BIODATA PENULIS.....	47

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Klasifikasi Tipe Kolagen	8
-----------	--------------------------	---

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Satu set Alat <i>Quartz Crystal Microbalance</i> (QCM)	13
Gambar 2.2	Kristal Kuarsa	14
Gambar 2.3	Voltamogram dari Voltametri Siklik	18
Gambar 2.4	Struktur Anilin	20
Gambar 2.5	Nikel (II) Hidroksida	22
Gambar 2.6	Mineral Nikel Oksida pada Bunsenit	23
Gambar 2.7	Nanotube (Rawat dkk., 2006)	25
Gambar 2.8	Liposom (Rawat dkk., 2006)	26
Gambar 2.9	Nanopartikel Lipid Padat (Rawat dkk., 2006)	26
Gambar 2.10	Nanopartikel Polimerik dalam Bentuk (A) Nanosfer dan (B) Nanokapsul (Rawat dkk., 2006)	27
Gambar 3.1	Rangkaian Alat yang Digunakan untuk Mendeteksi Gelatin	30
Gambar 4.1	Hasil Pengamatan Mikroskop Optik pada permukaan sensor emas tanpa perlakuan (A) dan sensor emas terlapisi NiO nanopartikel (B)	31
Gambar 4.2	Grafik Perubahan Frekuensi Larutan Gelatin Sapi (A) dan Larutan Gelatin Babi (B) menggunakan Sensor Emas Termodifikasi NiO	33

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A.	Skema Kerja	43
Lampiran B.	Perhitungan	46

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Gelatin merupakan polipeptida larut yang berasal dari kolagen, yaitu bagian utama dari kulit, tulang, dan ligamen hewan, terutama sapi dan babi. Secara fisik, gelatin berwujud padat (baik itu berbentuk butiran, serbuk, maupun lembaran), tembus cahaya, tidak berwarna dan tidak berasa. Menurut survey pada tahun 2006, sumber gelatin terbesar dunia didapat dari kulit babi, yaitu sebanyak 45,8%; sebanyak 28,4% dari kulit sapi; dari tulang mencapai 24,2%; dan 1,6% sisanya berasal dari bahan baku selain kulit dan tulang (Phillips dkk., 2009). Gelatin dapat diperoleh dari hidrolisis parsial dari kolagen, dengan penambahan asam atau basa dan disertai panas maka struktur fibrosa kolagen akan terpecah secara ireversibel dan menghasilkan gelatin.

Bidang farmasi dan industri pangan merupakan dua besar bidang yang memanfaatkan gelatin. Di bidang farmasi, gelatin banyak digunakan sebagai cangkang kapsul dan produk farmasi lainnya. Sedangkan pada industri makanan, gelatin digunakan sebagai bahan penstabil, penebal, dan pengental pada roti. Selain pada roti, gelatin juga digunakan sebagai bahan tambahan untuk permen lunak, jeli, es krim dan lainnya. Penggunaan gelatin sebagai bahan tambahan makanan memang diperbolehkan, namun pada kenyataannya di lapangan, gelatin yang beredar dan diperjualbelikan di pasaran tidak mencantumkan bahan dasar dari gelatin tersebut. Hal ini sangat disayangkan karena pada ajaran agama Islam terdapat pengharaman untuk mengkonsumsi makanan dan minuman yang mengandung babi.

Islam merupakan agama dengan jumlah penganut terbesar di dunia, begitu juga di Indonesia. Agama Islam mempunyai hukum haram untuk makanan yang mengandung babi, dan telah dijelaskan dalam terjemahan ayat dibawah ini:

“Sesungguhnya Allah hanya mengharamkan bagimu bangkai, darah, daging babi, dan binatang yang (ketika disembelih) dengan menyebut (nama) selain Allah. Tetapi barangsiapa yang terpaksa (memakannya) bukan karena menginginkannya dan tidak (pula) melampaui batas, maka tidak ada dosa baginya. Sesungguhnya Allah Maha Pengampun lagi Maha Penyayang.” (Q.S. Al-Baqarah [2] : 173)

“Diharamkan bagimu (memakan) bangkai, darah, daging babi, dan (daging hewan) yang disembelih bukan atas nama Allah, yang tercekik, yang dipukul, yang jatuh, yang ditanduk, dan yang diterkam binatang buas, kecuali yang sempat kamu sembelih... (al-Ayat)” (Q.S. Al-Maidah [5] : 3)

“Sesungguhnya Allah hanya mengharamkan atasmu (memakan) bangkai, darah, daging babi, dan (hewan) yang disembelih dengan (menyebut nama) selain Allah, tetapi barangsiapa yang terpaksa (memakannya) dengan tidak menganiaya dan tidak pula melampaui batas, maka sesungguhnya Allah Maha Pengampun lagi Maha Penyayang.” (Q.S. An-Nahl [16] : 115)

Maka dari itu, pemeluk agama Islam perlu mengetahui komponen-komponen yang terdapat pada makanan yang akan dimakan. Terdapat banyak penelitian untuk mendeteksi gelatin babi, karena tampilan gelatin secara fisik hampir sama dengan gelatin yang berbahan dasar sapi.

Pada awalnya, deteksi gelatin dilakukan dengan menggunakan metode uji protein, hal ini didasari karena gelatin merupakan protein. Uji protein yang pernah dilakukan untuk deteksi gelatin antara lain *isoelectric focusing* (Hoffman, 1985), ELISA (Chen dan Hsieh, 2000), uji peptida (Aristory dan Toldra, 2004), dan kromatografi (Chou dkk., 2007). Kekurangan dari metode ini adalah hampir semua protein terdegradasi selama proses pengolahan makanan. Selanjutnya gelatin babi dideteksi melalui DNA babi yang relatif stabil pada saat proses pengolahan

makanan dengan menggunakan metode *Polymerase Chain Reaction* (PCR) yang telah dikerjakan oleh Wolf dkk. (2001), Aida dkk. (2005), dan Demirhan dkk. (2012). Metode PCR ini juga masih mempunyai kelemahan, yaitu tidak dapat dilakukan di berbagai tempat dan membutuhkan waktu yang lama.

Pada penelitian ini penulis akan mengembangkan sensor untuk mendeteksi gelatin yang berasal dari sapi dan babi dengan mengkombinasikan sensor emas dari *Quartz Crystal Microbalance* (QCM) dengan NiO nanopartikel. Sensor *Quartz Crystal Microbalance* (QCM) ini sudah banyak dikembangkan pada beberapa dekade terakhir dikarenakan mempunyai sensitivitas yang tinggi dan dapat digunakan pada suhu ruang. NiO nanopartikel digunakan karena dalam grup penelitian di Laboratorium Instrumentasi dan Sains Analitik jurusan Kimia FMIPA ITS telah berhasil mengembangkan sintesis nanopartikel nikel dari logamnya secara elektrokimia dan telah dikembangkan sebagai sensor untuk mendeteksi insulin.

Maka dari itu, dikembangkan sensor dengan NiO nanopartikel untuk mendeteksi perbedaan gelatin sapi dan gelatin babi. Gelatin sapi dan gelatin babi mempunyai perbedaan pada komposisi asam amino penyusunnya, sehingga mempunyai berat molekul yang berbeda (Hafidz dkk, 2011). Berat molekul yang berbeda akan menghasilkan perubahan frekuensi yang terdeteksi berbeda pula.

1.2 Rumusan Masalah

Permasalahan yang timbul adalah hingga saat ini masih banyak gelatin babi yang dimanfaatkan sebagai bahan tambahan makanan, namun produsen makanan sangat jarang bahkan tidak ada yang mencantumkan sumber dari gelatin yang digunakan, sehingga dibutuhkan metode analisis untuk mengetahui perbedaan antara gelatin babi dengan gelatin sapi. Sensor emas dari *Quartz Crystal Microbalance* (QCM) tidak dapat mendeteksi perbedaan gelatin babi dengan gelatin sapi, maka dilakukan modifikasi pada sensor emas QCM dengan NiO nanopartikel.

1.3 Batasan Penelitian

Batasan dalam penelitian ini yaitu:

1. Gelatin yang digunakan terbuat dari kulit babi dan sapi.
2. Konsentrasi larutan gelatin yang diuji adalah 100 ppm, 200 ppm, 300 ppm, 400 ppm, dan 500 ppm.
3. Waktu yang digunakan untuk sekali uji adalah 600 detik.

1.4 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui apakah sensor emas dari *Quartz Crystal Microbalance* (QCM) yang terlapis NiO nanopartikel dapat digunakan untuk membedakan gelatin sapi dengan gelatin babi.

1.5 Manfaat Penelitian

Deteksi gelatin babi menggunakan sensor emas termodifikasi NiO nanopartikel ini dapat memberikan manfaat dalam hal pembuatan sensor dengan teknik *coating*. Hasil pengujian dari penelitian ini juga dapat memberikan manfaat bagi masyarakat untuk membedakan antara gelatin sapi dengan gelatin babi dengan alat *Quartz Crystal Microbalance*.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Bahan Makanan

Menurut kamus besar bahasa Indonesia, pengertian bahan makanan adalah bahan yang dapat dijadikan atau dapat diolah menjadi makanan, seperti beras, terigu, jagung, ubi, daging, susu, telur ayam, ikan dan lain-lain. Secara garis besar, bahan makanan dapat dibedakan menjadi dua berdasarkan dari sumber bahan tersebut, yaitu bahan makanan nabati dan bahan makanan hewani.

Bahan makanan nabati adalah bahan makanan yang berasal dari tumbuh-tumbuhan dan sebagian besar bahan makanan nabati ini mengandung karbohidrat, vitamin, lemak, dan protein. Sedangkan bahan makanan hewani merupakan bahan makanan yang berasal dari hewan yang kebanyakan mengandung protein dan lemak.

2.2 Zat Aditif Makanan

Seiring dengan berkembangnya zaman, industri makanan juga dituntut untuk memproduksi makanan yang sesuai dengan selera pasar. Selain memperbarui teknologi yang digunakan, juga dilakukan penambahan bahan tambahan atau yang lebih dikenal dengan sebutan zat aditif. Zat aditif makanan adalah bahan atau campuran bahan yang secara alami bukan merupakan bahan baku makanan, tetapi ditambahkan kedalam makanan untuk memperbaiki karakter makanan agar dapat meningkatkan kualitas makanan (Budiyanto, 2004).

Menurut Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No.722/MenKes/Per/IX/88 tentang bahan tambahan makanan, menjelaskan bahwa zat aditif adalah suatu bahan yang ditambahkan dan dicampurkan kedalam bahan makanan sewaktu pengolahan yang bertujuan untuk meningkatkan mutu, dan tidak semua bahan dapat ditambahkan atau dicampurkan kedalam makanan.

2.2.1 Klasifikasi Zat Aditif Makanan

Menurut Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No.722/MenKes/Per/IX/88, zat aditif yang diizinkan penggunaannya dikelompokkan sebagai berikut:

1. Antioksidan, adalah bahan yang ditambahkan untuk melindungi hasil suatu produk terhadap pengaruh proses oksidasi warna dan baunya. Contoh: Asam Askorbat dan Butil Hiroksianol (BHA).
2. Pengatur Keasaman, adalah bahan tambahan makanan yang dapat mengasamkan, menetralkan, dan mempertahankan derajat keasaman suatu produk. Contoh: Asam Asetat, Asam Sitrat, Asam Malat, Asam Suksinat, Asam Tartrat, dan Asam Laktat.
3. Pemanis Buatan, adalah bahan tambahan makanan yang menyebabkan rasa manis pada makanan, yang tidak atau hampir tidak mempunyai nilai gizi. Contoh: Sakarin, Siklamat, Sorbitol, dan Aspartam.
4. Pemutih, adalah bahan tambahan yang digunakan dalam produksi tepung agar warna putih tepung dapat terjaga dengan baik. Contoh: Benzoil Peroksida.
5. Pengental atau Pengenyal, adalah bahan tambahan makanan yang merupakan cairan dan dapat dikentalkan dengan menggunakan gumi dan bahan polimer sintetik. Contoh: ekstrak rumput laut dan Gelatin.
6. Pengawet, adalah bahan tambahan yang digunakan untuk menghambat fermentasi atau penguraian makanan yang disebabkan oleh mikroorganisme. Contoh: Asam Benzoat, Asam Sorbat, Asam Propionat, Sulfur Dioksida, Kalium Benzoat, Kalium Bisulfit, Kalium Metabisulfit, Kalium Nitrat, Kalium Nitrit, Kalium Propionat, Kalium Sorbat, Kalium Sulfit, Kalsium Benzoat, Kalsium Propionat, Kalsium Sorbat, Natrium Benzoat, Natrium Bisulfit, Natrium Metabisulfit, Natrium Nitrat, Natrium Nitrit, Natrium Propionat, dan Natrium Sulfit.

7. Pengeras, adalah bahan tambahan makanan yang dapat mencegah melunaknya makanan dan atau memperkeras makanan. Contoh: Aluminium Sulfat, Kalsium Klorida, Kalsium Glukonat, dan Kalsium Sulfat.
8. Penyedap rasa, adalah bahan yang ditambahkan kedalam makanan untuk mempertegas rasa dan atau aroma. Contoh: Mono Sodium Glutamat (MSG).
9. Pewarna, adalah bahan tambahan pada makanan dan minuman yang dapat memberikan warna pada makanan dan minuman. Contoh: Kantasantin, Karamel, Karmin, Beta-Karoten, Klorofil, Kurkumin, Indigotin, Tartrazin dan Karmoisin.

Sesuai dengan klasifikasi diatas, penambahan gelatin sebagai bahan pengental makanan memang diizinkan penggunaannya oleh Menteri Kesehatan Republik Indonesia, namun pada kenyataannya di lapangan, gelatin yang beredar dan diperjualbelikan di pasaran tidak mencantumkan bahan dasar dari gelatin tersebut. Hal ini sangat disayangkan karena mayoritas penduduk Indonesia adalah umat muslim, dimana terdapat pengharaman untuk mengkonsumsi makanan dan minuman yang mengandung babi.

2.3 Gelatin

Gelatin adalah zat kimia padat, tembus cahaya, tidak berwarna, rapuh (jika kering), dan tidak berasa, yang didapatkan dari kolagen yang berasal dari berbagai produk sampingan hewan. Gelatin yang sering digunakan dapat ditemui dalam bentuk lembaran, butiran, maupun serbuk. Pada umumnya, gelatin digunakan sebagai zat pembuat gel pada makanan, farmasi, fotografi, dan kosmetik. Dalam industri pangan, gelatin luas dipakai sebagai salah satu bahan tambahan dari permen, jeli, es krim, roti, dan banyak lainnya.

Gelatin merupakan bahan yang menarik karena dehidrasi gelatin adalah sebagian kristal polimer dan memiliki titik leleh

yang relatif rendah (Sobral dkk., 2001). Pada suhu 71°C, gelatin mudah larut dalam air dan membentuk gel pada suhu 49°C. Selain itu, Wang, Liu, Holmes, Kerry, dan Kerry (2007) mengungkapkan bahwa film yang terbentuk dari sumber gelatin adalah bahan yang memiliki sifat dapat melakukan biodegradasi.

Menurut survey pada tahun 2006, sumber gelatin di dunia berasal dari kulit dan tulang mamalia, khususnya babi dan sapi, serta beberapa lainnya berbahan berasal dari ikan. Produksi gelatin dari bahan baku kulit babi mencapai 45,8%, kulit sapi sebesar 28,4%, sedangkan dari tulang 24,2%, dan 1,6% sisanya dari bahan baku diluar kulit dan tulang. Gelatin berasal dari serat kolagen protein, yang merupakan konstituen utama dari kulit binatang, tulang, dan jaringan ikat (Phillips dkk., 2009).

Gelatin dapat diproduksi melalui hidrolisis parsial kolagen asli. Selama proses pembuatan gelatin, bahan baku diperlakukan dengan asam encer atau alkali, yang mengakibatkan pemecahan sebagian dari strukturnya. Sampai saat ini, terdapat sekitar 27 jenis kolagen yang telah diidentifikasi serta diklasifikasikan secara sederhana pada tabel 2.1.

Tabel 2.1. Klasifikasi Tipe Kolagen

Tipe	Deskripsi
Tipe I	Jenis kolagen pada jaringan ikat, seperti kulit, tulang dan tendon.
Tipe II	Jenis kolagen pada jaringan tulang rawan.
Tipe III	Jenis kolagen yang tergantung pada usia. Kulit yang sangat muda dapat berisi kandungan kolagen sampai 50%; namun seiring berjalannya waktu, dapat berkurang menjadi 5-10%.
Tipe Lain	Jenis kolagen dalam jumlah yang sangat rendah dan terdapat pada sebagian besar organ spesifik.

(Schrieber dkk., 2007)

Molekul kolagen terdiri dari tiga rantai- α yang disebut kolagen *triple* helix, dan menyediakan geometri yang ideal untuk ikatan antar rantai hidrogen. *Triple* helix mempunyai panjang sekitar 300 nm dan memiliki berat molekul sekitar 105 kDa. Komposisi kolagen dapat mencakup sekitar 20 asam amino.

Gelatin terdiri dari urutan asam amino yang unik, dengan kandungan glisin, prolin dan hidroksiprolin. Prolin dan hidroksiprolin adalah konten yang sangat penting dalam hal efek gel. Gelatin adalah material dengan biaya yang relatif rendah dan mudah untuk mendapatkannya, karena dapat diperoleh dari tulang dan kulit yang dihasilkan sebagai limbah selama pemotongan hewan yang berfungsi sebagai bahan awal untuk gelatin (Hanani dkk., 2012).

2.3.1 Gelatin Babi

Pada proses pembuatannya, gelatin babi kebanyakan diproduksi menggunakan ekstraksi asam. Bahan baku yang terhidrasi dicuci dan direndam dalam asam encer (pH 1,5-3,0) selama 8 sampai 30 jam (biasanya sekitar 18 sampai 24 jam) tergantung pada ketebalan dan ukuran bahan baku. Setelah perlakuan ini selesai, bahan tersebut dicuci dalam air mengalir dan dinetralisir sampai pH ekstraksi tercapai (Phillips dkk., 2009).

Babi pertama kali digunakan sebagai bahan baku pembuatan gelatin pada tahun 1930-an dengan memanfaatkan kulitnya. Pada saat itu, kulit babi adalah bahan baku yang sangat penting untuk pembuatan gelatin di seluruh dunia. Kulit babi sangat mudah didapatkan, karena terdapat 3 sampai 4 kg kulit yang diperoleh pada setiap penyembelihan seekor babi.

Proses pertama pemanfaatan kulit babi ini adalah dipisahkan dari lapisan lemak kemudian didinginkan atau dibekukan untuk mencegah adanya degradasi mikroba serta mencegah oksidasi lemak yang tersisa pada kulit babi. Jaringan lemak pada kulit babi juga mengandung protein kolagen yang dapat digunakan untuk produksi gelatin (Schrieber dkk., 2007).

2.3.2 Gelatin Sapi

Gelatin dari bahan baku sapi ini mulai dikembangkan sebagai pengganti gelatin babi dikarenakan adanya larangan bagi umat Muslim untuk mengkonsumsi babi. Pada proses pembuatannya, gelatin ini kebanyakan diproduksi dengan menggunakan ekstraksi basa.

Berbagai reagen alkali dapat digunakan untuk membuat gelatin secara ekstraksi basa ini, namun yang lebih umum digunakan adalah air kapur jenuh ($\text{Ca}(\text{OH})_2$, pH 12). Bahan dicuci serta direndam dengan air kapur lalu diaduk dan suhu dipertahankan agar dibawah 24°C selama 20 hari sampai 6 bulan (biasanya sekitar 2 sampai 3 bulan) tergantung pada ketebalan dan jenis bahan baku. Setelah perlakuan selesai, bahan dicuci menggunakan air sampai pH mendekati netral.

Gelatin yang di ekstraksi basa ini tidak banyak memiliki residu glutamin dan asparagin yang tidak terionisasi, karena asam amino yang terkandung pada bahan baku ini akan diubah menjadi karboksilat oleh alkali, sehingga menjadikan gelatin ini lebih asam dengan pH kisaran 4,8-5,5. Fraksi berat molekul pada gelatin basa ini lebih rendah dibandingkan dengan gelatin asam, yaitu kurang dari 100 kilodalton (Phillips dkk., 2009).

2.4 Sensor

Sensor secara umum didefinisikan sebagai alat yang mampu menangkap fenomena fisika atau kimia kemudian mengubahnya menjadi sinyal listrik baik arus listrik ataupun tegangan. Fenomena fisik mampu menstimulus sensor untuk menghasilkan sinyal elektrik, sementara fenomena kimia dapat berupa konsentrasi dari bahan kimia, baik cairan maupun gas.

Dalam teknik pengukuran, sebuah sensor harus memenuhi beberapa persyaratan kualitas, antara lain konversi yang terjadi dari besaran fisik menjadi sinyal elektrik harus benar benar proposional linier; dalam penggunaannya di lingkungan sensor tidak boleh bergantung pada suhu di sekelilingnya, kecuali sensor suhu; kepekaan sebuah sensor harus tinggi dan akurat;

waktu yang diperlukan sensor untuk mencapai sinyal elektrik, sensor yang baik memiliki waktu tanggap yang cepat; sensor harus dapat memberikan nilai output yang tetap nilainya ketika diberikan input tertentu dalam waktu yang lama; gejala histerisis yang ada pada magnetisasi besi dapat pula dijumpai pada sensor. Misalnya pada suatu suhu tertentu sebuah sensor dapat memberikan keluaran yang berlainan.

Karakteristik sensor ditentukan dari sejauh mana sensor tersebut memiliki kemampuan yang baik dalam mengenali zat yang ingin dideteksinya. Kemampuan untuk mendeteksi zat ini meliputi:

1. Sensitifitas, merupakan ukuran seberapa sensitif sensor mengenali zat yang akan dideteksinya. Sensor yang baik akan mampu mendeteksi zat meskipun jumlah zat tersebut sangat sedikit dibandingkan gas di sekelilingnya. Pada umumnya, nilai yang dihasilkan ditentukan dari jenis material sensor dan zat yang digunakan.
2. Selektifitas, menunjukkan sejauh mana kemampuan sensor untuk menyeleksi zat yang akan dideteksinya. Kemampuan ini sama pentingnya dengan sensitifitas mengingat zat yang dideteksi tentunya akan bercampur dengan gas lain yang ada disekelilingnya.
3. Waktu respon dan waktu pemulihan, waktu respon adalah kemampuan sensor untuk mengenali zat yang akan dideteksinya, sedangkan waktu pemulihan adalah waktu yang dibutuhkan sensor untuk kembali lagi ke posisi normalnya ketika belum mendeteksi. Semakin cepat waktu respon dan waktu pemulihannya, maka semakin baik sensor tersebut.
4. Stabilitas dan daya tahan, stabilitas adalah sejauh mana sensor dapat secara konsisten memberikan informasi sensitifitas yang sama dalam jangka waktu yang lama, sehingga sensor tersebut tahan lama dan dapat terus digunakan.

Selain keempat sifat diatas, ada dua sifat lainnya yang perlu diperhatikan pula terutama dalam memproduksi sensor komersial. Kedua sifat tersebut adalah tingkat konsumsi energi yang rendah serta harga yang terjangkau, sehingga dapat menjadi harapan positif bagi industri sensor untuk lebih diterima masyarakat (Cirera dkk., 2001).

Secara umum, sensor terdiri atas dua komponen; yaitu reseptor dan *transducer*. Namun ada beberapa sensor yang juga mempunyai separator, misalnya membran. Reseptor adalah komponen untuk mengubah informasi kimia menjadi suatu bentuk energi yang nantinya akan diukur oleh *transducer*, sedangkan *transducer* adalah komponen yang mengubah energi pembawa informasi kimia menjadi sinyal analitik.

2.4.1 Klasifikasi Sensor

Berdasarkan prinsip kerja dari *transducernya*, sensor dapat diklasifikasikan menjadi:

1. Sensor Elektrokimia; yaitu sensor yang dapat mengamati interaksi antara elektroda dengan analit, contohnya adalah sensor voltametrik dan potensiometrik.
2. Sensor Optis; yaitu sensor yang dapat mengamati fenomena optis seperti absorbansi, flourosensi, reflektansi, efek optothermal, indeks refraksi, dan hamburan cahaya.
3. Sensor Termometrik; yaitu sensor yang dapat mendeteksi adanya perubahan panas yang disebabkan oleh reaksi kimia.
4. Sensor Magnetik; yaitu sensor yang dapat mendeteksi adanya perubahan sifat paramagnetik dari suatu bahan.
5. Sensor Listrik; yaitu sensor yang dapat mendeteksi fenomena kelistrikan, contohnya adalah sensor semikonduktor organik, sensor semikonduktor logam oksida, sensor konduktifitas elektrolit, dan sensor permitivitas listrik.

6. Sensor Massa; yaitu suatu alat yang dapat mengubah informasi perubahan massa pada permukaan khusus yang termodifikasi menjadi informasi tentang perubahan sifat bahan. Contoh sensor massa antara lain adalah gelombang akustik permukaan dan sensor piezoelektrik.
(IUPAC, 1991)

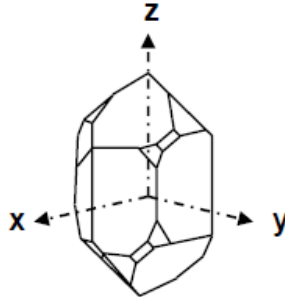
2.5 *Quartz Crystal Microbalance (QCM)*

Menurut klasifikasi sensor berdasar *transducent*nya, *Quartz Crystal Microbalance (QCM)* termasuk pada sensor massa. Pada prinsipnya, QCM adalah alat yang dapat mendeteksi perubahan massa berdasarkan perbedaan frekuensi dari kristal kuarsa. Kristal kuarsa merupakan bahan yang diketahui memiliki sifat piezoelektrik.



Gambar 2.1. Satu set Alat *Quartz Crystal Microbalance (QCM)*

Piezoelektrisitas merupakan kemampuan yang dapat mengubah suatu tekanan yang diberikan menjadi sinyal arus listrik. Penggunaan sifat piezoelektrik pertama kali dipelopori oleh penelitian yang dilakukan oleh Jacques dan Pierre Curie pada tahun 1880. Pada awalnya, sifat piezoelektrik digunakan untuk mendeteksi kedalaman laut yang terdapat pada kapal. Setelah itu, sifat piezoelektrik dimanfaatkan sebagai komponen dari *microphone*, alarm asap, dan penyaring sinyal frekuensi tinggi.



Gambar 2.2. Kristal Kuarsa

Sauerbrey menyadari potensi kegunaan sifat piezoelektrik sebagai sensor massa, dimana akan terjadi perubahan frekuensi seiring dengan adanya perubahan massa pada bahan piezoelektrik. Hasil penelitiannya diwujudkan dalam persamaan Sauerbrey dibawah ini:

$$\Delta f = -C_f \cdot \Delta m$$

Dimana Δf adalah perubahan frekuensi yang teramati (Hz) dan C_f adalah faktor sensitifitas kristal ($56,6 \text{ Hz } \mu\text{g}^{-1} \text{ cm}^2$ untuk 5 MHz kristal kuarsa AT-cut pada suhu kamar) serta Δm adalah perubahan massa per satuan luas (g/cm^2) (SRS, 2011).

2.5.1 Aplikasi *Quartz Crystal Microbalance* (QCM)

QCM secara tradisional telah digunakan dalam sistem deposisi vakum dan sejumlah besar aplikasi lainnya, seperti: kontrol deposisi film tipis, estimasi efek stres, studi sistem kontaminasi ruang dan pengukuran massa aerosol. Perangkat ini telah menjadi lebih sering digunakan dalam dunia analisis, terutama sensor, dikarenakan *Quartz Crystal Microbalance* (QCM) mempunyai sifat piezoelektrik yang dapat mendeteksi perubahan massa pada permukaannya dan mempunyai sensitivitas tinggi. Selain itu, selektivitas QCM juga dapat ditingkatkan dengan penambahan suatu bahan dengan cara melapiskan pada permukaannya untuk dapat mendeteksi suatu zat tertentu.

2.5.1.1 Deteksi Fasa Gas

Penerapan analisis tentang kristal piezoelektrik pertama dilaporkan oleh King pada 1964 yang dikembangkan dan dikomersialkan sehingga dapat mendeteksi kelembaban pada 0,1 ppm serta dapat mendeteksi hidrokarbon seperti xilena hingga konsentrasi 1 ppm. Selama beberapa tahun berikutnya terdapat penelitian intensif dan menghasilkan beberapa sensor untuk mendeteksi fasa gas, seperti: detektor fase gas untuk uap organik (Guilbault, 1983); detektor polusi lingkungan (Guilbault dkk., 1988); dan detektor kromatografi (Konash dkk., 1980).

2.5.1.2 Sensor Imun

Sensor imun piezoelektrik ini dikembangkan oleh Shons pada tahun 1972. Kelemahan utama yang berhubungan dengan sensor ini adalah kurangnya reproduksibilitas dalam imobilisasi antibodi pada permukaan kristal. Metode yang banyak digunakan dalam mendeteksi berbagai analit adalah dengan cara adsorpsi antibodi. Salah satu zat yang paling banyak digunakan untuk melapisi permukaan dan dapat membantu imobilisasi antibodi adalah protein A. Protein A telah digunakan dalam deteksi pestisida, deteksi bakteri, deteksi virus dan berbagai analit lainnya. Metode ini telah terbukti memberikan hasil yang lebih baik daripada teknik imobilisasi lainnya untuk sistem tertentu, meskipun hal ini tidak terjadi untuk semua sistem. Protein G juga telah digunakan untuk melumpuhkan antibodi terhadap kokain pada permukaan kristal (O'Sullivan dkk., 1999).

2.5.1.3 Biosensor DNA

Biosensor DNA pertama kali dikemukakan oleh Fawcett dkk pada tahun 1988 untuk mendeteksi perubahan massa pada DNA beruntai tunggal setelah hibridisasi. Setelah itu, selama 11 tahun berikutnya telah banyak jurnal penelitian tentang biosensor DNA/RNA menggunakan *Quartz Crystal Microbalance* (QCM). Pada tahun 1996, Ito dkk menggunakan *Quartz Crystal Microbalance* (QCM) untuk mengukur fasa padat reaksi

hibridisasi pada DNA tertentu. Aslanoglu dkk pada tahun 1998 menggabungkan *Quartz Crystal Microbalance* (QCM) dengan voltametri siklik untuk mendeteksi DNA dan mempelajari kompleks logam untuk mengikat DNA yang bergerak (O'Sullivan dkk., 1999).

2.5.1.4 Analisis Obat-obatan

Quartz Crystal Microbalance (QCM) juga digunakan dalam penentuan senyawa farmasi dan obat-obatan dengan menambahkan adsorben tertentu pada permukaan kristalnya. Nie dkk pada 1992 menggunakan QCM untuk menentukan berbagai obat sulfa (sulfanilamida, sulfacetamida, sulfadiazin, dan sulfametoksazol) dari konsentrasi 20 hingga 400 mM; lalu Wei dkk (1993) mendeteksi Atropin dengan konsentrasi 0,5 hingga 32 nM dengan menggunakan QCM; sedangkan Attili dkk menggunakan *Quartz Crystal Microbalance* (QCM) dengan permukaan kristal yang terlapis antibodi benzoilsianin untuk mendeteksi kortisol (1995) dan untuk mendeteksi kokain (1996). Selain itu, masih banyak senyawa lain yang dideteksi menggunakan QCM seperti fenitoin, klorofeninamina, vitamin, dan lain-lain (O'Sullivan dkk., 1999).

2.6 Elektrokimia

Elektrokimia merupakan salah satu ilmu sains yang menghubungkan reaksi kimia tentang reduksi oksidasi dengan ilmu fisika tentang aliran muatan. Ilmu elektrokimia dalam kehidupan sehari-hari antara lain mengajarkan tentang penyimpanan energi, seperti penyimpanan energi dalam aki dan konversi energi yang efisien dari sumber energi yang tersedia menjadi bentuk yang berguna bagi aplikasi teknologi.

2.6.1 Reaksi Reduksi-Oksidasi (Redoks)

Oksidasi adalah hilangnya satu atau lebih elektron yang dialami oleh suatu atom, molekul, atau ion; sedangkan reduksi merupakan perolehan elektron yang dialami oleh suatu atom,

molekul, atau ion. Jadi, reaksi reduksi-oksidasi adalah reaksi dimana proses oksidasi dan reduksi berlangsung secara bersamaan dalam satu reaksi. Hal ini dapat terjadi dikarenakan tidak adanya elektron bebas dalam suatu reaksi kimia, ketika suatu spesi kehilangan elektron maka akan selalu disertai perolehan elektron pada bagian yang lain. Sehingga reaksi redoks sering disebut sebagai reaksi transfer elektron (Day dan Underwood, 2002).

2.6.2 Sel Elektrolisis

Sel elektrolisis merupakan sel yang menggunakan bantuan arus listrik untuk dapat melakukan reaksi kimia, reaksi pada sel elektrolisis ini tidak berlangsung spontan namun melalui perbedaan potensial yang dipicu dari luar sistem. Pada sel elektrolisis, anoda bertindak sebagai elektroda positif dan katoda sebagai elektroda negatif. Contoh penggunaan sel elektrolisis antara lain:

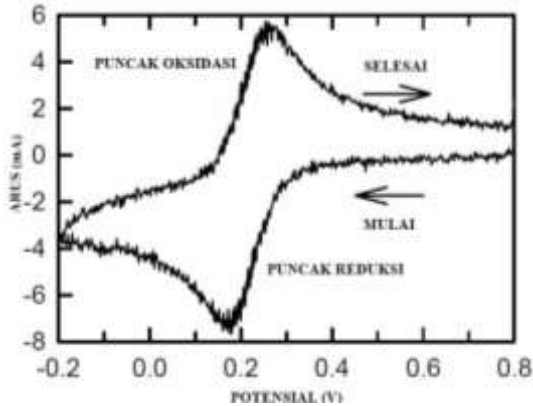
1. Elektroanalisis, yaitu aplikasi sel elektrolisis untuk analisis pada reaksi kimia seperti voltametri, potensiometri, polarografi, voltametri siklik, *Linear Sweep Voltammetry (LSV)*, *Normal Pulse Voltammetry (NPV)*, *Differential Pulse Voltammetry (DPV)*, *Differential Normal Pulse Voltammetry (DNPV)*, *Square Wave Voltammetry (SWV)*, *Anodic Stripping Voltammetry (ASV)*, *Cathodic Stripping Voltammetry (CSV)*, dan *Voltammetry Stripping Adsorptif (AdSV)*.
2. Elektrosintesis, yaitu sel elektrolisis yang digunakan untuk sintesis senyawa, baik senyawa organik maupun anorganik. Senyawa organik yang dapat dibuat dengan cara ini antara lain asam asetat, tetra alkil plumbum, dan adiponitril; sedangkan senyawa anorganik antara lain Ti, Al, Na, MnO_2 , dan Cl_2 .
3. Elektrodegradasi, yaitu teknik pengolahan limbah organik maupun anorganik yang menggunakan prinsip elektrolisis. Dengan cara ini, limbah organik akan

menghasilkan air dan gas CO_2 , sedangkan limbah anorganik seperti logam-logam akan mengendap pada elektroda. Elektroda kemudian dicuci dengan asam kuat untuk memisahkan dengan logam yang terendap, lalu diendapkan kembali sebagai logam murni.

4. Elektrodeposisi, yaitu pengendapan logam pada permukaan elektroda yang sering dimanfaatkan dalam proses pembuatan nanoteknologi, pencegahan korosi, perhiasan, dan *electroplating*.

Sel elektrolisis menggunakan dua jenis elektroda, yaitu elektroda inert dan elektroda tidak inert. Elektroda inert merupakan elektroda yang tidak ikut bereaksi, baik pada saat bertindak sebagai anoda maupun katoda, sehingga yang mengalami reaksi redoks adalah elektrolit sebagai zat terlarut dan atau air sebagai zat pelarut; contohnya adalah karbon, emas, dan platina. Elektroda tidak inert atau biasa disebut elektroda aktif adalah elektroda yang ikut bereaksi, terutama jika bertindak sebagai anoda dan mengalami oksidasi; contohnya adalah Fe, Al, Cu, dan Zn (Riyanto, 2013).

2.6.3 Voltametri Siklik



Gambar 2.3. Voltamogram dari Voltametri Siklik

Dalam analisis kimia menggunakan metode voltametri yang paling banyak digunakan adalah voltametri siklik. Hasil voltamogram dari voltametri siklik akan menunjukkan segala sesuatu yang terjadi pada permukaan elektroda. Hal ini dikarenakan pada voltamogram terdapat parameter penting seperti potensial setengah anoda, potensial puncak anoda, potensial arus anoda, potensial setengah katoda, potensial puncak katoda, dan potensial arus katoda sehingga dapat memprediksi reaksi yang terjadi pada permukaan elektroda (Ross dkk., 1975).

Berdasarkan reaksi redoks yang terjadi pada elektroda, nilai potensial dapat ditunjukkan melalui persamaan:

$$E = E^0 - \frac{RT}{zF} \ln \left(\frac{C_R}{C_O} \right)$$

Dimana E^0 adalah potensial tetap dalam sistem, sedangkan C_R dan C_O merupakan konsentrasi spesies yang mengalami proses reaksi reduksi dan oksidasi. Dalam pengukuran menggunakan teknik voltametri siklik ini harus dilakukan dalam kondisi diam, sehingga perpindahan massa hanya terjadi karena adanya resapan pada permukaan elektroda (Riyanto, 2013).

2.6.3.1 Elektroda

Pada analisis secara elektrokimia, khususnya saat menggunakan teknik voltametri umumnya digunakan tiga jenis elektroda. Ketiga elektroda ini adalah elektroda kerja (*working electrode/WE*), elektroda pembanding (*references electrode/RE*), dan elektroda bantu (*counter electrode/CE*). Ketiga elektroda yang digunakan dalam voltametri ini mempunyai peran dan fungsi masing-masing.

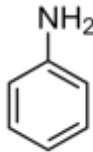
Elektroda kerja berfungsi sebagai tempat terjadinya reaksi kimia, dalam hal ini yaitu reaksi reduksi-oksidasi, yang akan melakukan kontak dengan analit sehingga menunjukkan adanya potensial serta menjadi tempat transfer elektron dari dan ke analit. Elektroda kerja yang biasa digunakan adalah *glassy* karbon (C), platina (Pt), perak (Ag), dan emas (Au). Elektroda pembanding pada umumnya adalah elektroda setengah sel yang nilai potensial

reduksinya telah diketahui, dan berfungsi untuk mengukur potensial yang ada pada elektroda kerja. Ag/AgCl 3 M dalam larutan KCl merupakan elektroda pembanding yang sering digunakan, selain itu bisa juga menggunakan *Normal Hydrogen Electrode (NHE)*, *Saturated Calomel Electrode (SCE)*, dan Ag/AgNO₃ (0,01 M asetonitril). Sedangkan elektroda bantu berperan untuk menyalurkan semua arus yang dibutuhkan dalam menyeimbangkan arus pada elektroda kerja. Elektroda bantu yang biasa digunakan adalah kawat platina dan *glassy karbon* (Kounaves, 1987; Riyanto, 2013).

2.7 Anilin

Anilin merupakan senyawa organik dengan rumus kimia C₆H₅NH₂ dan termasuk kedalam senyawa aromatik. Anilin mempunyai nama IUPAC Fenilamina, selain itu anilin juga biasa disebut Aminobenzena atau Benzenamina.

Anilin berwujud cair dan berbau menyengat, dengan oligomernya berwarna kecoklatan dan mempunyai titik didih 184,1°C (MSDS, 2013). Saat dilakukan proses pemurnian atau destilasi, oligomer dari anilin yang sebelumnya berwarna kecoklatan berubah menjadi tidak berwarna dan terbentuk menjadi monomer.



Gambar 2.4. Struktur Anilin

Anilin dapat membentuk polianilin dan dapat menjadi polimer konduktif apabila diberi perlakuan berupa siklik voltametri dengan pH tertentu (Fitriyana, 2014). Polimer konduktif mempunyai sifat redoks yang reversibel, dimana sifat pada saat mengalami reduksi maupun pada saat mengalami oksidasi dapat dibedakan. Selain itu, polimer konduktif juga dapat

digunakan untuk menempelkan bahan aktif sensor terhadap substrat tertentu.

Polianilin merupakan polimer konduktif yang paling sering digunakan, hal ini dikarenakan polianilin memiliki beberapa kelebihan, antara lain mudah dibuat dan stabil pada saat suhu tinggi (sekitar 250-350°C), serta reaksi redoks yang dihasilkan bersifat reversibel (Hutapea dkk., 2014).

2.8 Nikel

Nikel merupakan logam yang banyak digunakan dalam industri. Beberapa industri yang menggunakan logam nikel antara lain, industri elektroplating, baterai, bahan-bahan *stainless steel*, dan lain-lain (Park dkk., 2008). Nikel jarang ditemukan dalam bentuk unsur murninya, kebanyakan dalam bentuk oksidanya. Salah satu batuan yang mengandung nikel adalah laterit. Endapan nikel laterit merupakan hasil pelapukan lanjut dari batuan ultramafik pembawa Ni-Silikat. Umumnya terdapat pada daerah dengan iklim tropis sampai dengan subtropis.

Hampir setiap daerah di dunia memiliki cadangan nikel dalam bentuk nikel laterit maupun dalam bentuk senyawa yang lain. New Caledonia mempunyai cadangan nikel laterit sebesar 23% dari cadangan nikel laterit dunia, Filipina mempunyai cadangan nikel laterit 17% dari cadangan nikel laterit dunia. Sedangkan Indonesia, mempunyai cadangan nikel laterit berkisar 16% dari cadangan nikel laterit dunia. Dan sisanya tersebar di berbagai daerah di penjuru dunia, diantaranya di Australia, Amerika Tengah dan Amerika Selatan, dan Afrika (Ashok dkk., 2004).

Bijih nikel laterit dari Filipina cenderung mempunyai deposit yang tinggi dibandingkan dengan negara lainnya, karena memiliki kadar nikel 17%. Nikel laterit dapat dibagi menjadi 3 golongan profil endapan; pertama, Zona Limonit, zona ini umumnya kaya akan besi, dengan kandungan besi sekitar 20-50% yang pada umumnya mengandung mineral hematit dan goethit. Kedua adalah Zona Saprolit, ketiga adalah Zona Bedrock, zona

ini tidak dapat ditambang karena merupakan batuan dasar (*sourcesrock*) yang tidak ekonomis (Ashok dkk.,2004).

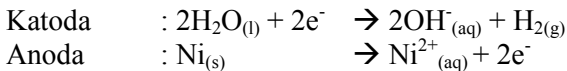
2.8.1 Nikel (II) Hidroksida

Menurut data *Material Safety Data Sheet* tahun 2014, Nikel (II) hidroksida merupakan material berwujud serbuk padat berwarna hijau dengan rumus kimia $\text{Ni}(\text{OH})_2$. Nikel (II) hidroksida dapat menyebabkan iritasi pada mata dan kulit; serta dapat menyebabkan gangguan pernafasan dan pencernaan. Selain itu, nikel (II) hidroksida juga termasuk dalam bahan karsinogenik yang dapat menyebabkan kanker.

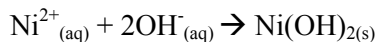


Gambar 2.5. Nikel (II) Hidroksida

Nikel (II) hidroksida dapat dihasilkan dengan menggunakan metode elektrolisis dengan lempeng nikel sebagai katoda dan anoda, dengan bantuan elektrolit asam sitrat. Reaksi yang terjadi pada elektroda selama proses elektrolisis adalah:



Ion hidroksi dan Ni^{2+} yang terbentuk dari katoda dan anoda selanjutnya akan bereaksi sehingga akan membentuk $\text{Ni}(\text{OH})_2$, sesuai dengan persamaan reaksi berikut ini:



(Budipramana dkk., 2014)

Bentuk dari nikel (II) hidroksida yang dihasilkan pada saat sintesis tergantung pada metode sintesis yang digunakan. Secara umum, nikel (II) hidroksida mempunyai dua bentuk, yaitu α dan β . Perbedaan antara dua bentuk nikel (II) hidroksida ini terletak pada jarak antar lapisannya. α -nikel (II) hidroksida mempunyai jarak antar lapisan yang lebih besar daripada β -nikel (II) hidroksida. Hal ini dikarenakan ruang antar lapisan pada α -nikel (II) hidroksida terisi oleh molekul air dan anion-anion sesuai dengan metode sintesis nikel (II) hidroksida itu sendiri, sedangkan pada β -nikel (II) hidroksida tidak terdapat spesi yang terjebak diantara ruang antar lapisan (Khan, 2011).

2.8.2 Nikel Oksida (NiO)

Nikel oksida merupakan suatu material berwujud padat berwarna hijau yang memiliki berat molekul sebesar 74,71 g/mol dan mempunyai rumus kimia NiO. Nikel oksida dapat menyebabkan iritasi pada kulit, serta dapat menyebabkan gangguan pernafasan jika terhirup atau tertelan. Selain itu, nikel oksida juga salah satu material karsinogenik yang dapat menyebabkan kanker (MSDS, 2013).



Gambar 2.6. Mineral Nikel Oksida pada Bunsenit

Nikel oksida dapat diperoleh dari padatan hasil sintesis nikel hidroksida ($\text{Ni}(\text{OH})_2$) dengan proses kalsinasi menggunakan *furnace* pada suhu lebih dari sama dengan 400°C . Pada saat proses kalsinasi, nikel hidroksida akan melepaskan molekul air yang terdapat pada ruang antar lapisannya, sehingga terjadi reaksi:



(Zhou dkk., 2006)

2.9 Nanopartikel

Definisi dari nanopartikel adalah partikel yang mempunyai ukuran antara 1 hingga 1000 nanometer atau dapat dikatakan dengan $1 < \text{partikel} \leq 1000$ nanometer. Nanopartikel memiliki sifat atau fungsi yang berbeda dari material sejenis dalam ukuran lebih besar. Disamping itu, hal yang sangat menarik dari material nanopartikel ini adalah sifat kimia dan fisika yang dapat diubah-ubah melalui pengontrolan ukuran material, pengaturan komposisi kimiawi, modifikasi permukaan, dan pengontrolan interaksi antar partikel.

Berbagai aplikasi dari material skala nanometer telah berhasil dikembangkan dalam berbagai bidang, seperti bidang elektronik, energi, katalis, sensor, baterai dengan kualitas yang lebih baik, kedokteran, farmasi, lingkungan dan sebagainya (Klabunde, 2001).

2.9.1 Jenis-Jenis Nanopartikel

Secara umum, nanopartikel terbagi menjadi dua bagian, yaitu nanokristal dan *nanocarrier*. *Nanocarrier* sendiri memiliki beberapa jenis seperti nanotube, liposom, nanopartikel lipid padat (*Solid Lipid Nanoparticle/SLN*), nanopartikel polimerik, dan lain-lain (Rawat dkk., 2006).

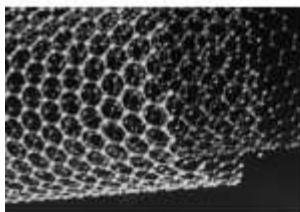
2.9.1.1 Nanokristal

Nanokristal merupakan gabungan dari ratusan atau ribuan molekul yang membentuk kristal dan terdiri dari senyawa obat

murni dengan penyaluran tipis menggunakan surfaktan. Jika dibandingkan dengan *nanocarrier*, nanokristal lebih sedikit memerlukan surfaktan, sehingga mengurangi kemungkinan adanya keracunan yang disebabkan oleh bahan tambahan pembawanya (Rawat dkk., 2006).

2.9.1.2 Nanotube

Nanotube adalah nanopartikel berupa lembaran atom dengan struktur menyerupai benang dalam skala nanometer serta memiliki rongga di tengah dan memiliki struktur yang menyerupai sangkar. Terdapat dua macam nanotube, yaitu berdingding tunggal dan berdingding ganda. Nanotube berdingding tunggal dapat dimanfaatkan sebagai sistem pembawa obat maupun gen dikarenakan bentuk fisiknya yang menyerupai asam nukleat, sedangkan nanotube berdingding ganda biasa digunakan sebagai sistem pembawa untuk transformasi khususnya untuk sel bakteri dan untuk elektroporasi sel dalam skala nano (Rawat dkk., 2006).

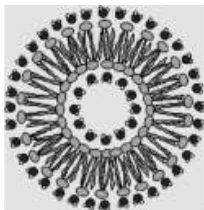


Gambar 2.7. Nanotube (Rawat dkk., 2006)

2.9.1.3 Liposom

Liposom merupakan konsentrasi vesikel lapis ganda yang terdapat cairan didalamnya dan terbungkus oleh membran lipid lapis ganda. Liposom terbentuk pada saat lapisan lipid terhidrasi, dan sebagian besar kristal cair lapis ganda mencair dan mengembang. Lembaran lipid yang terhidrasi akan terpisah dan membentuk vesikel yang berfungsi untuk mencegah interaksi antara inti hidrokarbon dari lapisan ganda dengan air disekitarnya. Liposom biasa dimanfaatkan sebagai pembawa obat maupun

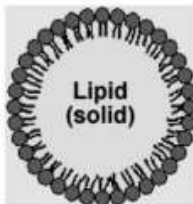
kosmetik untuk mempertahankan kelembaban kulit (Rawat dkk., 2006).



Gambar 2.8. Liposom (Rawat dkk., 2006)

2.9.1.4 Nanopartikel Lipid Padat

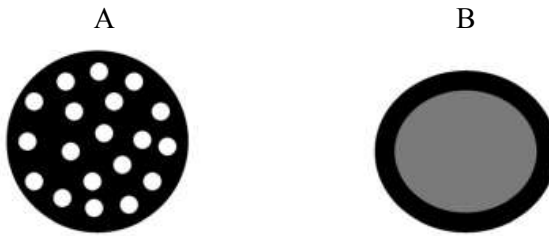
Nanopartikel lipid padat merupakan pembawa koloidal berbahan dasar lipid yang terdispersi dalam air atau dalam larutan surfaktan dalam air. Nanopartikel lipid padat berisi inti hidrofob padat berisi senyawa obat yang dilarutkan dalam matrik lemak padat dan dibalut oleh fosfolipid lapis tunggal (Rawat dkk., 2006).



Gambar 2.9. Nanopartikel Lipid Padat
(Rawat dkk., 2006)

2.9.1.5 Nanopartikel Polimerik

Nanopartikel polimerik adalah struktur koloid berukuran nanometer yang terdiri dari polimer sintesis atau semisintesis dengan rentang ukuran 10-1000 nm. Nanopartikel polimerik dibedakan berdasarkan metode pembuatannya, yaitu nanosfer dan nanokapsul. Nanosfer dibuat dari matrik polimer padat, sedangkan nanokapsul terdiri atas polimer berbentuk dinding (Rawat dkk., 2006).



Gambar 2.10. Nanopartikel Polimerik dalam Bentuk (A) Nanosfer dan (B) Nanokapsul (Rawat dkk., 2006)

2.10 *Fourier Transform Infrared (FTIR)*

Fourier Transform Infrared (FTIR) merupakan salah satu pengembangan dari teknik spektroskopi yang digunakan untuk mengidentifikasi gugus fungsi pada senyawa menggunakan gelombang inframerah dengan rentang panjang gelombang 2,5-25 μm dan rentang frekuensi 400-4000 cm^{-1} . FTIR sering dimanfaatkan untuk mendapatkan spektra inframerah dari sampel berupa padat, cair, maupun gas. Spektroskopi inframerah dapat mendeteksi vibrasi yang spesifik dari suatu gugus fungsi pada sampel. Adanya interaksi antara radiasi dari sumber cahaya dengan ikatan kimia pada sampel akan mengalami vibrasi, mengulur, atau menekuk sehingga terjadi adsorpsi sinar inframerah dalam rentang panjang gelombang yang spesifik pada setiap gugus fungsi.

Teknik ini menggunakan interferometer yang berada diantara sumber radiasi dan sampel untuk memecah sinar radiasi menjadi dua bagian, satu sinar akan diteruskan menuju cermin tetap, sedangkan sinar lainnya diteruskan ke cermin bergerak, dimana cermin bergerak ini mempunyai beberapa variasi jarak dari pemisah sinar. Selanjutnya sinar yang dipisahkan akan bergabung kembali untuk melewati sampel sebelum menuju ke detektor.

Data yang dihasilkan oleh FTIR adalah grafik intensitas, dimana grafik tersebut akan menunjukkan jenis senyawa pada sampel. Ukuran pada puncak yang dihasilkan menunjukkan jumlah senyawa yang terdapat dalam sampel. Sehingga analisis

menggunakan FTIR dapat dilakukan untuk mengidentifikasi sampel atau material yang belum diketahui komponen gugus fungsi didalamnya (Rouessac dan Rouessac, 2007).

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Alat dan Bahan

3.1.1 Peralatan

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain adalah labu ukur 50 mL, pipet ukur 10 mL, gelas ukur 100 mL, beaker glass, pipet tetes, pengaduk kaca, kaca arloji, corong, neraca analitik Ohaus, power supply, stopwatch, *hot plate*, *magnetik stirrer*, kabel, penjepit buaya, kertas amplas *grade* 1200, satu set alat destilasi, pH meter Oakton, satu set evaporator, satu set mikroskop optik, oven, *furnace*, satu set alat *Quartz Crystal Microbalance* yang telah terhubung dengan software SRS QCM200, satu set potensiostat EDAQ, instrumentasi *Fourier Transform Infrared* (FTIR) Shimadzu Instrument Spectrum One 8400S dan satu set *Personal Computer* (PC).

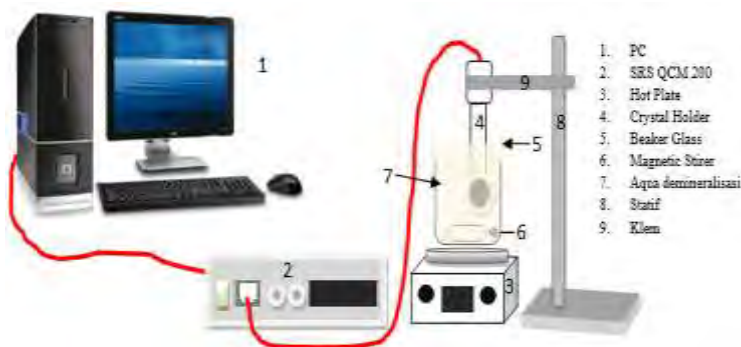
3.1.2 Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah Anilin (Merck KGaA 64271 Damstadt, Germany), dua buah pelat nikel, aqua demineralisasi (Aqua DM-Indolab), natrium sitrat dihidrat 99,5% ($C_6H_5Na_3O_7 \cdot 2H_2O$, Sigma-Aldrich), gas Nitrogen, HCl pekat, NaOH, gelatin sapi, dan kulit babi.

3.2 Prosedur Penelitian

3.2.1 Rancangan Alat

Pada pengujian menggunakan *Quartz Crystal Microbalance* (QCM), lempeng sensor (*probe*) dipasang pada *Crystal Holder* QCM kemudian disambung dengan kabel RJ-45 dan dirangkai pada *mainboard Quartz Crystal Microbalance* (QCM) yang telah tersambung pada *Personal Computer* (PC). Tombol saklar pada *mainboard* QCM dinyalakan lalu diaktifkan program QCM pada *Personal Computer* (PC). Rangkaian alat yang digunakan dapat dilihat dalam Gambar 3.1.



Gambar 3.1. Rangkaian Alat yang Digunakan untuk Mendeteksi Gelatin

3.2.2 Pembuatan Blanko dan Larutan Stok Gelatin

Blanko pada penelitian ini adalah 300 mL aqua demineralisasi, sedangkan larutan stok gelatin yang dibuat adalah larutan gelatin dengan konsentrasi 30.000 ppm, yaitu dengan cara melarutkan 3gram gelatin ke dalam 100 mL aqua demineralisasi.

3.2.3 Pengujian Sensor terhadap Sampel

Pengujian dilakukan dengan menggunakan sensor emas yang telah termodifikasi NiO dengan cara mencelupkan *probe* ke dalam aqua demineralisasi yang ditambah sampel. Sampel yang digunakan adalah larutan gelatin sapi dan larutan gelatin babi dengan konsentrasi 100 ppm, 200 ppm, 300 ppm, 400 ppm, dan 500 ppm. Pada penelitian ini dilakukan selama 10 menit, serta diaduk dengan *magnetik stirrer* berkecepatan 200 rpm untuk menjaga kehomogenan larutan. Perubahan frekuensi yang terbaca pada alat *Quartz Crystal Microbalance* (QCM) saat penambahan larutan gelatin sapi kemudian dibandingkan dengan saat penambahan larutan gelatin babi pada setiap variasi pengujian.

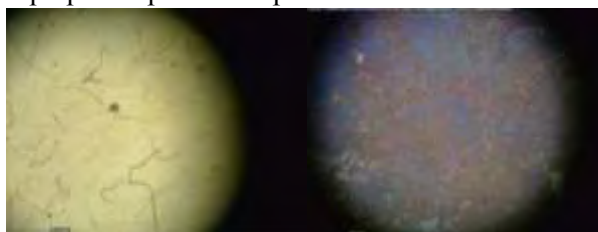
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Preparasi Material

Sebelum penelitian ini dilakukan, terdapat beberapa persiapan material. Material yang disiapkan terlebih dahulu antara lain adalah $\text{Ni}(\text{OH})_2$, sensor emas termodifikasi NiO, ekstraksi gelatin, dan pembuatan larutan stok gelatin.

4.1.1 Pembuatan Sensor Emas Termodifikasi NiO

NiO nanopartikel dilapiskan pada permukaan sensor emas yang berfungsi sebagai partikel aktif. Partikel aktif NiO selanjutnya akan berikatan dengan gelatin yang diuji. Setelah NiO terlapis pada *probe*, hanya perubahan warna yang dapat dilihat dengan mata telanjang. Untuk melihat kerataan permukaan *probe* sebelum dan sesudah dilapisi NiO, maka dilakukan pengamatan dengan menggunakan mikroskop optik. Hasil pengamatan mikroskop optik dapat dilihat pada Gambar 4.1.



A

B

Gambar 4.1. Hasil Pengamatan Mikroskop Optik pada permukaan sensor emas tanpa perlakuan (A) dan sensor emas terlapis NiO nanopartikel (B)

Setelah sensor dibuat, dilakukan uji coba dengan cara mencelupkan *crystal holder* berisi *probe* yang telah terlapis NiO kedalam aqua demineralisasi berkali-kali untuk memastikan bahwa tidak ada partikel yang rontok dan tidak terjadi perubahan frekuensi yang signifikan pada setiap pencelupan. Oleh karena itu,

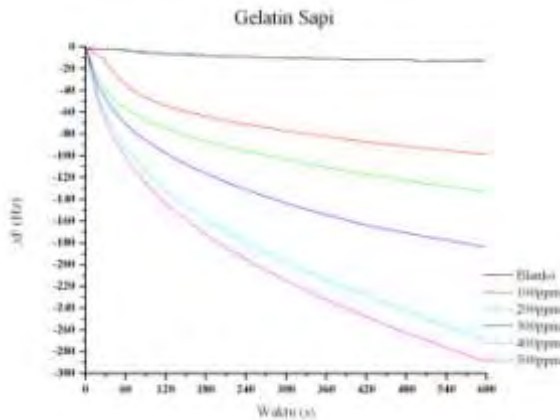
sensor emas termodifikasi NiO dapat digunakan untuk pengujian terhadap larutan gelatin.

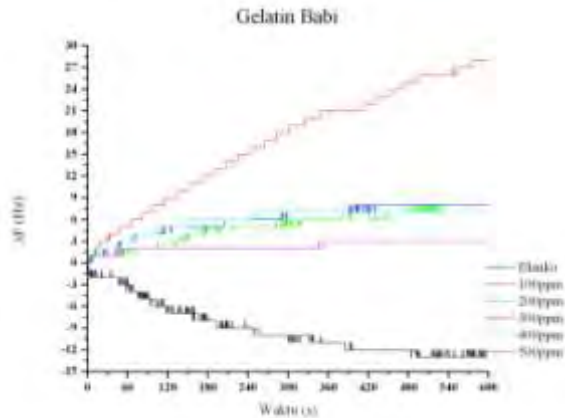
4.2 Pengujian Sensor QCM pada Larutan Gelatin

Pengujian dilakukan dengan menggunakan sensor emas yang belum termodifikasi, serta sensor emas termodifikasi NiO dengan cara mencelupkan *probe* kedalam aqua demineralisasi yang kemudian ditambah larutan stok gelatin hingga mempunyai konsentrasi sebesar 100 ppm, 200 ppm, 300 ppm, 400 ppm, dan 500 ppm. Hal ini bertujuan untuk mengetahui sensor mana yang dapat mendeteksi perbedaan antara gelatin sapi dan gelatin babi.

4.2.1 Deteksi Larutan Gelatin dengan Sensor Emas Termodifikasi NiO

Dikarenakan sensor emas belum menunjukkan perbedaan data yang signifikan, maka digunakan sensor emas yang termodifikasi NiO untuk mendeteksi perbedaan gelatin sapi dengan gelatin babi. Hal ini berdasarkan oleh semakin banyaknya nanopartikel oksida logam yang digunakan sebagai sisi aktif dari sensor. Selain itu, nikel mempunyai bilangan oksidasi +2 yang akan berikatan dengan pasangan elektron bebas yang dimiliki oleh N dan O pada gelatin.





Gambar 4.2. Grafik Perubahan Frekuensi Larutan Gelatin Sapi (A) dan Larutan Gelatin Babi (B) menggunakan Sensor Emas Termodifikasi NiO

Sensor emas yang termodifikasi NiO dengan pH larutan basa, menunjukkan adanya perbedaan yang sangat signifikan, dimana perubahan frekuensi yang dihasilkan oleh gelatin sapi bernilai negatif (turun) dan perubahan frekuensi yang dihasilkan oleh gelatin babi bernilai positif (naik). Hal ini dapat disebabkan oleh perbedaan kekuatan ikatan antara gelatin sapi dengan gelatin babi. Kekuatan ikatan gelatin sapi pada NiO lebih kuat dibandingkan ikatan gelatin babi dengan NiO, sehingga menyebabkan perubahan frekuensi pada gelatin sapi bernilai negatif (turun). Lemahnya kekuatan ikatan gelatin babi dengan NiO, menyebabkan sensoremas termodifikasi polianilin/NiO tidak mengalami perubahan massa yang signifikan, sehingga perubahan frekuensi yang dihasilkan bernilai positif (naik).

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Gelatin sapi dan gelatin babi dapat dibedakan menggunakan sensor emas *Quartz Crystal Microbalance* (QCM) yang telah dimodifikasi dengan polianilin/NiO. Sensor emas QCM termodifikasi polianilin/NiO ini dapat membedakan antara larutan gelatin sapi dan larutan gelatin babi pada pH basa. Hal ini ditandai dengan perbedaan yang teramati pada *Quartz Crystal Microbalance*, dimana perubahan frekuensi bernilai negatif (turun) saat pengujian pada larutan gelatin sapi dan bernilai positif (naik) saat pengujian pada larutan gelatin babi.

5.2 Saran

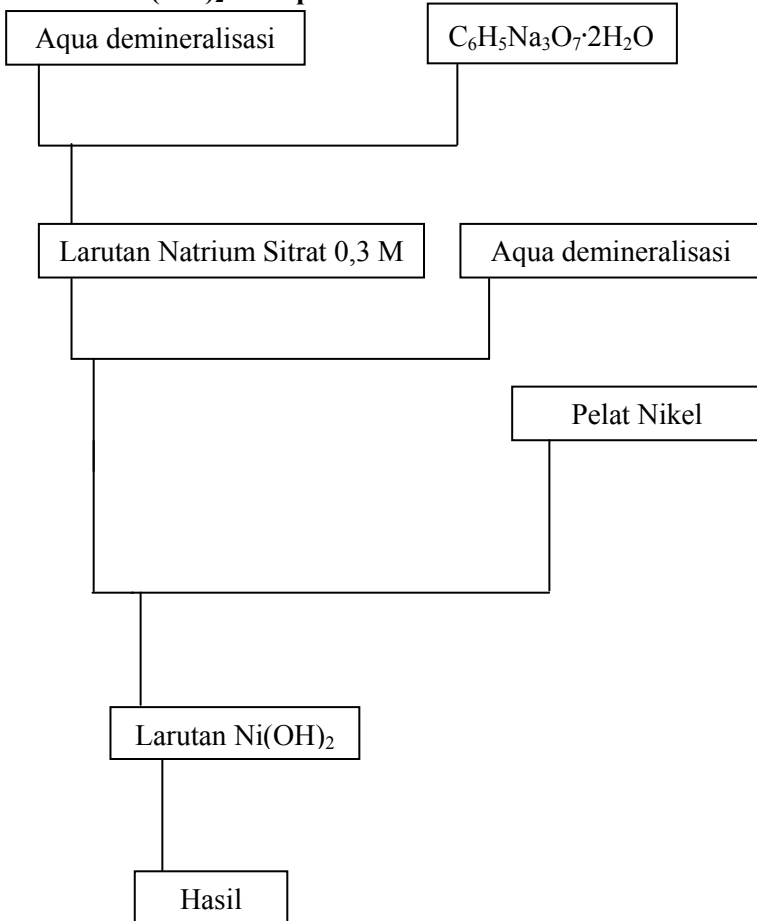
Dalam penelitian ini, sensor emas *Quartz Crystal Microbalance* (QCM) termodifikasi polianilin/NiO dapat mendeteksi adanya perbedaan gelatin sapi dan gelatin babi dalam bentuk gelatin yang terlarut dalam air. Agar dapat digunakan oleh masyarakat luas, perlu dilakukan pengembangan lebih lanjut agar sensor tersebut dapat digunakan untuk pengujian secara kuantitatif. Selain itu, perlu penelitian lebih lanjut tentang zat-zat yang memungkinkan akan mengganggu proses pendeteksian oleh sensor emas QCM termodifikasi polianilin/NiO dan juga metode preparasi makanan yang sesuai dengan sensor tersebut.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

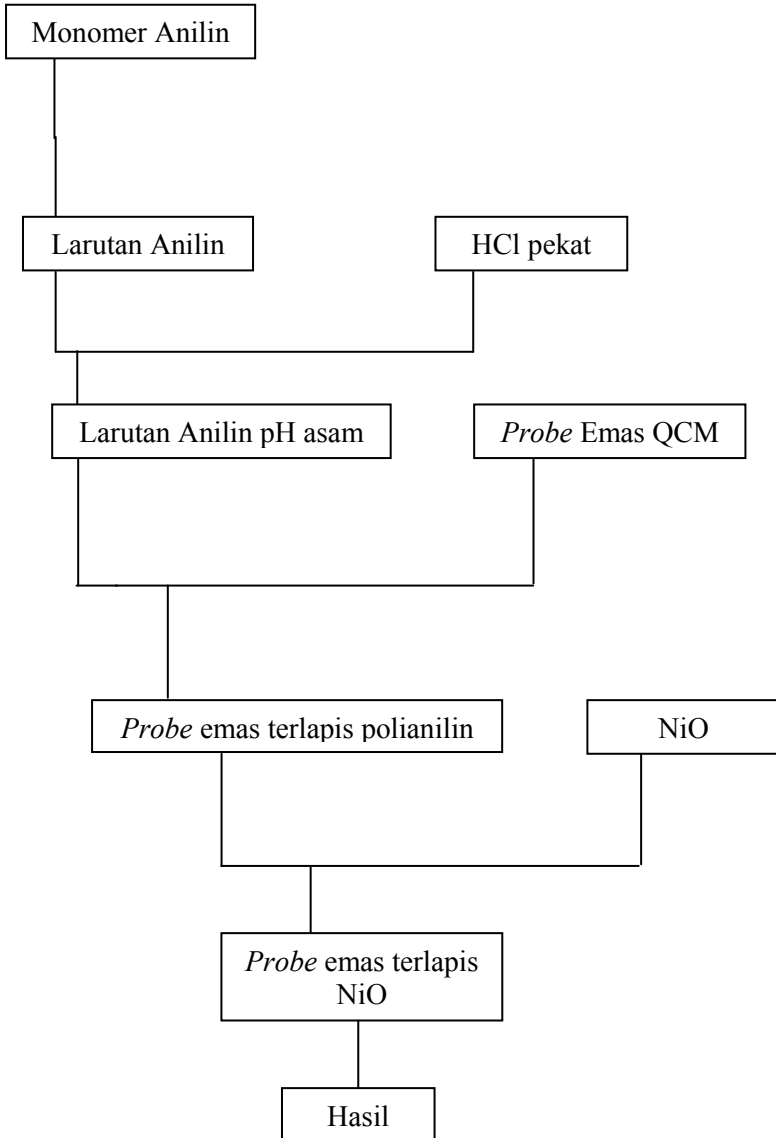
LAMPIRAN

LAMPIRAN A: SKEMA KERJA

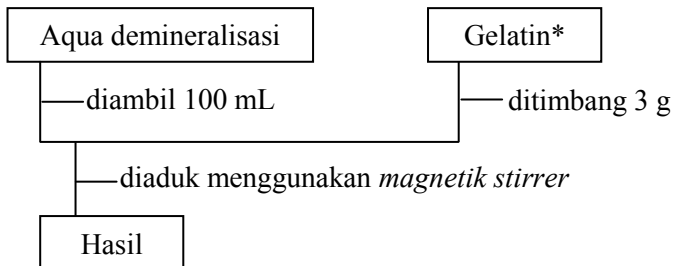
1. Sintesis Ni(OH)₂ Nanopartikel



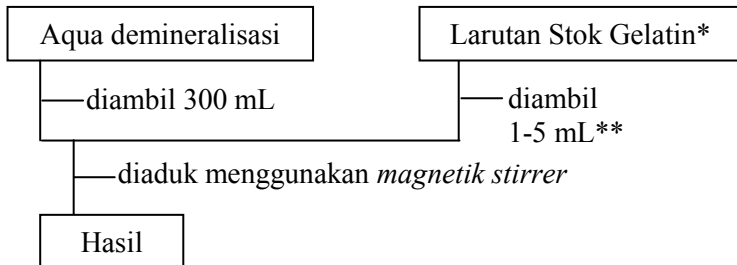
2. Pelapisan NiO pada *probe* QCM



3. Pembuatan 100 mL Larutan Stok Gelatin 30.000 ppm



4. Pembuatan 300 mL Larutan Gelatin pH Netral



* dengan variasi gelatin: gelatin sapi dan gelatin babi

** diambil sesuai dengan lampiran B.2

LAMPIRAN B : PERHITUNGAN**1. Pembuatan 100 mL Larutan Stok Gelatin* 30.000 ppm**

$$30000 \text{ ppm} = \frac{30000 \text{ mg gelatin}}{0,1 \text{ L aqua demineralisasi}} = \frac{3\text{g}}{100\text{mL}}$$

2. Pembuatan 300 mL Larutan Gelatin***a. 100 ppm**

$$\begin{aligned} M_1 \times V_1 &= M_2 \times V_2 \\ 30000 \text{ ppm} \times V_1 &= 100 \text{ ppm} \times 300 \text{ mL} \\ V_1 &= 1 \text{ mL} \end{aligned}$$

b. 200 ppm

$$\begin{aligned} M_1 \times V_1 &= M_2 \times V_2 \\ 30000 \text{ ppm} \times V_1 &= 200 \text{ ppm} \times 300 \text{ mL} \\ V_1 &= 2 \text{ mL} \end{aligned}$$

c. 300 ppm

$$\begin{aligned} M_1 \times V_1 &= M_2 \times V_2 \\ 30000 \text{ ppm} \times V_1 &= 300 \text{ ppm} \times 300 \text{ mL} \\ V_1 &= 3 \text{ mL} \end{aligned}$$

c. 400 ppm

$$\begin{aligned} M_1 \times V_1 &= M_2 \times V_2 \\ 30000 \text{ ppm} \times V_1 &= 400 \text{ ppm} \times 300 \text{ mL} \\ V_1 &= 4 \text{ mL} \end{aligned}$$

c. 500 ppm

$$\begin{aligned} M_1 \times V_1 &= M_2 \times V_2 \\ 30000 \text{ ppm} \times V_1 &= 500 \text{ ppm} \times 300 \text{ mL} \\ V_1 &= 5 \text{ mL} \end{aligned}$$

* dengan variasi gelatin: gelatin sapi dan gelatin babi

** diambil sesuai dengan lampiran B.3

DAFTAR PUSTAKA

- Aida, A.A., Che Man, Y.B., Wong C.M.V.L., Raha A.R., Son, R., (2005). "Analysis of Raw Meats and Fats of Pigs Using Polymerase Chain Reaction for Halal Authentication". *Meat Science* 69 (1), 47-52.
- Alquranulkarim.
- Aristory, M.C., dan Toldra, F., (2004). "Histidine dipeptides HPLC-based Test for The Detection of Mammalian Origin Proteins in Feeds for Ruminants". *Meat Science* 67 (2), 211-217.
- Ashok, D.D., Bacon, G.W., Osborne, C.R., (2004). "*The Past and Future of Nickel Laterites*". Flavelle Boulevard, Ontario, Canada.
- Budipramana, Y., Ersam, T., Kurniawan, F., Suprpto., (2014). "Synthesis Nickel Hidroxide by Electrolysis at High Voltage". *ARPN-JEAS*.
- Budiyanto, A.K., (2004). "*Dasar-dasar Ilmu Gizi*". UMM Press, Malang.
- Chen, F.C., dan Hsieh, Y.H., (2000). "Detection of Pork in Heat-processed Meat Products by Monoclonal Antibody-base ELISA". *Journal of AOAC International* 83 (1), 79-85.
- Chou, C.C., Lin, S.P., Lee, K.M., Hsu, C.T., Vickroy, T.W., Zen, J.M., (2007). "Fast Differentiation of Meats from Fifteen Animal Species by Liquid Chromatography with Electrochemical Detection Using Copper Nanoparticle Plated Electrodes". *Journal of Chromatography B* 846 (1-2), 230-239.

- Cirera, A., Cabot, A., Cornet, A., Morante, J.R., (2001). "CO-CH₄ Selectivity Enhancement by in-situ Pd-catalysed Microwave SnO₂ nanoparticles for Gas Detectors using Active Filter". *Sensors and Actuators B* 78, 151-160.
- Curie, J., dan Curie, P., (1880). "An Oscillating Quartz Crystal Mass Detector". *Rendu* 91, 294-297.
- Day, R.A., dan Underwood, A.L., (2002). "*Analisa Kimia Kuantitatif Edisi Keenam*". Erlangga, Jakarta.
- Demirhan, Y., Ulca, P., Senyuva, H.Z., (2012). "Detection of Porcine DNA in Gelatine and Gelatine -containing Processed Food Products- Halal/Kosher Authentication". *Meat Science* 90, 686-689.
- Dhawan, S.K., Kumar, D., Ram, M.K., Chandra, S., Trivedi, D.C., (1997). "Application of Conducting Polyaniline as Sensor Material for Ammonia". *Sensor and Actuators B* 40, 99-103.
- Fitriyana dan Kurniawan, F., (2014). "*Modifikasi Elektroda Kerja Emas dengan Polianilin-Enzim Invertase-Partikel Nano sebagai Biosensor Sukrosa*". Thesis Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- Guilbault, G.G., (1983). "Determination of Formaldehyde with an Enzyme Coated Piezoelectric Crystal". *Anal. Chem* 55, 1682-1684.
- Guilbault, G.G., dan Luong, J.H., (1988). "Gas Phase Biosensors". *J. Biotechnol* 9, 1-10.
- Hafidz, R.N.R.M., Yakoob, C.M., Amin, I., Noorfaizan, A., (2011). "Chemical and Functional Properties of Bovine and Porcine Skin Gelatin". *International Food Research Journal* 18, 813-817.

- Hanani, Z.A.N., Beatty, E., Roos, Y.H., Kerry, J.P., (2012). "Manufacture and Characterization of Gelatine Films Derived from Beef, Pork, and Fish Sources Using Twin Screw Extrusion". *Journal of Food Engineering* 113, 606-614.
- Hanani, Z.A.N., Roos, Y.H., Kerry, J.P., (2012). "Use of Beef, Pork and Fish Gelatine Sources in the Manufacture of Films and Assesment of Their Composition and Mechanical Properties". *Food Hydrocolloids* 29, 144-151.
- Hastuti, D., dan Sumpe, I., (2007). "Pengenalan dan Proses Pembuatan Gelatin". *Mediagro vol 3 no 1*, 39-48.
- Hoffman, K., (1985). "Principal Problems in the Identification of Meat Species of Slaughter Animals Using Electrophoretic Methods". *Biochemical*, 9-31.
- Hutapea, T.P.H., Triana, Y., Kurniawan, F., (2014). "Pengaruh Variasi pH Elektropolimerisasi Anilin Terhadap Konduktivitas Polianilin". Dipublikasikan pada Seminar dan Diskusi Ilmiah Nasional di Samarinda.
- IUPAC, (1991). "Chemical Sensors Definitions and Classification". *Pure & Appl. Chem* 63, 1247-1250.
- Khan, Y., Durrani, S.K., Mehmoo, M., Jan, A., Abbasi, M.A., (2011). "pH-dependant Structural and Morphology Evolution of Ni(OH)₂ Nanostructures and Their Morphology Retention Upon Thermal Annealing to NiO". *Materials Chemistry and Physics* 130, 1169-1174.
- King, W.H., (1964). "Piezoelectric Sorption Detector". *Anal. Chem* 36, 1735-1741.
- Klabunde, K.J., (2001). "Nanoscale Material in Chemistry". John Wiley and Sons Inc., USA.

- Konash, P.L., dan Bastiaans, G.J., (1980). "A Saw Device for Immunoreactions". *Anal. Chem* 52, 1929-1935.
- Kounaves, S.P., (1987). "*Voltammetric Techniques*". Department of Chemistry, Tufts University, USA.
- MSDS, (2013). "*Aniline*". sciencelab.com, Inc., Houston, Texas.
- MSDS, (2013). "*Nickel Oxide*". sciencelab.com, Inc., Houston, Texas.
- MSDS, (2014). "*Nickel (II) Hydroxide Nanoparticles (Ni(OH)₂)*". US Research Nanomaterials, Inc., Houston, Texas.
- O'Sullivan, C.K., dan Guilbault, G.G., (1999). "Commercial Quartz Crystal Microbalance – Theory and Applications". *Biosensors and Bioelectronics* 14, 663-670.
- Park, K.H., dan Nam, C.W., (2008). "Status and Prospect of Nickel Resources and Processing". *Metals and Materials Engineering* 21, 1-9.
- Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 722 Tahun 1988 tentang Bahan Tambahan Makanan.
- Phillips, G.O., dan Williams, P.A., (2009). "*Handbook of Hydrocolloids Second Edition*". Woodhead Publishing Limited, Cambridge.
- Rawat, M., Singh, D., Saraf, S., (2006). "Nanocarriers: Promising Vehicle for Bioactive Drugs". *Biol. Pharm. Bull.* 29 (9), 1790-1798.
- Riyanto, (2013). "*Elektrokimia dan Aplikasinya*". Graha Ilmu, Yogyakarta.

- Rouessac, F., dan Rouessac, A., (2007). “*Modern Instrumentation Methods and Techniques 2nd edition*”. John Wiley and Sons, University of Le Mans, France.
- Ross, S.D., Finkelstein, M., Rudd, E.F., (1975). “*Anodic Oxiation*”. Academic Press, New York.
- Schrieber, R., dan Gareis, H., (2007). “*Gelatine Handbook*”. Wiley-VCH GmbH & Co., Weinheim.
- Sillen, L.G., dan Martell, A.E., (1964). “*Stability Constants of Metal-Ion Complexes*”. Special Publication 17, Chemistry Society, London.
- Sobral, P.J.A., Habitante, A.M.Q.B., (2001). “Phase Transitions of Pigskin Gelatin”. *Food Hydrocolloids* 15, 377-382.
- SRS (Stanford Research System), (2011). “*Operation and Services Manual QCM 200 Quartz Crystal Microbalance Digital Controller and QCM 25 5MHz Crystal Oscillator*”. Stanford Research System Inc., California.
- Wang, L., Liu, L., Holmes, J., Kerry, J.F., Kerry, J. P., (2007). “Assessment of Filmforming Potential and Properties of Protein and Polysaccharide-based Biopolymer Films”. *Food Science and Technology* 42, 1128-1138.
- Wolf, C., dan Luthy, J., (2001). “Quantitative Competitive (QC) PCR for Quantification of Porcine DNA”. *Meat Science* 57, 109-119.
- Zhou, G.T., Yao, Q.Z., Wang, X., Yu, J.C., (2006). “Preparation and Characterization of Nanoplates of Nickel Hydroxide and Nickel Oxide”. *Materials Chemistry and Physics* 98, 267-272.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BIODATA PENULIS



Penulis dilahirkan di Sidoarjo, 28 Maret 1993 dengan nama lengkap Ari Nugroho. Penulis menempuh pendidikan formal di SD Negeri Sidoklumpuk 1, SMP Negeri 1 Sidoarjo dan SMA Negeri 3 Sidoarjo. Setelah lulus dari SMA pada tahun 2010, penulis mengikuti PMDK dan diterima di jurusan Kimia ITS Surabaya dengan NRP 1410 100 027. Di Jurusan Kimia ini, penulis mengambil bidang minat Kimia Instrumentasi dan Sains Analitik dibawah bimbingan Dr. rer. nat. Fredy Kurniawan, M.Si. Penulis pernah aktif organisasi di Himpunan Mahasiswa Kimia (HIMKA) sebagai staf Bidang Kaderisasi Departemen Pengembangan Sumber Daya Mahasiswa pada tahun 2011-2012 dan sebagai kepala Bidang Kaderisasi Departemen Pengembangan Sumber Daya Mahasiswa pada tahun 2012-2013. Selama kuliah penulis juga aktif pada UKM jurusan seperti Chemistry Futsal Club (CFC), Volley of Chemistry (VOC), dan Chemistry Adventure Society (CAS). Selain itu penulis pernah kerja praktek di Laboratorium Departemen Research and Development PT Djarum, Kudus pada bulan Juli 2013 dan pernah menjadi asisten praktikum Kimia Dasar II tahun 2014. Penulis dapat dihubungi melalui email ari.nugroho2803@gmail.com.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”