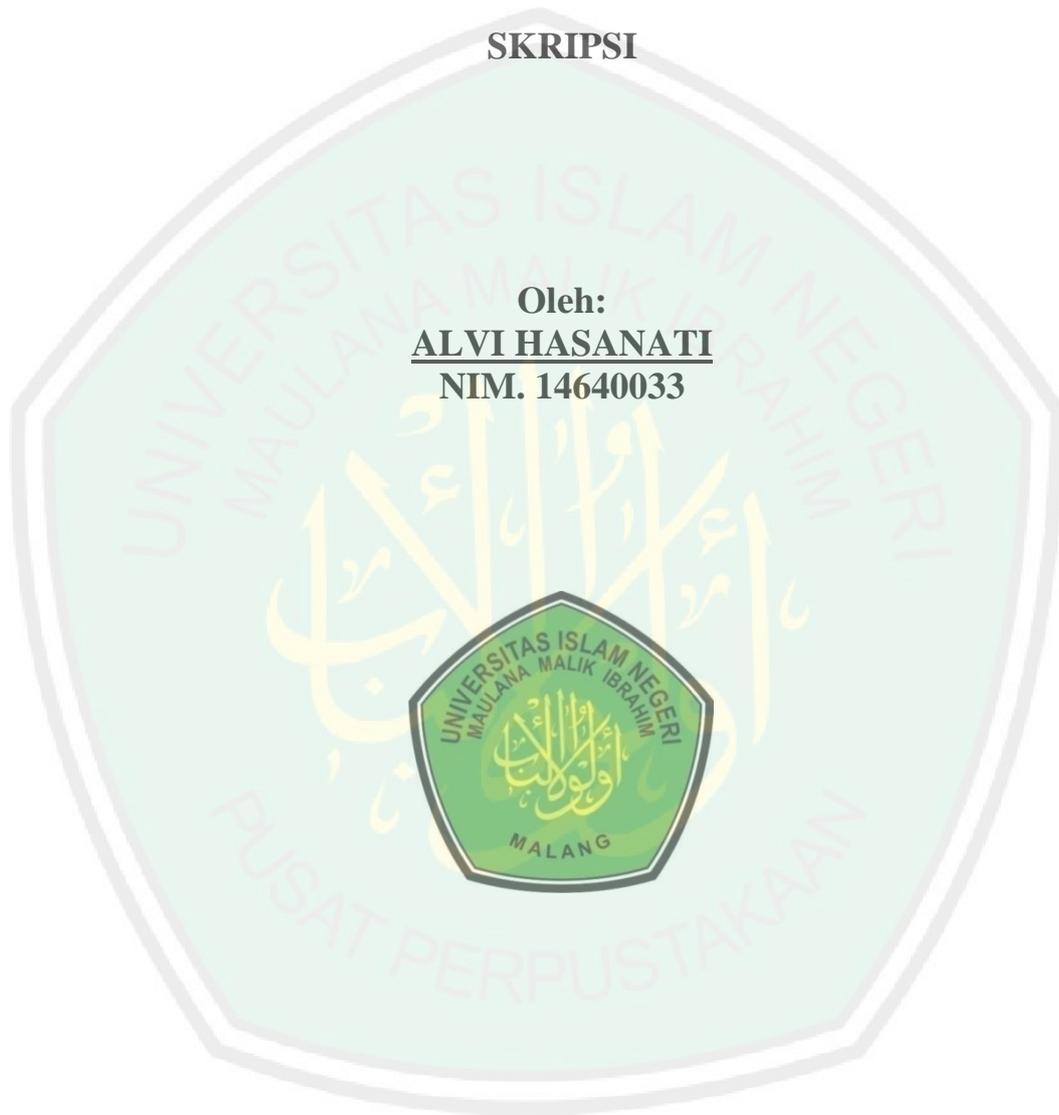


**KARAKTERISASI SENSOR QCM
DENGAN PELAPISAN BAHAN AKTIF
MEMBRAN *METHYLTRIOCTYL AMMONIUM CHLORIDE*
PADA ELEKTRODA PERAK TERHADAP RESPON NaCl**

SKRIPSI

Oleh:
ALVI HASANATI
NIM. 14640033



**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2018**

**KARAKTERISASI SENSOR QCM
DENGAN PELAPISAN BAHAN AKTIF
MEMBRAN *METHYLTRIOCTYL AMMONIUM CHLORIDE*
PADA ELEKTRODA PERAK TERHADAP RESPON NaCl**

SKRIPSI

Diajukan kepada:

**Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang
Untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan Dalam
Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)**

Oleh:

**ALVI HASANATI
NIM. 14640033**

**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2018**

HALAMAN PERSETUJUAN

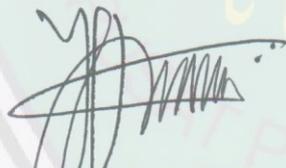
**KARAKTERISASI SENSOR QCM
DENGAN PELAPISAN BAHAN AKTIF
MEMBRAN *METHYLTRIOCTYL AMMONIUM CHLORIDE*
PADA ELEKTRODA PERAK TERHADAP RESPON NaCl**

SKRIPSI

Oleh:
Alvi Hasanati
NIM. 14640033

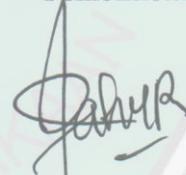
Telah diperiksa dan disetujui untuk Diuji
Pada tanggal: 27 September 2018

Pembimbing I,



Dr. Imam Tazi, M.Si
NIP. 19740730 200312 1 002

Pembimbing II,



Ahmad Abtokhi, M.Pd
NIP. 19761003 200312 1 004

Mengetahui,
Ketua Jurusan Fisika



Dr. Abdul Basid, M.Si
NIP. 19650504 199003 1 003

HALAMAN PENGESAHAN

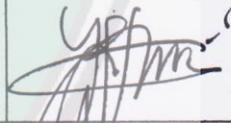
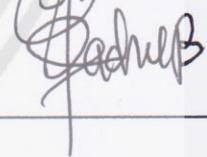
KARAKTERISASI SENSOR QCM
DENGAN PELAPISAN BAHAN AKTIF
MEMBRAN *METHYLTRIOCTYL AMMONIUM CHLORIDE*
PADA ELEKTRODA PERAK TERHADAP RESPON NaCl

SKRIPSI

Oleh:

Alvi Hasanati
NIM. 14640033

Telah Dipertahankan di Depan Dewan Penguji Skripsi dan
Dinyatakan Diterima Sebagai Salah Satu Persyaratan
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)
Tanggal : 16 Oktober 2018

Penguji Utama	:	<u>Farid Samsu Hananto, M.T</u> NIP. 19740513 200312 1 001	
Ketua penguji	:	<u>Erna Hastuti, M.Si</u> NIP. 19811119 200801 2 009	
Sekretaris Penguji	:	<u>Dr. Imam Tazi, M.Si</u> NIP. 19740730 200312 1 002	
Anggota penguji	:	<u>Ahmad Abtokhi, M.Pd</u> NIP. 19761003 200312 1 004	

Mengesahkan,
Ketua Jurusan Fisika




Drs. Abdul Basid, M.Si
NIP. 19650504 199003 1 003

PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Alvi Hasanati
NIM : 14640033
Jurusan : Fisika
Fakultas : Sains dan Teknologi
Judul Penelitian : Karakterisasi Sensor QCM dengan Pelapisan Bahan Aktif Membran *Methyltrioctyl Ammonium Chloride* pada Elektroda Perak terhadap Respon NaCl

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa hasil penelitian saya ini tidak terdapat unsur-unsur penjiplakan karya penelitian atau karya ilmiah yang pernah dilakukan atau dibuat oleh orang lain, kecuali yang tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila ternyata hasil penelitian ini terbukti terdapat unsur-unsur jiplakan maka saya bersedia untuk mempertanggung jawabkan, serta diproses sesuai peraturan yang berlaku.

Malang, 16 Oktober 2018
Yang Membuat Pernyataan,



Alvi Hasanati
NIM. 14640033

MOTTO

“Every Extraordinary Thing Begins From Little Things”
“Semua yang Luar Biasa Berawal dari Hal Kecil”



HALAMAN PERSEMBAHAN

Disetiap tempat yang kita rantai pasti ada seorang teman atau bahkan menjadi seperti keluarga sendiri. Karena Allah SWT tidak akan membiarkan makhluknya hidup sendiri dan tanpa bantuan orang lain.

Karya Ini Kupersembahkan Kepada:

Yang selalu menyayangiku dan memberi apapun yang kumau,
Ibukku Srimi dan bapakku Samadi, S.Pd.I tersayang terimakasih telah mendoakan setiap detikmu, memberi dukungan moril dan materil.

Dua kakakku tersayang,

Anis Ummu Kholifatun Nisa', S.Pd dan M. Amirul Halim, M.Pd.

Kalian penyemangatku dalam menyelesaikan tugas akhir ini. Terimakasih atas kasihsayangmu selama ini.

Para Pembaca yang haus akan pengembangan ilmu teknologi dan juga kepada orang-orang yang melakukan penelitian dibidang ini.

KATA PENGANTAR

Alhamdulillahirobbil'alamin, segala puji dan syukur kepada Allah SWT yang telah melimpahkan segala rahmat dan nikmatnya berupa kesehatan, kesempatan, kekuatan, keinginan, serta kesabaran, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik. Skripsi yang telah penulis susun berjudul “Karakterisasi Sensor QCM dengan Pelapisan Bahan Aktif Membran *Methyltrioctyl Ammonium Chloride* pada Elektroda Perak terhadap Respon NaCl”. Sholawat serta salam penulis panjatkan kepada Rasulullah Muhammad SAW, yang telah menuntun manusia dari zaman jahiliyah menuju zaman yang terang benderang, yang penuh dengan ilmu pengetahuan luar biasa saat ini.

Penulis menyadari bahwa penulisan skripsi ini tidak akan tersusun dengan baik tanpa adanya bantuan dari pihak-pihak yang terkait. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu penulis dalam penyusunan penulisan skripsi ini.

Ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya penulis ucapkan kepada:

1. Prof. Dr. H. Abdul Haris, M.Ag selaku Rektor Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
2. Dr. Sri Harini, M.Si selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
3. Drs. Abdul Basid, M. Si selaku Ketua Jurusan Fisika Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
4. Dr. Imam Tazi, M.Si selaku dosen pembimbing Jurusan Fisika Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.

5. Ahmad Abtokhi, M.Pd selaku dosen pembimbing integrasi sains dan islam Jurusan Fisika Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
6. Farid Samsu Hananto, M.T selaku Dosen Wali.
7. Segenap Dosen, Laboran, dan Admin Jurusan Fisika Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
8. Kedua orang tua, kakak dan keluarga yang selalu mendoakan serta memberi dukungan yang berharga.
9. Segenap anggota *sensor team* Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang yang telah membantu penyusunan skripsi ini baik dari segi ide dan waktu.
10. Teman-teman fisika instrumentasi dan fisika 2014 yang selalu memberikan dukungan dan bantuan dalam penyusunan skripsi ini.
11. Sahabat-sahabatku (Eva, Arum, Laily, Mayang, Mery, Anik, Vira, Nanum, Sofi, Gimas, dan Feny) yang selalu ada.
12. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu yang telah banyak mambantu menyelesaikan skripsi ini.

Dalam penyusunan skripsi ini, penulis sangat menyadari masih ada banyak kekurangan dan kekeliruan dikarenakan keterbatasan kemampuan. Semoga skripsi ini dapat menambah khasanah pustaka dan bermanfaat bagi orang lain.

Malang, 16 Oktober 2018

Penulis

DAFTAR ISI

COVER	i
HALAMAN JUDUL	ii
HALAMAN PERSETUJUAN	iii
HALAMAN PENGESAHAN	iv
PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN	v
MOTTO	vi
HALAMAN PERSEMBAHAN	vii
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
ABSTRAK	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	7
1.3 Tujuan Penelitian	8
1.4 Batasan Masalah	8
1.5 Manfaat Penelitian	9
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	10
2.1 Kajian Pustaka	10
2.2 Dasar Teori	12
2.2.1 Lidah	12
2.2.2 Rasa Asin (NaCl)	14
2.2.3 Sensor <i>Quartz Crystal Microbalance</i>	15
2.2.4 Pelapisan dengan Teknik <i>Spin Coating</i>	18
2.2.5 Membran Lipid <i>Methyltrioctyl Ammonium Chloride</i>	19
2.2.6 OpenQCM	25
2.2.7 <i>Frequency Counter</i>	29
2.2.8 Osilator	30
2.2.9 Pelarutan	33
2.2.10 Kaitan Penelitian dengan Al-Qur'an	35
BAB III METODE PENELITIAN	39
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	39
3.2 Alat dan Bahan Penelitian	39
3.2.1 Alat Penelitian	39
3.2.2 Bahan-Bahan penelitian	40
3.3 Diagram Alir Penelitian	41
3.4 Prosedur Penelitian	42
3.4.1 Tahap Persiapan	42
3.4.2 Tahap Pengambilan Data	45
3.4.3 Tahap Pengolahan Data	49
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	51
4.1 Data Hasil Penelitian	53
4.1.1 Preparasi Sampel dan Proses Pengujian Rasa Asin	53

4.1.2	Data Hasil Pengujian Frekuensi Sensor	57
4.1.3	Data Hasil Pengujian <i>Response Time</i>	59
4.1.4	Data Hasil Pengujian Deteksi Limit	64
4.1.5	Data Hasil Pengujian Sensitivitas.....	69
4.2	Pembahasan.....	75
4.3	Kajian Integrasi Islam	79
BAB V PENUTUP		83
5.1	Kesimpulan	83
5.2	Saran.....	84
DAFTAR PUSTAKA		
LAMPIRAN		



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Letak Reseptor Rasa pada Lidah	12
Gambar 2.2	Bagian-Bagian dari Sensor QCM	17
Gambar 2.3	Alat <i>Spin Coater</i>	19
Gambar 2.4	Struktur 2D <i>Methyltrioctyl Ammonium Chloride</i>	21
Gambar 2.5	Proses Rasa pada Sistem Biologi	22
Gambar 2.6	Struktur Membran Lipid	23
Gambar 2.7	Interaksi Membran dengan NaCl	24
Gambar 2.8	Arduino Mikro	27
Gambar 2.9	Rangkaian Sirkuit QCM <i>Arduino Shield</i>	28
Gambar 2.10	Rangkaian Sensor Temperatur	29
Gambar 2.11	Resonator Kristal Kuarsa Model <i>Butterworth Van Dyke</i>	32
Gambar 3.1	Diagram Alir penelitian.....	41
Gambar 3.2	Diagram Pembuatan Membran.....	43
Gambar 3.3	Rencana Analisis <i>Response Time</i> Sensor QCM.....	50
Gambar 3.4	Rencana Analisis Deteksi Limit Sensor QCM.....	50
Gambar 4.1	Sistem Pengujian Sensor QCM terhadap Sampel NaCl.....	51
Gambar 4.2	<i>Response Time</i> Sensor QCM Elektroda Perak Murni	60
Gambar 4.3	<i>Response Time</i> dengan Membran Lipid TOMA	61
Gambar 4.4	Hasil Pengujian <i>Response Time</i> Sampel NaCl.....	63
Gambar 4.5	Deteksi Limit Sensor QCM Elektroda Perak Murni	65
Gambar 4.6	Deteksi Limit Sensor QCM Dilapisi Membran Lipid.....	66
Gambar 4.7	Hasil Pengujian Deteksi Limit pada Sensor QCM.....	68
Gambar 4.8	Regresi Linear Sensor QCM Elektroda Perak Murni.....	71
Gambar 4.9	Regresi Linear Sensor QCM dengan Membran Lipid TOMA... ..	72

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Sifat Fisik Natrium Klorida Murni	15
Tabel 2.2 Ambang Batas dan Ambang Batas Pengenalan Rasa	15
Tabel 2.3 Karakteristik Fisik Bahan Kimia	20
Tabel 3.1 Rencana Pengambilan Data Frekuensi Kontrol	46
Tabel 3.2 Rencana Data NaCl Sebelum Pelapisan Membran Lipid	47
Tabel 3.3 Rencana Variasi Sampel NaCl Setelah Pelapisan Membran Lipid..	48
Tabel 4.1 Massa NaCl pada Proses Pelarutan.....	55
Tabel 4.2 Data Hasil Pengujian Frekuensi Dasar Sensor QCM.....	58
Tabel 4.3 Hasil Pengujian Sampel Larutan NaCl	58
Tabel 4.4 Hasil Analisis <i>Response Time</i> Sensor QCM pada NaCl.....	62
Tabel 4.5 Hasil Analisis Deteksi Limit Sensor QCM pada NaCl.....	67
Tabel 4.6 Hasil Analisis Sensitivitas Sensor QCM.....	73



DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1 Dokumentasi Kegiatan
- Lampiran 2 Data Hasil Pengujian terhadap Sampel NaCl
- Lampiran 3 Hasil Data *Response Time*
- Lampiran 4 Data Hasil Analisis Regresi Linear
- Lampiran 5 Penampang Data pada *Software*
- Lampiran 6 Bukti Konsultasi Skripsi



ABSTRAK

Hasanati, Alvi. 2018. **Karakterisasi Sensor QCM dengan Pelapisan Bahan Aktif membran *Methyltrioctyl Ammonium Chloride* pada Elektroda Perak terhadap Respon NaCl**. Skripsi. Jurusan Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Pembimbing: (I) Dr. Imam Tazi, M. Si (II) Ahmad Abtokhi, M.Pd

Kata Kunci: Sensor QCM, Membran Lipid, *Response Time*, Deteksi Limit, Sensitivitas

Pengujian sensor *Quartz Crystal Microbalance* (QCM) berbasis membran lipid digunakan untuk membedakan dua variasi sensor terhadap respon NaCl (rasa asin). Variasi sensor yang digunakan yaitu sensor QCM elektroda perak murni dan sensor QCM dilapisi membran lipid *Methyltrioctyl Ammonium Chloride*. Faktor karakterisasi tersebut meliputi *response time*, deteksi limit, dan sensitivitas. Metode dalam penelitian ini yaitu metode analisis regresi linear. Data yang dianalisis dari *output* sensor QCM yaitu frekuensi osilasi. Pengujian sampel dilakukan sebanyak 20 konsentrasi yaitu 0,1 M - 2 M dengan interval 0,1 M. Hasil *response time* sensor QCM dengan membran lebih cepat merespon sampel dengan nilai sebesar 12 s. Deteksi limit sensor QCM tanpa membran dapat bekerja pada konsentrasi sampel lebih kecil dari pada sensor QCM dengan membran lipid sebesar 0,8 M. Hasil sensitivitas sensor QCM dengan membran lipid lebih sensitif dengan nilai sensitivitas sebesar 1,78423502 MHz/mM. Berdasarkan data yang didapatkan menunjukkan bahwa sensor QCM dengan lapisan membran lipid *Methyltrioctyl Ammonium Chloride* lebih selektif daripada sensor QCM tanpa membran lipid.

ABSTRACT

Hasanati, Alvi. 2018. **Characterization of QCM Sensors with Active Materials Coating of *Methyltrioctyl Ammonium Chloride* Membrane on Silver Electrodes to NaCl response.** Thesis. Physics Department, Faculty of Science and Technology, State Islamic University Maulana Malik Ibrahim of Malang. Advisors: (I) Dr. Imam Tazi, M.Si. (II) Ahmad Abtokhi, M.Pd.

Key Words: QCM Sensor, Lipid Membrane, Respond Time, Limit Detection, Sensitivity

The testing of Quartz Crystal Microbalance (QCM) membrane based on lipid membrane is used to distinguish two sensor variations to the NaCl (salty taste) response. The used sensor variations are pure silver electrode QCM sensor and QCM sensor is coated with *Methyltrioctyl Ammonium Chloride* lipid membrane. These characterization factors include response time, limit detection, and sensitivity. The method of this study uses linear regression analysis. The analyzed data from output of QCM sensor is the oscillation frequency. The samples testing is 20 concentrations, that is 0,1 M - 2 M with 0,1 M intervals. The result response time, QCM sensor with membrane responds more quickly with a value of 12 s. Detection limit of QCM sensor without membrane can work at a smaller sample concentration than the QCM sensor with membrane, that is 0,8 M. The sensitivity of QCM sensor with membrane is more sensitive to sample with a sensitivity value of 1,78423502 MHz/M. Based on the data obtained, the QCM sensor with *Methyltrioctyl Ammonium Chloride* lipid coated membrane is more selective than the QCM sensor without lipid membrane.

ملخص البحث

حسنتى. ألقى 2018. توصيف رقابة (*Quartz Crystal Microbalance*) QCM مع طلاء المواد الفعالة للأغشية لكلوريد الأمونيوم الميتيلتروجيل (*Methyltrioctyl Ammonium Chloride*) في أقطاب الكهربيائي الفضة على استجابة NaCl. البحث الجامعي. قسم الفيزياء، كلية العلوم والتكنولوجيا، جامعة مولانا مالك إبراهيم الإسلامية الحكومية، مالانج. الاشراف: (الاول) الدكتور إمام تازي، الماجستير وأحمد أبطخي، الماجستير

الكلمات الرئيسية: الرقابة QCM، الأغشية الدهنية، زمن الاستجابة، والكشف الحد، والحساسية.

تستخدم اختبار رقابة (*Quartz Crystal Microbalance*) QCM القائمة على الأغشية الدهنية في اختلافين للرقابة على استجابة NaCl (الذوق المالح). تستخدم اختلاف الرقابة أي الرقابة QCM للفضة الخالص والرقابة QCM تغلف الأغشية الدهنية لكلوريد الأمونيوم الميتيلتروجيل. العوامل المميزة هي زمن الاستجابة والكشف الحد والحساسية. الطريقة في هذا البحث هي طريقة تحليل الانحدار الخطي. البيانات هي خرج الرقابة QCM في شكل تردد التذبذب. قد أجرى اختبار العينات في 20 تركيزات، يعني 0,1م - 2م مع فترات 0,1م. نتيجة زمن استجابة لرقابة QCM المغلف بالأغشية الدهنية هي أسرع للعينة بقيمة 12 دقائق. الكشف الحد لرقابة QCM المغلف بالأغشية الدهنية هو أصغر من الرقابة QCM المغلف بالأغشية الدهنية بقدرة 0,8م. نتيجة الحساسية لرقابة QCM المغلف بالأغشية الدهنية هي أحساسى بقيمة حساسية 1,78423502 ميغاهرتز/م. استنادًا إلى البيانات دل أن لرقابة QCM المغلف بالأغشية الدهنية لكلوريد الأمونيوم الميتيلتروجيل هي أكثر انتقائية من الرقابة QCM دون الأغشية الدهنية.

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Manusia mempunyai sistem kekebalan tubuh yang berbeda, ada yang rentang terhadap penyakit dan ada manusia yang kebal terhadap penyakit. Sistem imunitas tubuh selain membantu manusia dalam perbaikan DNA juga mencegah terjadi infeksi yang disebabkan oleh bakteri, virus, jamur, dan organisme lainnya, dan menghasilkan antibodi sejenis protein yang disebut *immunoglobulin*. *Immunoglobulin* untuk memerangi serangan bakteri dan virus asing ke dalam tubuh sehingga menyebabkan penyakit. Tubuh manusia sebaiknya dijaga dengan beberapa makanan yang sehat atau mengonsumsi vitamin (Mading dan Yunarko, 2014).

Mengonsumsi makanan tertentu yang bisa meningkatkan imun tubuh merupakan hal penting yang harus diperhatikan, karena sangat efektif untuk menjaga kesehatan dan keseimbangan tubuh dalam waktu yang panjang. Makanan merupakan sumber energi dan tenaga bagi tubuh agar dapat melakukan berbagai aktivitas (Amalinda, 2016). Seiring dengan perkembangan zaman semakin banyak jenis makanan yang perlu diteliti kandungannya. Begitu banyak makanan yang menggunakan bahan pengawet, pemanis buatan, pewarna yang berbahaya, begitupula makanan yang dicampur dengan bahan berbahaya. Firman Allah SWT menjelaskan dalam Surah Abasa ayat 24.

فَلْيَنْظُرِ الْإِنْسَانُ إِلَى طَعَامِهِ ۚ

“Maka seharusnya manusia memperhatikan makanannya” (Q.S. Abasa: 24).

Surat Abasa ayat 24 menjelaskan bahwa salah satu dari perwujudan syukur manusia atas segala nikmatNya, dapat diterapkan dalam memperhatikan makanan yang dikonsumsi serta bagaimana makanan itu terbentuk. Sehingga jika manusia telah mengerti akan proses-prosesnya, manusia akan lebih bersyukur. Selain itu juga memperhatikan adanya kandungan gizi dari masing-masing makanan yang seharusnya dibutuhkan manusia. Seiring dengan perkembangan zaman semakin banyak jenis makanan yang mengandung bahan berbahaya yang bisa berakibat negatif pada tubuh. Manusia harus berhati-hati dalam memilih makanan.

Bahan yang terdapat pada makanan biasanya mengandung rasa asin. Rasa asin diwakili oleh garam. Apabila garam dikonsumsi lebih banyak maka akan timbul beberapa penyakit yang membahayakan tubuh. Penyakit yang timbul akibat kebanyakan mengonsumsi garam pada makanan yaitu meningkatkan resiko tekanan darah tinggi, stroke, obesitas, jantung koroner, penyakit ginjal, dan sebagainya. Garam memang penting bagi tubuh, namun berlebihan dalam mengonsumsi makanan mengandung garam bisa menyebabkan penyakit. Salah satu organ yang berinteraksi dengan makanan yaitu lidah, karena lidah berfungsi sebagai indra perasa. Lidah sangat berhubungan dengan makanan, karena makanan yang masuk pada mulut langsung dibantu mencerna oleh lidah.

Lidah berfungsi untuk membantu pencernaan makanan dengan mengunyah dan menelan. Permukaan lidah yang tampak berbintil-bintil merupakan tempat ujung-ujung saraf pengecap. Indra pengecap dapat menerima rangsangan bahan makanan atau minuman yang terlarut (Tussunyah, 2016). Lidah memiliki jutaan sensor yang mampu mengenali rasa, sehingga memunculkan inisiatif para

peneliti untuk menciptakan alat yang serupa dengan lidah manusia. Seluruh rasa dapat dirasakan oleh permukaan lidah, tetapi satu jenis rasa akan lebih sensitif pada daerah tertentu. Tidak semua bagian lidah peka terhadap rangsangan zat kimia dan daerahnya juga khusus untuk rasa tertentu.

Lidah hanya terdapat 4 jenis rasa utama yaitu manis, asin, asam, dan pahit, namun rasa-rasa lain seperti rasa coklat, rasa teh, pedas, merupakan campuran dari berbagai rasa yang dikombinasi dengan penciuman pada hidung. Baru-baru ini telah ditemukan rasa baru yaitu gurih (umami) yang menjadi pelengkap lima dasar dalam indra perasa. Oleh karena itu, semua alat indra pada dasarnya saling mempengaruhi satu dan lainnya (Langgeng, dkk. 2013). Jika manusia memakan makanan yang manis, maka ujung lidah akan merespon bahwa rasa makanan tersebut manis, kemudian mengirim signal berupa informasi ke otak. Manusia akan mengetahui bahwa rasa makanan tersebut adalah manis, begitu juga dengan bagian lidah yang lain (Tussuniyah, 2016).

Rasa memiliki kuncup-kuncup saraf pengecap yang sangat peka terhadap rangsang rasa minuman atau makanan yang masuk ke dalam organ yaitu mulut yang terletak pada bintil-bintil lidah. Reseptor rasa pahit di pangkal lidah, rasa asam ada di sisi lidah bagian dalam, dan rasa asin dan manis terletak di ujung lidah. Manusia merasakan rasa tersebut karena terdapat reseptor pada lidah yang dapat menerima rangsangan. Reseptor tersebut adalah kuncup pengecap atau papila pengecap. Papila pengecap adalah tonjolan-tonjolan pada permukaan dan kuncup pengecap merupakan bintil-bintil lidah (Toko, 2000).

Perkembangan zaman yang semakin pesat membuat para peneliti mengembangkan sensor. Sensor merupakan alat yang mengubah dari suatu besaran fisika menjadi suatu besaran listrik. Sensor adalah detektor yang mempunyai kemampuan untuk mengukur beberapa jenis kualitas fisik yang terjadi, seperti tekanan, suhu, dan cahaya. Sensor juga sering digunakan sebagai pendeteksi saat melakukan pengukuran atau pengendalian. Sensor memiliki banyak jenis yang digunakan dalam rangkaian elektronik seperti sensor cahaya, sensor suhu, dan sensor tekanan. Sensor juga dapat diterapkan menyerupai indra manusia seperti mata (penglihatan), telinga (pendengaran), hidung (penciuman), lidah (perasa) yang nantinya bisa dijadikan indra elektronik (Santoso dkk, 2013).

Konsep lidah elektronik atau sensor rasa telah berkembang pesat selama beberapa tahun terakhir karena potensi yang sangat besar. Sensor elektrokimia yang dikombinasikan dengan analisis data multivariat. Lidah elektronik *voltammetric* telah terbukti berharga dalam banyak aplikasi. Sensor ini digunakan untuk pemantauan proses industri secara *online*. Lidah elektronik *voltammetric*, dijelaskan bahwa sensor ini dirancang khusus untuk digunakan dalam industri susu. Lidah elektronik ini terdiri dari empat elektroda kerja (emas, platinum, rodium dan *stainless steel*). Penelitian ini dimanfaatkan dalam bidang industri, yang berfungsi untuk memonitoring secara *online* kualitas susu mulai dari proses pengangkutan sampai proses pengemasan dan penyimpanan, hal ini berguna untuk mengurangi resiko kerugian (Winqvist dkk, 2005).

QCM (*Quartz Crystal Microbalance*) merupakan sensor yang sering digunakan untuk sebagai alat penciuman elektronik (*electronic nose*). Sensor QCM

juga dapat mendeteksi berbagai karakteristik aroma. Sensor ini dapat diaplikasikan untuk mendeteksi berbagai gas-gas berbahaya yang beracun, sehingga dibuat alat seperti hidung elektronik, karena apabila dideteksi menggunakan hidung manusia sangat berbahaya. Sensor QCM selain digunakan dalam alat hidung elektronik bisa diaplikasikan dalam bidang kesehatan, makanan, dan keamanan (Rahayu dkk, 2014).

Sensor QCM selain menguji sampel gas juga dapat menguji larutan (sampel cairan). Penelitian ini dapat dibuktikan bahwa sensor QCM dapat membedakan rasa dari sampel cairan yang digunakan. Semua cairan yang diuji menunjukkan peningkatan pergeseran frekuensi dengan meningkatnya kandungan zat terlarut. Pengukuran frekuensi tersebut menggunakan banyak larutan, salah satunya larutan sakarida menghasilkan perubahan frekuensi pergeseran maksimum dibandingkan dengan larutan lainnya (Wesoły dkk, 2016).

Lalu Sahrul Hudha dalam penelitiannya menjelaskan bahwa sensor QCM (*Quartz Crystal Microbalance*) dapat mengukur perubahan frekuensi dengan cara menambah massa per unit area pada resonator kristal kuarsa. Suatu teknik pelapisan yang dapat menghasilkan lapisan yang diinginkan adalah teknik *spin coating*. Alat ini memiliki kestabilan putaran yang terkontrol karena sistem kontrol yang dikembangkan pada alat ini bersifat *close loop*. Hasil setelah dilakukan pelapisan terhadap permukaan kristal kuarsa menggunakan alat *spin coater* ini, didapatkan korelasi antara kecepatan rotasi dan konsentrasi larutan *polysterine* terhadap beda frekuensi kristal yang terukur (Hudha dkk, 2013).

Kobayashi menjelaskan bahwa sensor rasa *multichannel* dengan selektivitas global terdiri dari beberapa jenis membran lipid/polimer. Membran lipid berfungsi untuk mengubah informasi tentang zat rasa menjadi sinyal listrik. *Output* sensor menunjukkan perbedaan pola untuk zat kimia yang memiliki kualitas rasa berbeda pada rasa asin dan pahit, sementara itu menunjukkan pola serupa pada zat kimia. Penelitian tersebut menunjukkan bahwa sensor rasa ini bisa merespon rasa. Sensor ini bisa dianggap sebagai sensor cerdas. Sensor-sensor ini dapat mengukur rasa dasar dari rasa asin, rasa asam, rasa pahit, rasa pahit, umami. Seluruh aspek sensor rasa ini berdasarkan lipid buatan, mulai dari prinsip respon dan metode desain yang optimal untuk aplikasi di pasar makanan, minuman, dan farmasi (Kobayashi dkk, 2010).

Lidah elektronik ini tidak dapat mengalahkan lidah yang asli, karena dalam pembuatan lidah elektronik ada standar dari pembuatannya. Standar bakunya sendiri adalah lidah manusia. Lidah elektronik ini tidak bermaksud untuk mengganti keseluruhan dari lidah yang dimiliki manusia. Lidah elektronik ini meminimalisir resiko yang berbahaya terhadap lidah manusia itu sendiri. Pengembangan kinerja sensor QCM ini diharapkan lebih akurat, karena penelitian ini ditunjukkan untuk menguji daerah kerja dan sensitivitas suatu sensor QCM elektroda perak berlapis membran yang optimal dalam mengidentifikasi suatu rasa asin. Penelitian ini bisa dikembangkan untuk menguji suatu makanan berpengawet dan berbahaya.

Lidah memiliki lima rasa pokok yaitu asam, pahit, manis, gurih, dan asin. Penelitian ini akan dilakukan pengujian pada rasa asin yang menggunakan larutan

NaCl. Sensor QCM elektroda perak akan dilapisi membran *Methyltrioctyl Ammonium Chloride*. Proses pengembangan alat ini diharapkan akan timbul sesuatu alat yang lebih baik dari yang sebelumnya. Penelitian ini ditunjukkan hanya pada rasa asin dan untuk menguji karakterisasi sensor QCM (*Quartz Crystal Microbalance*) elektroda perak dengan pelapisan bahan aktif membran *Methyltrioctyl Ammonium Chloride* terhadap respon NaCl mewakili rasa asin.

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana *response time* sensor QCM dengan bahan aktif membran lipid *Methyltrioctyl Ammonium Chloride* menggunakan elektroda perak terhadap larutan NaCl yang mewakili rasa asin?
2. Bagaimana deteksi limit sensor QCM dengan bahan aktif membran lipid *Methyltrioctyl Ammonium Chloride* menggunakan elektroda perak terhadap larutan NaCl yang mewakili rasa asin?
3. Bagaimana sensitivitas sensor QCM dengan bahan aktif membran lipid *Methyltrioctyl Ammonium Chloride* menggunakan elektroda perak terhadap larutan NaCl yang mewakili rasa asin?

1.3 Tujuan Penelitian

1. Mengetahui *response time* sensor QCM dengan bahan aktif membran lipid *Methyltrioctyl Ammonium Chloride* menggunakan elektroda perak terhadap larutan NaCl yang mewakili rasa asin.
2. Mengetahui deteksi limit sensor QCM dengan bahan aktif membran lipid *Methyltrioctyl Ammonium Chloride* menggunakan elektroda perak terhadap larutan NaCl yang mewakili rasa asin.
3. Mengetahui sensitivitas sensor QCM dengan bahan aktif membran lipid *Methyltrioctyl Ammonium Chloride* menggunakan elektroda perak terhadap larutan NaCl yang mewakili rasa asin.

1.4 Batasan Masalah

1. Sampel hanya menggunakan NaCl (*Natrium Clorida*) yang berfasa cair.
2. Membran yang digunakan hanya membran lipid *Methyltrioctyl Ammonium Chloride*.
3. Sampel uji hanya pada batas 0 M sampai 2 M dikarenakan keterbatasan alat ukur sampel.
4. Pelapisan membran lipid menggunakan teknik *spin coating*, tidak membahas ketebalan membran.
5. Teknik *spin coating* tidak dibahas secara inti.
6. Analisis karakteristik membran tidak dibahas terlalu dalam, hanya pengaruhnya terhadap output sensor.
7. Rangkaian prosesor dan *software* yang digunakan dalam penelitian ini adalah produksi pabrik yang sudah terkalibrasi.

1.5 Manfaat Penelitian

1. Mengetahui karakteristik *response time*, sensitivitas, dan deteksi limit dari sensor QCM pada NaCl.
2. Mendapatkan pengetahuan baru tentang sensor QCM (*Quartz Crystal Microbalance*) yang dapat mengidentifikasi rasa dasar yaitu rasa asin.
3. Penelitian ini merupakan dasar untuk mengembangkan sensor lidah elektronik berbasis sensor QCM.



BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kajian Pustaka

Toko menjelaskan bahwa sensor rasa *multichannel* dengan selektivitas global terdiri dari beberapa jenis membran lipid/polimer. Membran lipid berfungsi untuk mengubah informasi tentang zat rasa menjadi sinyal listrik. *Output* sensor menunjukkan perbedaan pola untuk zat kimia yang memiliki kualitas rasa berbeda seperti rasa asin dan rasa pahit, sementara itu menunjukkan pola serupa untuk zat kimia yang serupa selera. Di sisi lain, sensor rasa memiliki pola respon yang serupa sama kelompok rasa yaitu sebagai contoh zat asam, HCl, asam sitrat dan asam asetat menunjukkan pola respon yang serupa. Zat asin, NaCl, KCl dan KBr menunjukkan pola respon yang serupa. Penelitian tersebut menunjukkan bahwa sensor rasa ini bisa merespon suatu rasa, dasarnya sensor ini bisa dianggap sebagai sensor cerdas (Toko, 1998).

E-tongue atau bisa dikenal sebagai lidah elektronik pertama ditemukan oleh Prof Toko (1998) dari Kyushu University. Penelitian ini memanfaatkan lipid buatan yang dapat merespon suatu rasa. Profesor Toko melalui penemuan pertamanya, kemudian dikembangkan dengan pengujian pada produk minuman. Hasil dari penelitian ini menunjukkan keberhasilan sensor dengan membran buatan yang bisa membedakan lima *merk* susu dan yogurt yang berbeda produksi.

Penelitian ini membahas mengenai pembuatan sensor berbasis pada *Quartz Crystal Microbalance* (QCM) yang mengandung lapisan sensor nano TiO₂. Penelitian ini menggunakan metode kimia untuk mensintesis struktur nano.

Sensor NO₂ yang dibangun beroperasi pada suhu kamar, yang mendapatkan keuntungan besar, karena sensor resistan yang didasarkan pada semikonduktor celah lebar seringkali memerlukan suhu operasi yang jauh lebih tinggi, terkadang setinggi 500 °C. Sensor QCM ini dapat digunakan dalam aplikasi seperti diagnostik medis dan kimia, dan juga untuk tujuan mendeteksi uap bahan peledak (Procek dkk, 2015).

Sharma dkk (2015) dalam penelitiannya, lapisan tipis membran lipid dibuat dengan menggunakan metode *dip/drop* pada elektroda. Selaput lipid untuk empat cita rasa dasar yaitu rasa manis, asam, rasa asin dan kepahitan disiapkan. Respon potensiometrik membran diukur untuk pelana dasar seperti glukosa, hidrogen klorida, natrium klorida, asam glutamat dan kina dalam konsentrasi molar yang berbeda. Respon menunjukkan sensitivitas membran untuk masing-masing kelabet. Telah ditunjukkan bahwa membran lipid dapat langsung dilapisi pada elektroda dan digunakan untuk aplikasi lidah secara elektronik (Sharma dkk, 2015).

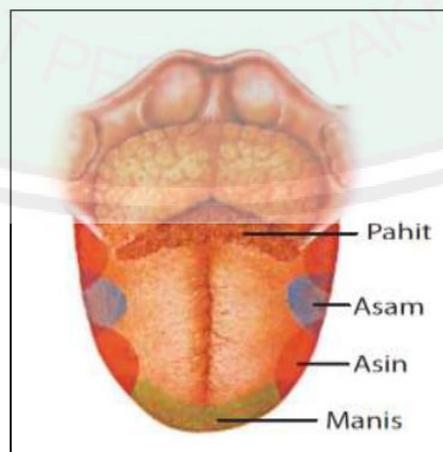
Sistem sensor rasa *multichannel*, yaitu *e-Tongue* dievaluasi untuk kelayakan menganalisis penekanan kepahitan dari formulasi dan perbandingan intensitas rasa zat kimia dalam pengembangan formulasi. Sensor tampak selektif untuk lima selera dasar yaitu rasa asam, rasa manis, rasa pahit, rasa asin, dan umami. Bidang farmasi memanfaatkan sensor rasa untuk mengetahui tingkat kepahitan obat yakni dari tingkat paling pahit sampai dengan yang kurang pahit (Zheng dan Keeney, 2006).

2.2 Dasar Teori

2.2.1 Lidah

Alat indra adalah alat dalam tubuh yang membantu interaksi manusia dengan lingkungan. Lidah adalah kumpulan otot rangka pada bagian lantai mulut yang dapat membantu pencernaan makanan dengan mengunyah dan menelan. Lidah merupakan massa jaringan pengikat dan otot lurik yang diselimuti oleh membran mukosa. Membran mukosa melekat erat pada otot karena jaringan penyambung lamina propia menembus ke dalam ruang-ruang antar berkas-berkas otot (Tussuniyah, 2016).

Tempat ujung-ujung saraf pengecap ini adalah yang tampak bintil-bintil pada permukaan lidah. Indra pengecap dapat menerima rangsangan bahan minuman atau makanan. Cara kerja lidah yaitu makanan atau minuman yang masuk ke dalam mulut akan merangsang ujung-ujung saraf pengecap. Pada saraf pengecap, rangsangan rasa kemudian dilanjutkan ke pusat saraf pengecap di otak (Tussuniyah, 2016).



Gambar 2.1 Letak Reseptor Rasa pada Lidah (Tussuniyah, 2016)

Rasa makanan terbagi atas lima dasar rasa, setiap rasa diwakili oleh suatu zat yaitu rasa manis diwakili oleh glukosa, rasa pahit diwakili oleh kina, rasa asam diwakili oleh HCl, rasa asin diwakili oleh NaCl atau KCl, dan rasa gurih diwakili oleh MSG (Amalinda, 2016). Rasa manis timbul dari senyawa organik alifatik yang didalamnya mengandung gugus hidroksi (OH), beberapa aldehid, gliserol, dan asam amino. Zat yang menyebabkan rasa manis hampir seluruhnya merupakan zat kimia organik. Zat aditif seperti pemanis buatan, sakarin dan siklamat dalam konsentrasi yang tinggi cenderung memberikan rasa pahit (Zuhra, 2006).

Rasa pahit diperoleh dari alkaloid-alkaloid, seperti kafein, kuinon, senyawa fenol (naringin, garam, Mg, NH₄ dan Ca). Rasa asin dihasilkan oleh garam anorganik yang berbentuk kristal yang biasa disebut NaCl. Garam iodida dan bromide memberikan rasa pahit, sedangkan garam Pb dan Be memberikan rasa manis. Rasa asam dihasilkan oleh donor proton. Intensitas rasa asam tergantung pada ion H⁺ yang dihasilkan dari hidrolis asam, misalnya asam pada cuka, buah-buahan dan sayuran (Zuhra, 2006).

Rasa umami ditimbulkan oleh glutamat, yaitu asam amino biasanya banyak terdapat pada protein ikan dan daging. Zat ini bereaksi melalui G-protein bersama reseptor atau *second messenger*, namun belum diketahui tahapan antara *second messenger* dan pelepasan *neurotransmitter*. Masyarakat Indonesia biasa mengatakan rasa umami ini sebagai rasa gurih. Umami adalah rasa yang dominan ditemukan pada makanan yang mengandung L-glutamat (terdapat pada ekstrak daging, ikan dan keju) (Wasilah, 2016).

2.2.2 Rasa Asin (NaCl)

Garam yaitu suatu senyawa kimia dengan nama *Sodium Chlorida* atau *Natrium Chlorida* (NaCl). Garam juga salah satu kebutuhan pelengkap untuk pangan dan sumber elektrolit bagi tubuh (Assadad dan Utomo, 2011). Garam merupakan padatan berwarna putih yang berbentuk kristal. Kumpulan senyawa yang terdapat dalam rasa asin sebagian besar terdiri dari *Natrium Chlorida* (>80%), serta senyawa-senyawa lain biasa disebut garam. Adapun senyawa tersebut seperti *Magnesium Chlorida*, *Magnesium Sulfat*, *Calcium Chlorida*. Garam memiliki sifat karakteristik hidroskopis yang berarti mudah menyerap air, tingkat kepadatan mencapai 0,8-0,9 dan titik lebur pada tingkat suhu 801 °C (Herman dan Joetra, 2015).

Natrium Chlorida (NaCl) merupakan garam yang banyak dijumpai di dunia. NaCl mengandung pengotor berupa *magnesium chlorida*, *magnesium sulfat*, *calcium chlorida*, *calcium sulfat*, dan air. Permukaan kristal garam terdapat pengotor, biasanya direduksi dengan proses pencucian, sedangkan pengotor yang berada di dalam kristal biasanya direduksi dengan cara rekristalisasi, yaitu dengan melarutkan kristal kemudian mengkristalkannya kembali. Pengotor ini dapat berada di permukaan kristal maupun terjebak di dalam kisi kristal. NaCl murni berbentuk kristal kubik berwarna putih dengan sifat fisik seperti pada tabel berikut (Martina dan Witono, 2014).

Tabel 2.1 Sifat Fisik Natrium Klorida Murni (Othmer, 1969)

Parameter	Keterangan
Massa Molekul, g/mol	58,44
Bentuk Kristal	Kubik
Warna	tidak berwarna-putih
Refraksi indeks	1,5442
Densitas, g/mL	2,165
Titik leleh, °C	801
Titik didih, °C	1413
Kekerasan, skala Mohs'	2,5
Kapasitas panas, J/g.°C	0,853
Panas peleburan, J/g	517,1
Panas pelarutan, 1 kg H ₂ O, 25 °C, kJ/mol	3,757
Kelembaban kritis pada 20 °C, %	75,3

Lidah manusia memiliki ambang batas (*threshold*) dan ambang batas pengenalan rasa (*recognition threshold*) dalam mengidentifikasi kualitas rasa pada lidah manusia. Ambang batas didefinisikan sebagai konsentrasi minimum yang mana perbedaan dari air dapat dideteksi, sedangkan ambang batas pengenalan rasa adalah batas konsentrasi untuk dapat mengenali kualitas rasa. Tabel 2.2 merinci contoh ambang batas dan batas pengenalan rasa pada lidah manusia (Toko, 2000).

Tabel 2.2 Ambang Batas dan Ambang Batas Pengenalan Rasa (Toko, 2000)

Rasa	Molekul	Ambang batas	Ambang batas pengenalan rasa
Manis	Sukrosa	10 mM	170 mM
Asin	NaCl	10 mM	30 mM
Asam	HCl	0,9 mM	-
Pahit	<i>Quinine</i>	8 µM	30 µM
<i>Umami</i>	MSG	2 mM	-

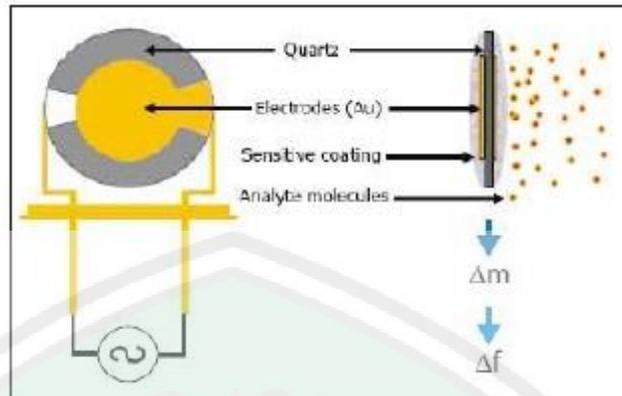
2.2.3 Sensor *Quartz Crystal Microbalance*

QCM (*Quartz Crystal Microbalance*) merupakan alat instrumen yang digunakan untuk mengukur massa dan viskositas dalam film lapis tipis. Alat sensor QCM ini memiliki kelebihan sensitivitas tinggi, kemudahan dalam pemakaian dan

sangat praktis penggunaannya (Candle dkk, 2015). Sensor QCM merupakan sensor gas yang dapat digunakan untuk mengukur suatu massa yang sangat kecil dengan data keluaran (*output*) berupa frekuensi osilasi. QCM adalah alat ukur presisi tinggi dengan karakteristik struktur sederhana, biaya rendah dan *output* waktu nyata. Sebuah sensor QCM digunakan sebagai sensor yang mendeteksi massa partikel, yang dipisahkan menurut ukuran penumbuk virtual (Zhao dkk, 2016).

Sensor QCM merupakan sebuah resonator kristal kuarsa yang perubahan frekuensi resonansinya dipengaruhi oleh absorpsi materi pada permukaan elektrodanya. Prinsip kerja sensor QCM adalah adanya pergeseran frekuensi pada kristal kuarsa akibat adanya perubahan massa di permukaan sensor. Pergeseran frekuensi pada sebuah resonator kristal kuarsa sebanding dengan penambahan massa pada permukaannya (Wahyuni dkk, 2012).

Sensor *Quartz Crystal Microbalance* (QCM) merupakan sensor yang sangat sensitif dan banyak digunakan untuk sensor gas. Sensor QCM terbuat dari lapisan kristal kuarsa tipis kosong dengan elektroda logam pada kedua sisinya. Permukaan lapisan kristal kuarsa sensor akan mengalami deformasi dan relaksasi ketika kedua elektroda dialiri arus listrik hingga terjadi eksitasi listrik. Peristiwa deformasi dan relaksasi permukaan tersebut tergantung pada dimensi kristal, timbulnya deformasi pada material tertentu akibat medan listrik. Penggunaan sensor QCM sebagai sensor gas dilakukan dengan memberikan lapisan pendeteksi sampel yang bersifat sensitif. Lapisan tersebut menyebabkan peningkatan massa sensor QCM dan mengakibatkan perubahan frekuensi resonansinya (Sharma dkk, 2014).



Gambar 2.2 Bagian-Bagian dari Sensor QCM (Mulyadi dan Rika, 2012)

Dengan adanya sifat *piezoelectric* maka resonator kuarsa dapat digunakan sebagai sensor kimiawi. Resonator kristal kuarsa yang memiliki membran yang sensitif terhadap gas dapat digunakan untuk pendeteksian gas. Molekul gas yang ditiupkan dan menempel pada membran yang sensitif ini akan menyebabkan perubahan pada massa membran yang akan mengakibatkan perubahan frekuensi resonansinya (Harjunadi dkk, 2015).

Namun ketika molekul gas ini telah lepas dari membran, frekuensi resonator ini akan kembali pada frekuensi awalnya. Hal ini biasa disebut dengan nama *mass loading effect* (Harjunadi dkk. 2015). Sensor QCM adalah osilator elektromekanis yang terdiri dari potongan tipis kristal kuarsa dengan elektroda logam (emas atau perak) yang sudah diendapkan pada dua sisinya. Bahan sensitif kimia yang tersimpan pada elektroda QCM berinteraksi dengan analit yang dapat menyebabkan penurunan frekuensi pada osilasi yang sebanding dengan massa absorpsinya, sesuai dengan persamaan sebagai berikut (Bearzotti dkk, 2017):

$$\Delta f = \frac{-C_f f_0^2 \Delta m}{A} \quad (2.1)$$

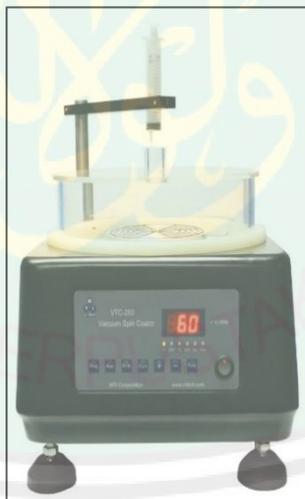
Dimana Δf adalah perubahan frekuensi (Hz), C_f adalah konstanta sensitivitas massa (s/g), f_0 adalah frekuensi resonansi awal elektroda (Hz), A adalah luas permukaan elektroda (cm²), dan Δm adalah perubahan massa (g).

Berdasarkan persamaan Sauerbrey yang telah dipaparkan sebelumnya menjelaskan bahwa nilai frekuensi resonansi sensor QCM akan menurun secara linear akibat adanya penyerapan massa. Sampel gas yang dideteksi memiliki massa molekul yang berbeda-beda sesuai dengan jenisnya. Penyerapan molekul target tersebut yang menyebabkan terjadinya penyimpangan frekuensi resonansi. Penyimpangan frekuensi resonansi sensor QCM tersebut yang menunjukkan tingkat selektivitas dan kepekaan sensor QCM (Sharma dkk, 2014).

2.2.4 Pelapisan dengan Teknik *Spin Coating*

Spin coating merupakan suatu metode untuk mendeposisikan lapisan tipis dengan cara menyebarkan larutan ke atas substrat terlebih dahulu kemudian substrat diputar dengan kecepatan konstan agar dapat diperoleh endapan lapisan tipis di atas substrat atau metode percepatan larutan pada substrat yang diputar (Purwanto dan Prajitno, 2013). Metode *spin coating* merupakan metode yang paling mudah dan cepat dalam penumbuhan lapisan tipis. Lapisan tipis yang dihasilkan dengan metode ini memiliki tingkat kehomogenan yang cukup tinggi. Ketebalan lapisan yang diinginkan bisa dikontrol berdasarkan waktu dan kecepatan putaran dari alat *spin coater*. Putaran *spin coating* apabila semakin cepat, akan diperoleh lapisan tipis yang semakin homogen dan tipis. Alat *spin coating* memiliki kualitas lapisan tipis yang semakin sempurna (Purwanto dan Prajitno, 2013).

Proses pelapisan membran lipid pada sensor yaitu dinyalakan *spin coater*, ada 2 kecepatan dalam teknik *spin coating* yaitu SPD1 dan SPD2. Kecepatan *spin coater* diatur untuk masing-masing SPD1 (kecepatan putaran pertama) dan SPD2 (kecepatan putaran kedua) sebesar 500 rpm dan 3000 rpm. Waktu *spin coater* diatur untuk masing-masing T1 (waktu putaran pertama) dan T2 (waktu putaran kedua) sebesar 10 s dan 60 s. Pengaturan SPD1 dan T1 dimaksudkan untuk memberikan percepatan pada substrat (sensor QCM) agar membran yang ditetaskan terdistribusi homogen (rata) diseluruh permukaan substrat. Ketika SPD2 berjalan maka membran ditetaskan pada permukaan sensor QCM dengan mikropipet, membran yang ditetaskan hanya 50 μ l. Ukuran membran yang ditetaskan disesuaikan pada penelitian sebelumnya tentang pelapisan sensor QCM dengan *polistiren* (Muhlis dkk, 2013).



Gambar 2.3 Alat *Spin Coater* (Purwanto dan Prajitno, 2013)

2.2.5 Membran Lipid *Methyltrioctyl Ammonium Chloride*

Perkembangan membran saat ini sangat pesat dalam skala laboratorium maupun skala komersial. Fungsi membran yaitu untuk memisahkan material

berdasarkan bentuk molekul dan ukuran, selain itu dapat menahan komponen dan melewatkan komponen yang memiliki ukuran yang lebih mikro (Agustina, 2006). Lipid merupakan biomolekul yang tidak larut dalam air, karena lipid merupakan molekul yang memiliki gugus non polar, sedangkan air merupakan molekul yang memiliki gugus polar, oleh karena itu tidak mungkin lipid akan tercampur dengan air (Hawab, 2004).

Pengertian lipid atau lemak secara umum ialah kelompok zat atau senyawa organik yang jika disentuh dengan ujung-ujung jari akan terasa berlemak. Ciri khusus dari zat atau senyawa lipid ialah tidak larut dalam air, tapi larut di dalam pelarut-pelarut lemak, yaitu cairan pelarut non polar, seperti eter, aseton, alkohol, kloroform, dan sebagainya (Hawab, 2004).

Sensor rasa terdiri dari beberapa jenis membran lipid yang berfungsi untuk mengubah informasi rasa menjadi sinyal listrik. Membran lipid polimer memiliki konsep selektivitas global, yang menyiratkan kemampuan untuk mengklasifikasikan berbagai jenis zat kimia ke dalam beberapa kelompok. Lipid yang digunakan sebagai bahan membran yaitu, *Asam Oleat (OA)*, *Oleyl Amina (Oam)* Dan *Desil Alkohol (DA)*, *Diocetyl Phosphate (DOP)*, Dan *Methyltriocthyl Ammonium Chloride (TOMA)* (Toko, 2000).

Tabel 2.3 Karakteristik Fisik Bahan Kimia (Uslu dkk, 2016)

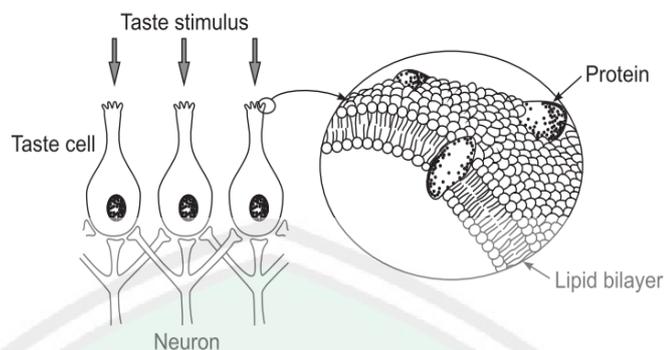
Chemical	Molar mass (Kg kmol ⁻¹)	Molecular Formula	Suppliers	Purity (%)
Phenol	94,11	C ₆ H ₅ OH	Merck	>99,0
Nonane	128,2	C ₉ H ₂₀	Sigma-Aldrich	>99,0
Isoamylalcohol	88,15	C ₅ H ₁₁ OH	Sigma-Aldrich	>98,0
Trioctylmethyl Ammonium Chloride	404,16	C ₂₅ H ₅₄ ClN	Sigma-Aldrich	>97,0
Trioctylamine	353,68	C ₂₄ H ₅₁ N	Sigma-Aldrich	>98,0

Membran yang telah dibuat berfungsi untuk mengukur secara kuantitatif suatu rasa pada larutan sampel. Informasi rasa yang dikandung, diubah oleh lipid menjadi bentuk potensial listrik. *Methyltrioctyl Ammonium Chloride* digunakan sebagai bahan aktif permukaan dan sebagai pembawa anion secara bersamaan (Larki, Nasrabadi and Pourreza, 2015). *Methyltrioctyl Ammonium Chloride* merupakan salah satu jenis lipid yang memiliki rumus molekul $C_{25}H_{54}ClN$. Massa molekul *Methyltrioctyl Ammonium Chloride* sebesar 404.16 g/mol. Titik didih dari *Methyltrioctyl Ammonium Chloride* yang berfasa *liquid* sebesar $225\text{ }^{\circ}\text{C}$ dan titik lelehnya $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Starks, 1971). Adapun struktur kimia dari *Methyltrioctyl Ammonium Chloride* ditunjukkan pada gambar berikut (Larki dkk, 2015).



Gambar 2.4 Struktur 2D *Methyltrioctyl Ammonium Chloride* (Larki dkk, 2015)

Output sensor bukan jumlah molekul tertentu yang menunjukkan rasa tapi kualitas dan intensitas rasa, karena pola *output* listrik yang berbeda diperoleh untuk berbagai kelompok rasa seperti asam dan asin. Di sisi lain, pola serupa diperoleh untuk molekul dalam kelompok yang sama seperti MSG, IMP dan GMP, yang memiliki rasa umami, dan NaCl, KCl, dan KBr untuk rasa asin. Proses rasa pada sistem biologi ditunjukkan pada gambar 2.5 (Toko, 1998).

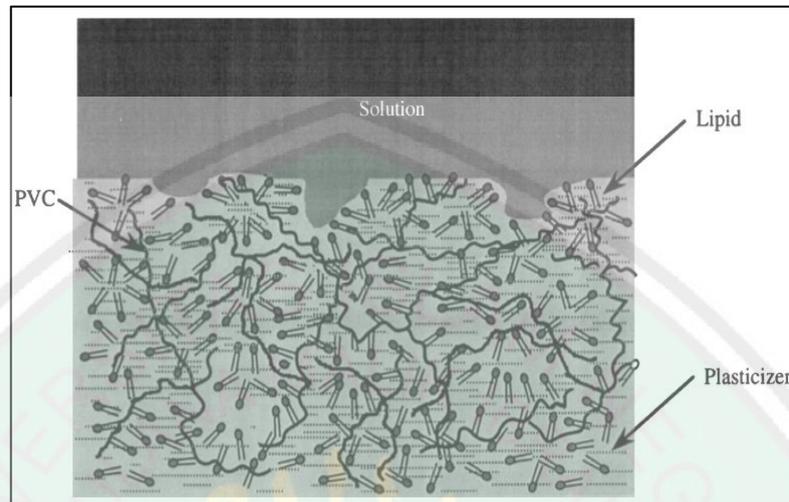


Gambar 2.5 Proses Rasa pada Sistem Biologi (Toko, 1998)

Proses pada sistem biologis, zat rasa diterima oleh membran biologis dari sel gustatori pada lidah. Informasi pada substansi rasa kemudian ditransduksi ke dalam bentuk sinyal elektrik, yang ditransmisikan sepanjang saraf pada otak (Toko, 1998). Pada sensor rasa membran yang digunakan adalah membran selektif ion yang respon terhadap ion-ion sampel yang berlawanan muatan dengan muatan membran. Membran ini dianggap sebagai permukaan karena interaksi antara bagian hidrofilik (suka air) lipid membran dengan ion sampel uji. Perubahan kerapatan ini menimbulkan potensial membran yang kemudian dianalisis mewakili rasa tertentu. Selektivitas sebuah membran didefinisikan sebagai kemampuan membran dalam merespon ion tertentu. Membran yang digunakan merupakan membran bermuatan listrik sehingga respon terhadap ion tertentu sampel. Membran akan respon terhadap ion sampel yang berlawanan dengan muatan membran (Kadidae dkk, 2001).

Campuran bahan yang digunakan dalam pembuatan membran yaitu lipid, *Polyvinyl Chloride* (PVC), *plasticizer* dan *tetrahydrofuran* (THF). Bahan-bahan tersebut menghasilkan membran lipid yang transparan, tidak berwarna dan

memiliki tekstur yang lembut. Struktur membran dari komposisi tersebut ditunjukkan pada gambar 2.6 (Toko, 1998).



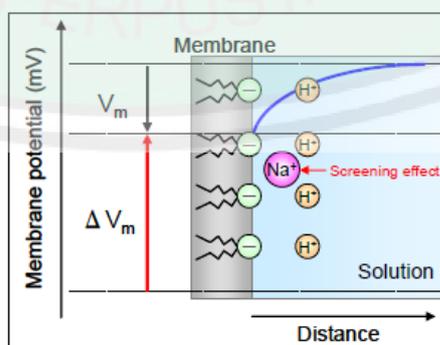
Gambar 2.6 Struktur Membran Lipid (Toko, 1998)

Membran lipid memiliki peranan yang sangat penting dalam mendeteksi rasa pada sebuah sensor rasa. Pada permukaan setiap sensor direkatkan membran lipid artifisial yang berfungsi mirip seperti lidah manusia (Hayashi dkk, 2008). Membran lipid yang berfungsi untuk mengubah informasi rasa menjadi sinyal listrik. Membran lipid polimer memiliki konsep selektivitas global, yang menyiratkan kemampuan untuk mengklasifikasikan berbagai jenis zat kimia ke dalam beberapa kelompok. Lipid yang digunakan sebagai bahan membran yaitu, *Oleic Acid* (OA), *Octadecylamine*, *Oleyl Alcohol*, dan *Methyltrioctyl Ammonium Chloride* (TOMA). Lipid berfungsi sebagai bahan aktif membran yang berinteraksi langsung dengan sampel. Lipid yang dipakai dalam penelitian ini yaitu *Methyltrioctyl Ammonium Chloride* (TOMA), *plasticizer* yang digunakan yaitu 2-NPOE. Membran *Methyltrioctyl Ammonium Chloride* tersebut dalam penelitian yang dilakukan Jazuly (2016) pada sensor lidah elektronik dapat merespon larutan

NaCl dengan baik. Membran lipid yang digunakan dalam penelitian ini tidak memiliki kelebihan khusus namun membran *Methyltrioctyl Ammonium Chloride* salah satu membran dari lidah elektronik yang memiliki respon baik (Jazuly, 2016).

Membran lipid digunakan untuk mengubah substansi kimia bahan menjadi sinyal listrik ketika larutan bereaksi terhadap permukaan membran lipid. Sebuah unit pemroses sinyal akan mengindikasikan perubahan di dalam karakteristik sinyal listrik yang menentukan kualitas rasa (Tazi dkk, 2017). Membran tersusun dari material aktif lipid (*Methyltrioctyl Ammonium Chloride*), *plasticizer*, dan PVC. Komposisi dari pembuatan membran yaitu 3% lipid TOMA, *Plasticizer* 65% dan PVC 32%. *Plasticizer*: 2-NPOE yang berfungsi sebagai pemlastis membran. PVC berfungsi untuk mengeraskan atau menguatkan larutan membran. *Tetrahydrofuran* (THF) berfungsi sebagai pelarut yang membantu penguapan antara *Methyltrioctyl Ammonium Chloride*, *Plasticizer*: 2-NPOE dan PVC (Toko, 2000).

Pengujian sampel rasa pada sensor yang telah dilapisi membran telah dilakukan dengan hasil yang dinilai cukup baik pada penelitian terdahulu. Hasil pengujian lapisan membran ditunjukkan pada gambar 2.7 (Kobayashi dkk, 2010).



Gambar 2.7 Interaksi Membran dengan NaCl (Kobayashi dkk, 2010)

Respon sampel NaCl pada lapisan membran lipid terhadap bahan asin menunjukkan bahwa kesesuaian hasil yang baik dengan teori, bahwa zat asin mempengaruhi lapisan ganda listrik pada permukaan sensor yang menyebabkan perubahan potensial membran (Kobayashi dkk, 2010).

2.2.6 OpenQCM

OpenQCM memiliki tiga komponen utama yaitu *Arduino micro*, *Arduino shield*, dan *Temperatur sensor*. Ketiga komponen tersebut berfungsi sebagai mikrokontroler, osilator, pencacah frekuensi dan pengukur temperatur. Hasil pengukuran frekuensi dan suhu ditampilkan berupa grafik pada *software* OpenQCM 1.2 dan data disimpan secara otomatis di dalam data logger OpenQCM. OpenQCM adalah sebuah alat *scientific* berbasis teknologi QCM yang memanfaatkan efek *piezoelectric*. Alat tersebut menggunakan arus AC untuk membangkitkan vibrasi mekanik dari kristal kuarsa dalam kisaran MHz. OpenQCM merupakan salah satu proyek QCM terbuka dan fleksibel dengan menggunakan *board* elektronik arduino sebagai inti (prosesor) dari alat tersebut (Novaetech, 2016).

a. *Software* OpenQCM

Software OpenQCM dibangun menggunakan aplikasi Java *interface*. OpenQCM 1.2 dapat digunakan pada *platform* Windows, Linux dan Mac OS X. Data yang diperoleh saat *processing data* akan direkam dan diolah, kemudian ditampilkan pada *software* OpenQCM 1.2 berupa nilai frekuensi osilasi, suhu, dan waktu secara *real time*. Frekuensi yang digunakan dapat memilih batas mode frekuensi, sedangkan penentuan durasi pengujian dikontrol secara manual karena

software OpenQCM belum mendukung kontrol secara otomatis (Novaetech, 2016).

Frekuensi yang diperoleh per detik dapat ditampilkan secara digital pada bagian atas, begitu pula dengan suhu dapat ditampilkan secara digital per detik. Pilihan mulai atau mengakhiri proses pengujian sampel dapat dilakukan pada tombol *connect/disconnect* yang terdapat di bagian bawah kanan *software* OpenQCM 1.2. Menu *save file* pada bagian bawah kiri *software* OpenQCM 1.2 digunakan sebelum atau sesudah memperoleh data frekuensi dan data suhu, kemudian data tersebut disimpan dalam data logger. Data logger dapat di *save as* dalam bentuk notepad (.txt) dan Ms. Excel (Novaetech, 2016).

b. Arduino Mikro

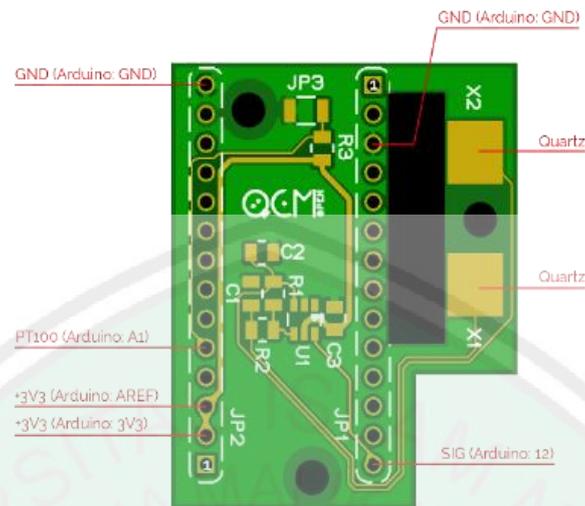
OpenQCM di dalamnya terdapat Arduino mikro sebagai mikrokontroler dan *frequency counter*. Arduino mikro sangat cocok untuk desain perangkat yang ringkas seperti OpenQCM. Hal ini berdasarkan pada mikrokontroler Atmega32u4 dengan 8-bit CPU yang berfrekuensi sebesar 16 MHz. Arduino mikro memiliki fitur teknis di dalam OpenQCM yaitu memiliki tegangan 5 VDC melalui penghubung mikro USB. Pin 3.3 V digunakan sebagai *channel* masukan data analog dengan arus DC sebesar 50 mA. Komunikasi menggunakan mikro USB memungkinkan kemudahan bagi berbagai pengguna dan berbagai kebutuhan riset (Novaetech, 2016).



Gambar 2.8 Arduino Mikro (Novaetech, 2016)

c. *QCM Arduino Shield*

QCM Arduino shield yang berfungsi sebagai *quartz crystal oscillator driver*. Getaran pada resonator QCM dibangkitkan oleh *QCM Arduino shield* yang kemudian diukur frekuensi resonansinya oleh Arduino mikro. OpenQCM mempunyai modul khusus berupa *QCM Arduino shield* yang dapat digunakan sebagai penghubung sensor dengan Arduino mikro. Modul ini berfungsi sebagai osilator QCM. Sirkuit dari modul ini didesain untuk penggunaan analisis frekuensi QCM dengan jangkauan yang luas. Desain tersebut dapat meningkatkan stabilitas frekuensi dan efektivitas penggunaan power supply. Terdapat sensor pengukur temperatur pada rangkaian sirkuit *QCM Arduino shield*. Komponen tersebut dinilai penting untuk mengetahui stabilitas temperatur pada alat. Pengukuran data frekuensi dan suhu pada OpenQCM dapat menjadi informasi yang penting untuk berbagai penelitian (Novaetech, 2016).



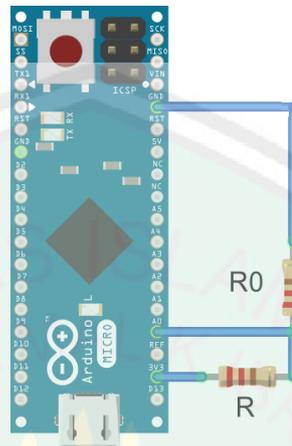
Gambar 2.9 Rangkaian Sirkuit QCM *Arduino Shield* (Novaetech, 2016)

c. Sensor Pengukur Temperatur (*Temperature Sensor*)

Komponen lainnya pada rangkaian OpenQCM yaitu sensor temperatur. Sensor temperatur berfungsi sebagai pengukur suhu selama pengujian sensor. Sensor temperatur berfungsi sebagai pengukur suhu selama pengujian sensor. Jenis sensor temperatur yaitu *Resistance Temperature Detector* (RTD) PT100. Sensor RTD PT100 terdiri dari dua buah resistor dengan masing-masing hambatan sebesar 100 Ohm yang dihubungkan pada Arduino mikro 3.3 V pada pin VCC dan adapun tegangan yang diukur oleh analog pin A0 yaitu tegangan V_0 pada Arduino mikro. RTD terhubung langsung dengan temperatur alat melalui prediksi hubungan linear. PT100 dihubungkan pada *voltage* yang terhubung secara linear (Novaetech, 2016).

Resistansi PT100 dapat dihitung oleh pin 1 Arduino mikro dengan mengukur nilai *voltage*nya. Data suhu yang berhasil direkam oleh RTD PT100 kemudian disimpan dalam data logger dan ditampilkan pada *software* OpenQCM 1.2. Jadi dengan OpenQCM bisa menampilkan frekuensi osilasi dan suhu

sehingga memberikan informasi yang berguna pada penelitian ini. Gambar rangkaian RTD PT100 ditunjukkan pada gambar 2.10 (Novaetech, 2016).



Gambar 2.10 Rangkaian Sensor Temperatur (Novaetech, 2016)

2.2.7 Frequency Counter

Suatu nilai terpenting dalam operasi sistem tenaga listrik merupakan frekuensi. Jumlah getaran atau gelombang per detik (periode waktu) disebut rumus suatu frekuensi. Pengukuran frekuensi adalah hal terpenting untuk mengetahui nilai suatu frekuensi setiap waktu dan selain itu alat ukur yang digunakan harus memenuhi standar alat ukur. Alat ukur frekuensi digital atau dengan tampilan digital lebih disukai karena lebih mudah dalam pembacaan hasil pengukuran, tetapi harga alat ukur ini lebih mahal (Wicaksono, 2015).

Frequency counter dipergunakan untuk mengukur frekuensi dari suatu alat. Perangkat instrumentasi (*frequency counter*) tersebut dapat menghitung frekuensi masukan hingga ketelitian tertentu. Ada dua jenis penghitung frekuensi yaitu analog dan digital, penghitung frekuensi analog hanya dapat menghitung dengan ketelitian

hingga dua digit, sementara itu penghitung frekuensi digital dapat menghitung dengan ketelitian dua hingga tiga digit (Kurniawan dan Basukesti, 2008).

Frequency counter yang dirancang untuk frekuensi radio (RF) juga sama dalam pengoperasian alat dan prinsipnya. Caranya dengan mencacah frekuensi yang lebih rendah. *Frequency counter* juga memiliki beberapa batasan sebelum *overflow*. Pada kebanyakan *frequency counter* pasti menggunakan fasilitas penguat (*amplifier*), *filtering* (penyaring), dan rangkaian penjernih sinyal pada inputnya (Afniza, 2008).

2.2.8 Osilator

Osilator adalah peralatan elektronik yang sangat penting. Jam digital dibutuhkan osilator, karena sangat diperlukan untuk memastikan waktu yang tepat. Komputer juga ada rangkaian osilator yang berguna sebagai penyedia sinyal dengan frekuensi yang stabil untuk menentukan seberapa cepat prosesornya bekerja. Para ilmuwan dan industri mengembangkan komunikasi *wireless* saat ini, osilatorpun sangat berperan penting dalam pengembangan komunikasi *wireless* tersebut. Pada stasiun pemancar dan penerima radio AM, osilator berfungsi untuk menghasilkan gelombang pembawa dan mengolah sinyal yang diterima sehingga siaran bisa terlaksana (Assa'idah, 2012).

Bagian utama rangkaian osilator sederhana ada dua yaitu umpan balik (*feedback*) dan penguat (*amplifier*). Osilator adalah rangkaian pembangkit sinyal (*signal generator*). Osilator bisa menghasilkan keluaran gelombang dengan bentuk segitiga, gergaji, sinusoidal, persegi, gelombang yang dibentuk tergantung desain rangkaianannya (Firmansyah dan Wibisono, 2017). Desain rangkaian dan komponen

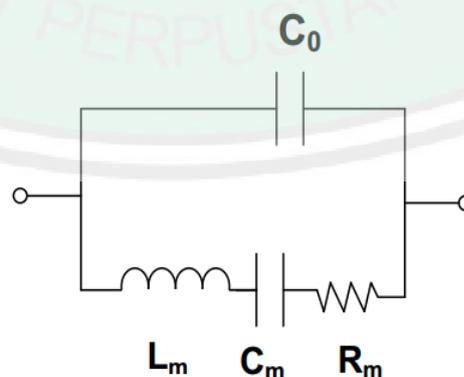
sangat mempengaruhi sebuah sinyal yang dihasilkan dan disesuaikan dengan bentuk dan frekuensi. Pada dasarnya, osilator menggunakan desahan kecil (sinyal kecil) yang berasal dari penguat (*amplifier*) itu sendiri. Ketika penguat diberi arus listrik, akan dihasilkan sinyal kecil, sinyal kecil tersebut kemudian diumpan balik ke *amplifier* (penguat), dari kejadian tersebut sehingga terjadilah penguatan sinyal, jika *output* penguat (*amplifier*) sefasa dengan sinyal yang diumpan balik (masukan) tersebut, maka osilasi akan terjadi (Assa'idah, 2012).

Beberapa jenis gelombang yang dapat dibangkitkan oleh osilator diantaranya yaitu gelombang sinus, gelombang kotak, dan gelombang segitiga. Rangkaian elektronika osilator dapat digolongkan menjadi beberapa jenis diantaranya yaitu osilator *wien-Bridge*, osilator RC, osilator *colpitts*, osilator LC, dan osilator kristal kuarsa. Masing-masing dari jenis osilator tersebut memiliki fungsi dan kegunaan yang berbeda-beda.

Beberapa faktor yang mempengaruhi stabilitas frekuensi osilator yaitu variasi suhu, variasi beban, serta perubahan pada tegangan catu daya, dan lain sebagainya. Stabilitas frekuensi sinyal *output* dapat ditingkatkan dengan pemilihan komponen yang tepat yang digunakan untuk rangkaian umpan balik resonan, termasuk penguat. Ketika akurasi dan stabilitas dari frekuensi osilasi diperlukan, maka osilator kristal kuarsa digunakan. Osilator kristal kuarsa dapat digunakan sebagai perangkat penentuan frekuensi untuk menghasilkan jenis rangkaian osilator lain, agar didapatkan tingkat stabilitas osilator menjadi sangat tinggi. Terdapat berbagai jenis kristal di alam yang dapat menunjukkan efek piezoelektrik. (Malvino, 1984).

Salah satu kegunaan osiloskop yaitu ketika kristal kuarsa yang telah dilapisi dengan elektroda dapat digunakan sebagai sensor QCM jika memiliki sinyal yang stabil walaupun mendapat gangguan. Cara untuk mengetahui bahwa kristal yang telah dilapisi tersebut stabil adalah dengan meneteskan aquabides pada kristal tersebut. Jika masih terdapat osilasi yang tampak pada osiloskop, maka bisa dikatakan bahwa kristal tersebut stabil. Sedangkan jika setelah ditetesi mengalami ketidakstabilan, maka kristal tidak mengalami osilasi (Hudha dkk, 2013).

Kristal kuarsa yang digunakan pada osilator kristal kuarsa adalah potongan kuarsa tipis yang sangat kecil dengan dua permukaan sejajar untuk membuat sambungan listrik yang dibutuhkan. Sensor QCM memanfaatkan perubahan frekuensi untuk analisis data. Salah satu jenis osilator kristal kuarsa yang bergetar secara mekanis dapat ditunjukkan oleh model resonator kristal kuarsa *The Butterworth Van Dyke* (BVD) pada gambar 2.11. Susunan resonator kristal kuarsa BVD ini terdiri dari resistor, induktor, dan kapasitor. Dimana model BVD ini cocok untuk mengetahui pergeseran frekuensi serta kerugian kristal kuarsa *AT-cut* pada aplikasi QCM (Henderson, 1991).



Gambar 2.11 Resonator Kristal Kuarsa Model *Butterworth Van Dyke* (Henderson, 1991)

Rangkaian pada gambar 2.11 diatas menunjukkan rangkaian RLC seri yang mewakili getaran mekanik kristal dan sejajar dengan kapasitansi C_0 yang mewakili sambungan listrik ke kristal. Nilai induktansi akan meningkat ketika ditambahkan massa pada elektroda kristal. Pergeseran frekuensi merupakan indikator sensitif dari massa yang ditambahkan pada elektroda (Henderson, 1991).

2.2.9 Pelarutan

Zat terlarut dan pelarut adalah dua istilah yang sering dipakai dalam pembahasan larutan. Secara umum, zat yang bagiannya lebih besar di dalam larutan dikatakan sebagai pelarut sedangkan zat yang bagiannya lebih sedikit disebut zat terlarut. Tetapi larutan yang mengandung air selalu dinyatakan air sebagai pelarut walaupun bagiannya dalam larutan itu lebih sedikit. Air sangat baik digunakan sebagai pelarut senyawa yang terbentuk dari ion-ion (ion positif dan ion negatif). Misalnya kristal NaCl, terbentuk dari gabungan ion Na^+ dan ion Cl^- melalui gaya elektrostatik. Jika kristal NaCl dilarutkan dalam air, ion-ion akan dipisahkan (terdisosiasi) menjadi ion-ion yang lebih bebas karena ion-ion itu dalam larutan dikelilingi oleh molekul-molekul air dan dikenal dengan terhidrat (Sukarna, 2003).

Kelarutan merupakan keadaan suatu senyawa baik padat, cair, ataupun gas yang terlarut dalam padatan, cairan, atau gas yang akan membentuk larutan homogen. Kelarutan tersebut bergantung pada pelarut yang digunakan serta suhu dan tekanan (Yoga dan Hendriani, 2016). Zat adalah sesuatu yang memiliki massa dan menempati ruang. Zat tersusun atas partikel-partikel yang sangat kecil yang tidak dapat dilihat dengan mata telanjang. Susunan dan sifat partikel sangat

menentukan wujud zat. Zat cair mempunyai sifat bentuk berubah-ubah dan volumenya tetap (Putri dkk, 2015).

Larutan adalah suatu campuran homogen yang terdiri dari dua atau lebih zat dalam komposisi yang bervariasi. Zat yang jumlahnya lebih sedikit di dalam larutan disebut zat terlarut, sedangkan zat yang jumlahnya lebih banyak daripada zat-zat lain dalam larutan disebut pelarut. Misalnya jika sejumlah gula dilarutkan dalam air dan diaduk dengan baik, maka campuran tersebut pada dasarnya akan seragam di semua bagian (Setyarini dkk, 2012). Suatu larutan adalah campuran homogen dari molekul, atom ataupun ion dari dua zat atau lebih. Suatu larutan disebut suatu campuran karena susunannya dapat berubah-ubah. Dinamakan homogen karena susunannya begitu seragam sehingga tak dapat diamati adanya bagian-bagian yang berlainan, bahkan dengan mikroskop optis sekalipun (Wood, 1991).

Sifat-sifat suatu larutan sangat dipengaruhi oleh susunan komposisinya, untuk menyatakan komposisi larutan tersebut maka digunakan istilah konsentrasi larutan yang menunjukkan perbandingan jumlah zat terlarut terhadap pelarut. Pada jumlah terlarut yang berbeda pada setiap larutan, maka dibutuhkan energi panas yang berbeda pula, yang nantinya akan mempengaruhi titik didih larutan tersebut. Titik didih suatu larutan merupakan suhu larutan pada saat tekanan uap jenuh larutan itu sama dengan tekanan udara luar (tekanan yang diberikan pada permukaan cairan) (Putri dkk, 2015).

Konsentrasi adalah istilah umum untuk menyatakan bagian zat terlarut (*solute*) dan pelarut (*solvent*) yang ada dalam larutan (Sukarna, 2003). Konsentrasi larutan adalah komposisi yang menunjukkan dengan jelas perbandingan jumlah zat

terlarut terhadap pelarut. Kelarutan dapat kecil atau besar sekali, dan jika jumlah zat terlarut melewati titik jenuh, zat itu akan keluar (mengendap di bawah larutan). Pada kondisi tertentu suatu larutan dapat mengandung lebih banyak zat terlarut dari pada dalam keadaan jenuh (Adha dkk, 2015).

Garam adalah suatu senyawa ion yang terdiri dari kation basa dan anion sisa asam. Garam (NaCl) tidak dikonsumsi pada proses elektrokimia, oleh karena itu untuk membuat konsentrasi elektrolit konstan perlu ditambahkan larutan dalam hal ini adalah H₂O atau aquades. Konsentrasi yang semakin tinggi yaitu gabungan antara NaCl dan H₂O akan menyebabkan kadar hidrogen dan asam yang terbentuk semakin tinggi (Putri, 2015).

Jumlah mol zat terlarut di dalam satu liter larutan (*solution*) yang mengandung zat terlarut itu disebut molaritas, M (*molarity*) dari zat terlarut. Dapat juga dinyatakan dalam milimol dan volume dinyatakan dalam mililiter (Sukarna, 2003).

$$\text{Molaritas} = \frac{\text{jumlah (mol) zat terlarut}}{\text{volum (liter) larutan}} \quad (2.2)$$

2.2.10 Kaitan Penelitian dengan Al-Qur'an

Allah SWT telah menetapkan sumber hukum Islam yang wajib diikuti setiap Muslim. Kehendak Allah terekam dalam al-Qur'an yang menjadi sumber hukum pertama dalam agama Islam. Manusia diciptakan oleh Allah SWT dengan keistimewaan yang tidak dimiliki oleh makhluk lain, dengan nikmat akal sehingga manusia dapat mengatur, meneliti dan berpikir tentang alam semesta yang ditinggalinya. Manusia memiliki akal yang dapat berpikir tentang benda yang ada disekitarnya yang diciptakan oleh Allah SWT, dan manusia berupaya

memanfaatkannya untuk keperluan manusia tinggal di bumi, seperti makanan, obat-obatan, pakaian, minuman, tempat tinggal dan tempat berteduhnya.

Ditinjau dari kehidupan sehari-hari seperti makanan, banyak sekali masyarakat yang menyukai makanan langsung jadi atau biasa disebut dengan *junk food*. Makanan *junk food* diartikan sebagai makanan sampah, karena makanan tersebut sangat rendah nutrisi dan serat, namun kadar garam dan gulanya sangat tinggi. Banyak masyarakat lebih memilih makanan yang praktis dan mudah untuk dikonsumsi, dan pembuatan makanan yang praktis dibutuhkan teknologi yang canggih. Aneka *snack* yang mengandung banyak bahan tidak sehat, kadar garam tinggi, dan MSG yang tinggi. Hal tersebut menyebabkan keresahan dari sebagian masyarakat, pengaruh negatif yang lain bisa timbul dalam semua bidang bahkan berpengaruh pada akhlak (perilaku), pola pikir/keyakinan (aqidah), dan cara hidup manusia itu sendiri. Timbullah kekhawatiran akan adanya penyalahgunaan kemajuan teknologi oleh orang yang tidak bertanggungjawab.

Perkembangan teknologi yang canggih membuat para peneliti mengembangkan sensor agar bisa berfungsi untuk mendeteksi berapa zat berbahaya yang terkandung dalam makanan tersebut. Hal ini sesuai dengan firman Allah SWT yang tertulis dalam al-Qur'an Surah Yunus ayat 101.

قُلْ أَنْظُرُوا مَاذَا فِي السَّمَوَاتِ وَالْأَرْضِ وَمَا تُغْنِي الْآيَاتُ وَالنُّذُرُ عَنْ قَوْمٍ لَا يُؤْمِنُونَ ۝۱۱

"Katakanlah: Perhatikanlah apa yang ada di langit dan di bumi. Tidaklah bermanfaat tanda kekuasaan Allah dan rasul-rasul yang memberi peringatan bagi orang-orang yang tidak beriman" (Q.S. Yunus: 101).

Surat yunus ayat 101 ini dapat diketahui bahwa Allah SWT memberi pengarahan kepada hamba-hambaNya untuk berfikir tentang nikmat-nikmatNya

dan dalam apa yang Allah ciptakan di langit dan di bumi dari ayat-ayat yang agung untuk orang-orang yang mempunyai akal. Allah SWT menyuruh manusia berpikir tentang ilmu pengetahuan dan teknologi dan memanfaatkan ciptaanNya di langit dan di bumi. Kata “Perhatikanlah” menunjukkan bahwa Allah SWT memberi pengarahannya akan tanda-tanda yang ada di langit dan di bumi, selain itu tanda-tanda tersebut mengarah pada perkembangan teknologi yang semakin berkembang salah satunya perkembangan sensor (Abdullah, 2007).

Kemajuan teknologi selain memberi perkembangan bagi masyarakat Indonesia juga mempunyai kemudahan dan kesejahteraan bagi kehidupan manusia dalam melakukan segala hal. Teknologi berfungsi sebagai sarana bagi manusia untuk mempermudah memanfaatkan ciptaan Allah SWT. Kehidupan masyarakat hampir dalam semua aspek dipengaruhi oleh adanya perkembangan IPTEK (Ilmu Pengetahuan dan Teknologi). Hal tersebut telah dibuktikan dengan manusia yang selalu bergantung pada teknologi, seperti televisi, handphone, internet, dan lain sebagainya.

Problematika yang ada harus diatasi dengan mengingat pada agama dan keyakinan. Pondasi di dalamnya berisi aturan dan batasan-batasan dalam menjalankan kehidupan, agama yang terbaik yaitu agama Islam. Agama Islam mempunyai kitab al-Qur’an, dimana di dalamnya menjelaskan segala aspek kehidupan dan segala sesuatu di dunia telah diatur sesuai perintah dari Allah SWT, termasuk tentang perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi. Apabila ilmu teknologi disalahgunakan oleh sebagian manusia, misalnya dengan menambahkan banyak zat kimia yang bisa mengganggu kesehatan.

Teknologi yang semakin berkembang membuat para peneliti memiliki gagasan agar zat-zat kimia bisa dicegah agar tidak dikonsumsi oleh manusia. Pembuatan lidah elektronik merupakan salah satu teknologi pengganti alat indra manusia. Peneliti mencoba mengembangkan lidah elektronik dengan menggunakan sensor QCM. Diharapkan penelitian ini bisa berhasil seperti yang diinginkan peneliti.



BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian yang berjudul tentang “Karakterisasi Sensor QCM dengan Pelapisan Bahan Aktif Membran *Methyltrioctyl Ammonium Chloride* pada Elektroda Perak terhadap Respon NaCl” ini dilaksanakan pada bulan Agustus 2018 sampai selesai di Laboratorium Riset Atom Jurusan Fisika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Pelapisan membran lipid pada sensor QCM bertempat di Laboratorium Fisika Material Maju dan Plasma Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Brawijaya.

3.2 Alat dan Bahan Penelitian

3.2.1 Alat Penelitian

Alat-alat yang dibutuhkan dalam penelitian ini yaitu.

1. Holder QCM.
2. OpenQCM.
3. Sensor QCM Elektroda Perak.
4. *Spin Coater* VTC-100.
5. Botol Semprot 500 ml.
6. Batang Pengaduk.
7. Spatula.
8. Kabel Jumper.
9. Kabel USB.

10. Pot Sampel Plastik 20 ml.
11. Botol Vial Kaca 20 ml.
12. Mikropipet 100 μ l-1000 μ l.
13. Blue Tip.
14. Gelas Ukur 5 ml.
15. Pipet Tetes.
16. Pinset.
17. Masker Wajah.
18. Sarung Tangan.
19. Gelas Beaker 50 ml.
20. Neraca Digital.
21. Personal Computer (PC).
22. *Software* :
 - a. Microsoft Excel 2016.
 - b. *Software* OpenQCM.
 - c. OriginPro 2017.

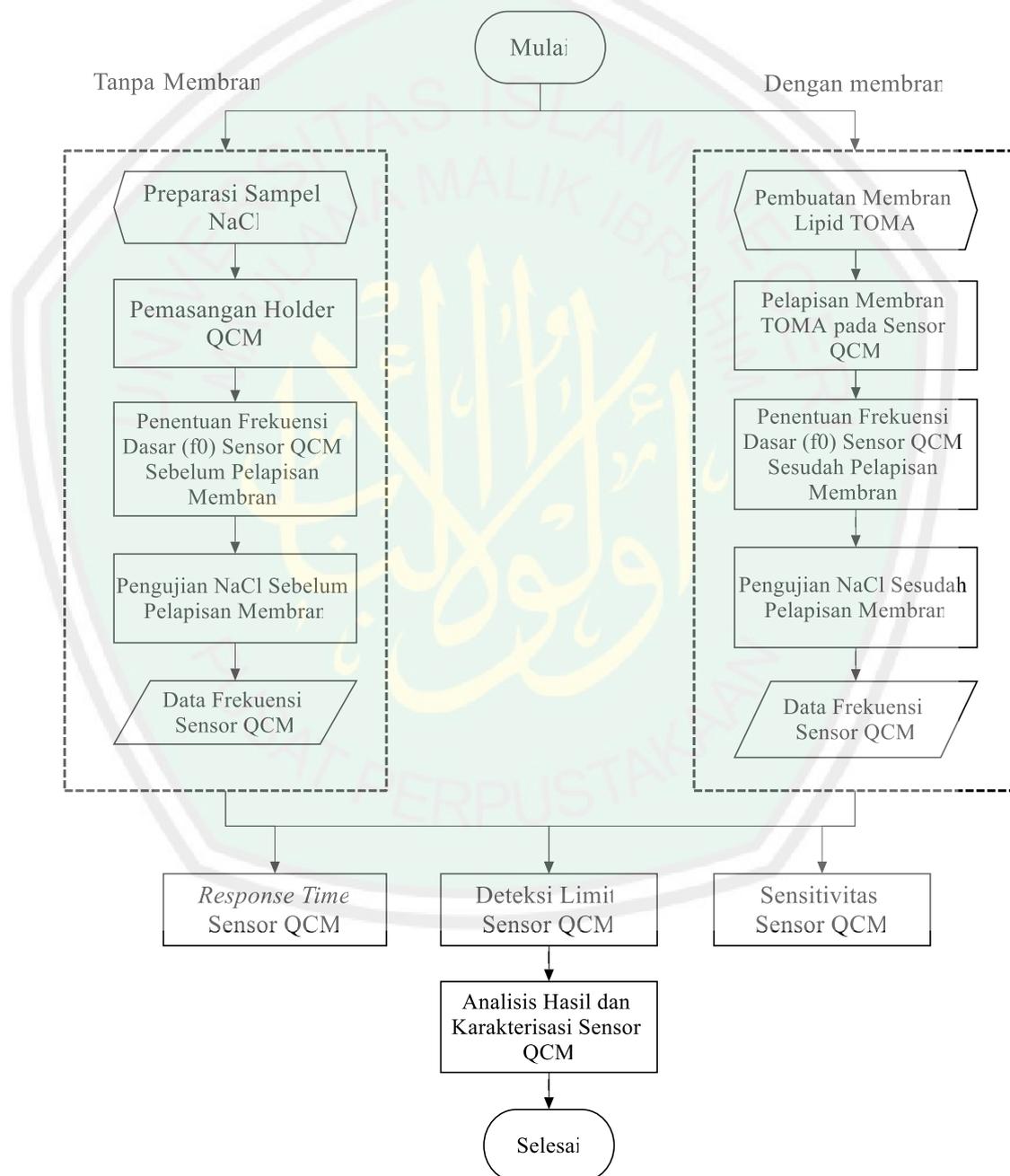
3.2.2 Bahan-Bahan penelitian

Bahan-bahan yang dibutuhkan dalam penelitian ini yaitu.

1. Aquades.
2. NaCl (Natrium Klorida).
3. Lipid *Methyltrioctyl Ammonium Chloride*.
4. *Tetrahydrofuran* (THF).
5. *Polyvinyl Chloride* (PVC).
6. *Plasticizer*: 2-NPOE.

3.3 Diagram Alir Penelitian

Sistem yang dirancang bertujuan untuk menguji kinerja suatu sensor QCM tanpa membran dan dengan membran TOMA yang akan ditetesi NaCl mewakili rasa asin. Secara blok diagram akan ditunjukkan dalam gambar 3.1 dibawah ini.



Gambar 3.1 Diagram Alir penelitian

3.4 Prosedur Penelitian

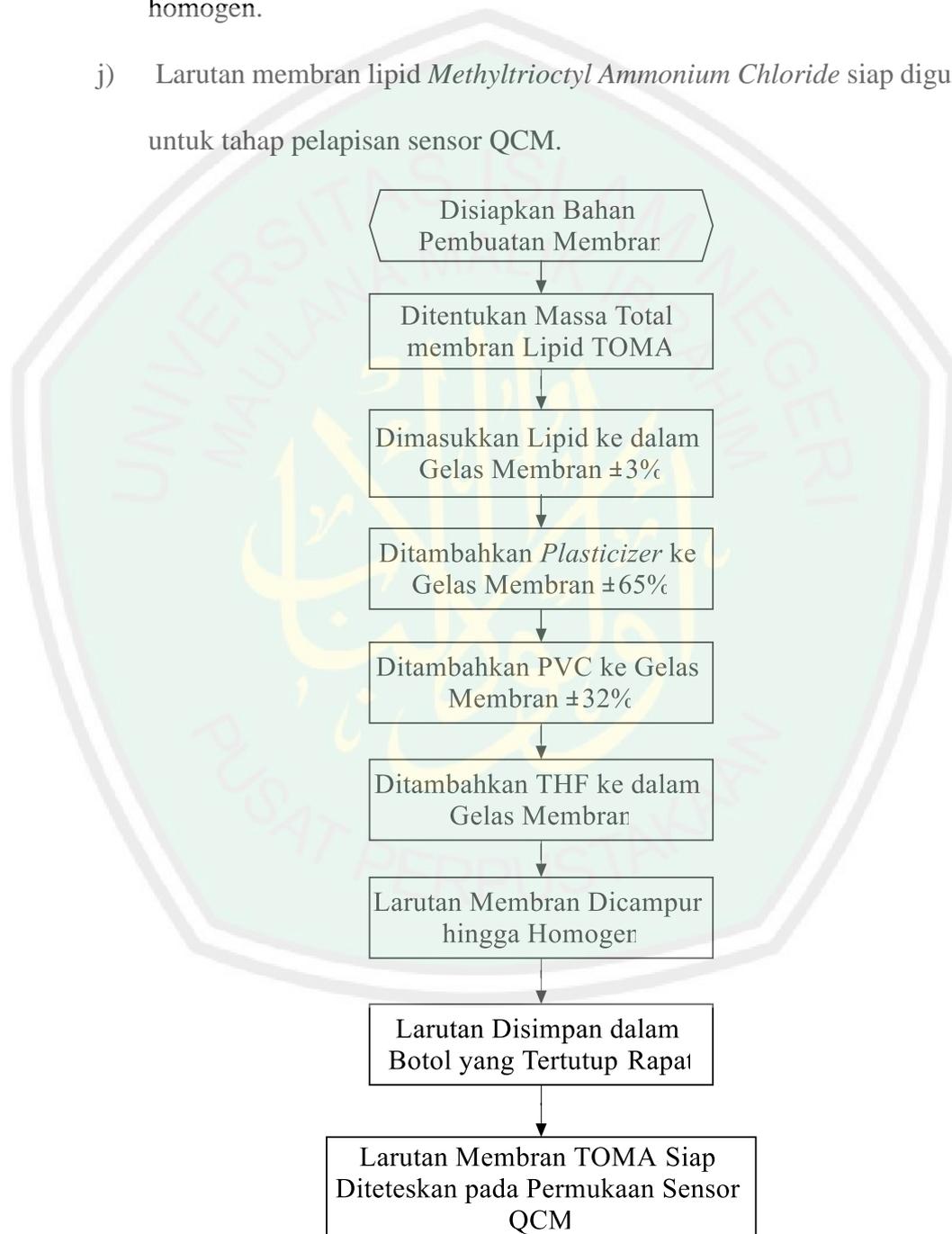
3.4.1 Tahap Persiapan

1. Pembuatan Membran

Penjelasan pembuatan membran *Methyltrioctyl Ammonium Chloride* pada gambar 3.2 ditunjukkan pada keterangan sebagai berikut (Tazi dkk, 2017).

- a) Disiapkan bahan-bahan membuat membran lipid yang terdiri dari lipid *Methyltrioctyl Ammonium Chloride*, *Plasticizer: 2-NPOE*, *Polivinyl Chloride* (PVC) dan *Tetrahydrofuran* (THF).
- b) Ditentukan massa total membran yang akan digunakan.
- c) Dilakukan pengukuran bahan-bahan pembuatan membran sesuai dengan massa total dengan presentase bahan *Methyltrioctyl Ammonium Chloride* sebanyak $\pm 3\%$, *Plasticizer: 2-NPOE* sebanyak $\pm 65\%$, *Polivinyl Chloride* (PVC) sebanyak $\pm 32\%$ dan *Tetrahydrofuran* (THF) secukupnya.
- d) Dimasukkan lipid *Methyltrioctyl Ammonium Chloride* sebanyak $\pm 3\%$ pada gelas membran yang berfungsi sebagai bahan aktif membran yang berinteraksi langsung dengan sampel.
- e) Ditambahkan *Plasticizer: 2-NPOE* sebanyak $\pm 65\%$ dari massa total ke dalam gelas membran yang berfungsi sebagai pemlastis membran.
- f) Ditambahkan PVC sebanyak $\pm 32\%$ dari massa total ke dalam gelas membran.
- g) Ditambahkan *Tetrahydrofuran* (THF) secukupnya pada gelas membran yang berfungsi sebagai pelarut antara *Methyltrioctyl Ammonium Chloride*, *Plasticizer: 2-NPOE* dan PVC.

- h) Dicampurkan larutan (lipid *Methyltrioctyl Ammonium Chloride*, *Plasticizer*: 2-NPOE dan PVC, dan THF) sampai homogen.
- i) Disimpan larutan ke dalam botol tertutup rapat selama ± 1 hari sampai homogen.
- j) Larutan membran lipid *Methyltrioctyl Ammonium Chloride* siap digunakan untuk tahap pelapisan sensor QCM.



Gambar 3.2 Diagram Pembuatan Membran

2. Pelapisan Sensor QCM

- a) Dilakukan persiapan pelapisan membran lipid *Methyltrioctyl Ammonium Chloride* (TOMA) pada sensor QCM.
- b) Dinyalakan alat *spin coater*.
- c) Dimasukkan sensor QCM pada *vacum chuck* yang sudah disiapkan pada rotor.
- d) Diletakkan *vacum chuck* yang berisi sensor QCM ke dalam *spin coater*
- e) Ditutup *spin coater* dengan penutup yang tersedia.
- f) Diatur kecepatan putar dan waktu putar dulu, ada dua kecepatan putar yaitu 500 rpm dengan durasi 10 s dan 3000 rpm dengan durasi 60 s.
- g) Ditekan “PUMP” lalu di “RUN”.
- h) Diambil larutan membran dengan mikropipet sebanyak 50 μ l ketika mesin berputar pada kecepatan 500 rpm.
- i) Ditetaskan membran lipid *Methyltrioctyl Ammonium Chloride* sebanyak 50 μ l pada permukaan sensor QCM ketika dimulai kecepatan 3000 rpm dengan sekali tetes menggunakan mikropipet.
- j) Ditunggu hingga *spin coater* berhenti berputar.
- k) Diambil sensor QCM dengan hati-hati menggunakan pinset.
- l) Dibiarkan sensor QCM yang sudah dilapisi selama kurang lebih 1 hari sehingga lapisan membran menjadi kering.
- m) Sensor QCM dilapisi membran lipid TOMA siap digunakan.

3. Persiapan Pengambilan Data

- a) Diukur massa sampel NaCl menggunakan neraca digital sesuai dengan variasi konsentrasi yang digunakan.
- b) Dilakukan pelarutan pada NaCl dengan aquades sesuai dengan variasi konsentrasi sampel yang digunakan.
- c) Dilakukan pemasangan sensor QCM pada holder QCM.

3.4.2 Tahap Pengambilan Data

1. Pengambilan Data Frekuensi Dasar (f_0)

- a) Dipasang sensor QCM elektroda perak tanpa lapisan membran pot sampel plastik 20 ml yang sudah dimodifikasi.
- b) Diatur sensor yang sudah terpasang, kemudian akan dihubungkan pada OpenQCM.
- c) Dihubungkan sensor QCM dengan OpenQCM menggunakan kabel jumper.
- d) Dihubungkan rangkaian OpenQCM dan PC menggunakan kabel USB.
- e) Dijalankan *software* OpenQCM dan diberi tegangan listrik pada rangkaian sensor sehingga sensor berhasil.
- f) Ditunggu beberapa menit sampai frekuensi stabil.
- g) Direkam data selama 5 menit sehingga frekuensi osilasi sensor berada dalam keadaan *steady state*.
- h) Dilakukan pengulangan percobaan sebanyak 5 kali.
- i) Diulangi tahap pengambilan data pada point a-h dengan sensor QCM yang telah dilapisi membran *Methyltrioctyl Ammonium Chloride*.

- j) Disimpan data frekuensi yang telah didapat dari *software* OpenQCM 1.2 ke dalam Microsoft Excel.
- k) Dilakukan rata-rata dan dianalisis data, sehingga didapatkan frekuensi dasar sensor (f_0) yang akan dicantumkan seperti pada tabel 3.1 berikut.

Tabel 3.1 Rencana Pengambilan Data Frekuensi Kontrol

Percobaan ke-	Frekuensi Dasar (f_0)	
	Sebelum Pelapisan Membran	Setelah Pelapisan Membran
1		
2		
3		
4		
5		

2. Pengambilan Data NaCl pada Sensor Elektroda Perak Murni

- a) Sensor QCM elektroda perak murni dipasangkan pada pot sampel plastik yang termodifikasi dan tertutup rapat.
- b) Dihubungkan kaki holder sensor QCM pada OpenQCM dengan kabel jumper.
- c) Dihubungkan rangkaian OpenQCM 1.2 dan PC dengan kabel USB.
- d) Diujikan sampel NaCl satu persatu sesuai dengan variasi sampel pada tabel 3.2.
- e) Dijalankan dan ditunggu *software* OpenQCM 1.2 selama 5 menit.
- f) Disimpan data frekuensi yang diperoleh.
- g) Dilakukan 5 kali pengulangan percobaan per konsentrasi.
- h) Sensor QCM dibersihkan dengan aquades setiap pergantian variasi konsentrasi sampel NaCl.

- i) Dimatikan *software* OpenQCM 1.2, setelah semua pengujian variasi sampel.
- j) Dilakukan rata-rata data hasil, dengan mengambil 200 data terakhir setiap percobaan.
- k) Seluruh data yang telah didapatkan dalam *software* OpenQCM 1.2 kemudian disimpan dalam Microsoft Excel dengan format tabel 3.2.

Tabel 3.2 Rencana Data NaCl Sebelum Pelapisan Membran Lipid

Konsentrasi (M)	NaCl dengan Elektrode Perak Murni	
	Waktu (s)	Frekuensi (MHz)
0		
0,1		
0,2		
0,3		
0,4		
0,5		
0,6		
0,7		
0,8		
0,9		
1		
1,1		
1,2		
1,3		
1,4		
1,5		
1,6		
1,7		
1,8		
1,9		
2		

3. Tahap Pengambilan Data NaCl Sesudah Pelapisan Membran TOMA

- a) Sensor QCM dengan elektroda perak yang dilapisi membran lipid *Methyltrioctyl Ammonium Chloride* dipasangkan pada pot sampel plastik

yang termodifikasi dan tertutup rapat, kemudian dihubungkan pada OpenQCM dengan kabel jumper.

- b) Dihubungkan rangkaian OpenQCM dan PC dengan kabel USB.
- c) Diujikan sampel NaCl satu persatu sesuai dengan variasi sampel pada tabel 3.3.
- d) Dijalankan *software* OpenQCM sampai stabil.
- e) Disimpan data frekuensi yang diperoleh selama 5 menit.
- f) Dilakukan 5 kali pengulangan percobaan per konsentrasi.
- g) Sensor QCM dibersihkan dengan aquades setiap pergantian variasi konsentrasi sampel NaCl.
- h) Dimatikan *software* OpenQCM 1.2, setelah semua pengujian variasi sampel.
- i) Dilakukan rata-rata data hasil, dengan mengambil 200 data terakhir setiap percobaan.
- j) Seluruh data yang telah didapatkan dalam *software* OpenQCM kemudian disimpan dalam Microsoft Excel dengan format tabel 3.3 sebagai berikut.

Tabel 3.3 Rencana Variasi Sampel NaCl Setelah Pelapisan Membran Lipid

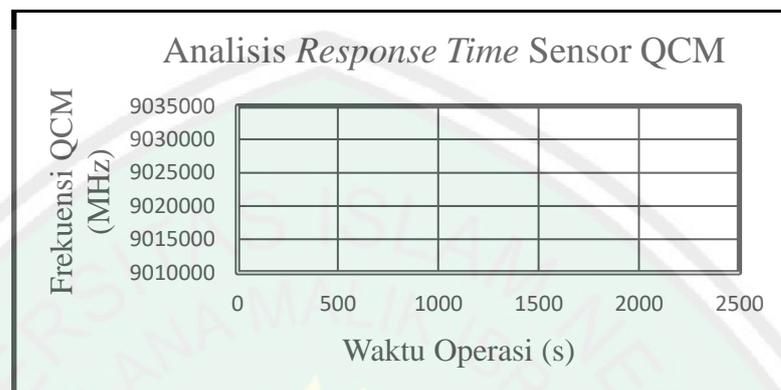
Konsentrasi (M)	NaCl	
	Waktu (s)	Frekuensi (MHz)
0		
0,1		
0,2		
0,3		
0,4		
0,5		
0,6		
0,7		
0,8		
0,9		
1		

Konsentrasi (M)	NaCl	
	Waktu (s)	Frekuensi (MHz)
1,1		
1,2		
1,3		
1,4		
1,5		
1,6		
1,7		
1,8		
1,9		
2		

3.4.3 Tahap Pengolahan Data

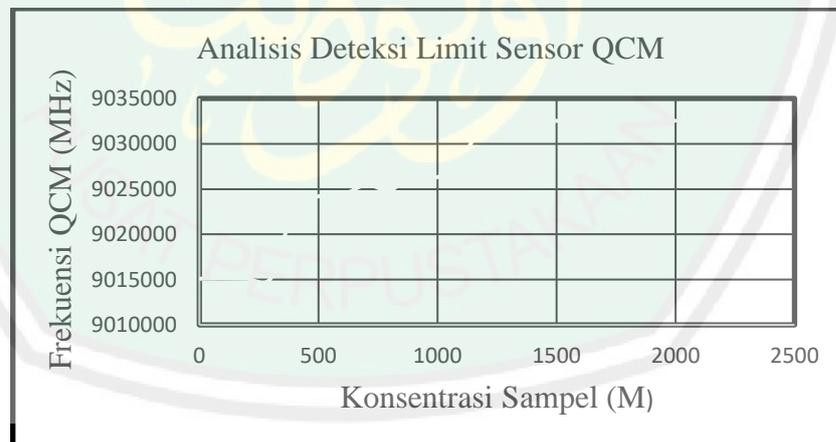
1. Dilakukan penentuan frekuensi dasar (f_0) pada sensor QCM sebelum dan sesudah pelapisan membran *Methyltrioctyl Ammonium Chloride* dengan melakukan percobaan minimal 5 kali untuk mendapatkan frekuensi dasar sensor dalam keadaan *steady state*.
2. Data yang disimpan di Microsoft Excel merupakan data yang sudah dirata-rata dari 200 data terakhir pada setiap percobaan.
3. Data akan diolah menggunakan *software* OriginPro 2017.
4. Dibuka aplikasi pengolah data yaitu *software* OriginPro 2017.
5. Dimasukkan data yang diolah pada *workbook*.
6. Diklik button "*line+symbol*" untuk membuat grafik berupa garis dan simbol.
7. Dilakukan regresi linear agar didapatkan hasil analisis data, klik menu "*Analysis*", lalu pilih *Fitting-Linear fit* .
8. Disimpan hasil *plotting data* sesuai format yang diinginkan.

9. Plot grafik pada data pengujian sampel antara variabel waktu dan perubahan frekuensi osilasi untuk mengetahui tingkat *response time* sensor menggunakan *software* OriginPro 2017 yang ditunjukkan pada gambar 3.3.



Gambar 3.3 Rencana Analisis *Response Time* Sensor QCM

10. Plot grafik pada data pengujian sampel antara variabel konsentrasi sampel dan perubahan frekuensi osilasi untuk mengetahui deteksi limit sensor menggunakan *software* OriginPro 2017 yang ditunjukkan pada gambar 3.4.



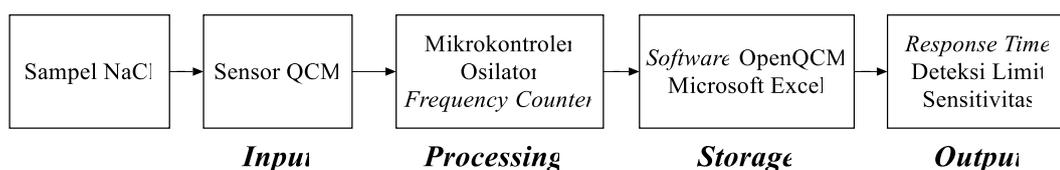
Gambar 3.4 Rencana Analisis Deteksi Limit Sensor QCM

11. Dilakukan analisis grafik deteksi limit dengan menentukan daerah mati, daerah kerja dan daerah saturasi sensor.
12. Dilakukan analisis hasil berupa karakterisasi dan sensitivitas sensor QCM.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Sensor QCM (*Quartz Crystal Microbalance*) merupakan alat instrumen yang digunakan untuk mendeteksi massa partikel seperti gas, *liquid*, dan *vacum*. Sensor ini biasanya digunakan sebagai hidung elektronik, namun dalam penelitian ini sensor QCM digunakan sebagai sensor rasa. Tujuan penelitian ini yaitu mengetahui karakterisasi sensor QCM. Sensor QCM dalam penelitian ini menggunakan dua variasi yaitu sensor QCM dengan elektroda perak murni dan sensor QCM dilapisi membran lipid *Methyltrioctyl Ammonium Chloride*. Data perubahan frekuensi yang dihasilkan dari penelitian ini akan dianalisis sesuai tujuan yaitu *response time*, deteksi limit, dan sensitivitas.

Sistem pengujian sensor QCM terhadap sampel NaCl terdiri dari *hardware* dan *software* yang mempunyai fungsinya masing-masing. Komponen *hardware* meliputi kristal kuarsa, holder QCM, dan beberapa komponen elektronika serta prosesor dari OpenQCM. Adapun *software* yang digunakan meliputi *software* OpenQCM 1.2, Microsoft Excel, dan OriginPro 2017. Sistem pengujian sensor QCM terdiri dari *hardware* dan *software* yang akan dijalankan dan dikontrol oleh PC, *output* yang dihasilkan tersimpan dalam bentuk data logger. Sistem pengujian sensor QCM terhadap sampel NaCl ditunjukkan pada gambar 4.1 berikut.



Gambar 4.1 Sistem Pengujian Sensor QCM terhadap Sampel NaCl

Sistem pengujian sensor QCM memiliki empat sub bagian terpenting agar bisa berjalan dengan lancar yaitu bagian masukan (*input*), bagian pemrosesan data (*processing data*), bagian penyimpanan (*storage*), dan bagian keluaran (*output*). Penelitian ini menggunakan sampel NaCl (mewakili rasa asin). Bagian *input* merupakan bagian awal pemrosesan data yang terdiri dari sensor QCM dengan dua variasi elektroda. Adapun variasi tersebut yaitu sensor QCM elektroda perak murni dan sensor QCM dilapisi membran lipid *Methyltrioctyl Ammonium Chloride*. Perbedaan kedua sensor tersebut bertujuan untuk mengetahui karakterisasi masing-masing sensor.

Bagian *processing data* merupakan bagian yang menjadi penghubung antara bagian *input data* dengan *software* pada PC. *Processing data* akan menerima sinyal-sinyal dari bagian *input data*. Bagian dari *processing data* terdiri dari mikrokontroler, osilator, dan *frequency counter*. Bagian tersebut terdapat pada rangkaian OpenQCM yang dapat digunakan secara praktis dan mudah. Komponen penyusun OpenQCM yaitu Arduino mikro, QCM *Arduino shield*, dan Sensor Temperatur.

Bagian penyimpanan (*storage*) merupakan bagian dimana data yang didapat dari bagian *processing* disimpan dan ditampilkan pada *software*. *Software* yang digunakan yaitu *software* OpenQCM 1.2 dan Microsoft Excel. Tampilan dari *software* OpenQCM 1.2 yaitu grafik frekuensi dan suhu selama pengujian dengan waktu yang *real time*. Data logger yang diperoleh berupa data frekuensi dan suhu. Data hasil pengujian sampel yang diperoleh dalam bentuk .txt agar langsung tersimpan pada Microsoft Excel secara otomatis.

Bagian keluaran (*output*) pada sistem pengujian sensor QCM terdiri dari karakterisasi sensor. Data yang diperoleh dari *software* OpenQCM yaitu frekuensi osilasi, data tersebut dianalisis dalam beberapa bagian karakterisasi sensor. Karakterisasi sensor berupa *response time*, deteksi limit, dan sensitivitas sensor yang diolah menggunakan *software* OriginPro 2017. *Response time* sensor ditentukan dengan plot grafik hubungan antara waktu dan frekuensi keluaran sensor. Deteksi limit ditentukan dengan plot grafik hubungan antara konsentrasi 0 M–2 M dengan frekuensi osilasi per konsentrasi. Sensitivitas sensor ditentukan dari daerah kerja pada deteksi limit, analisis yang digunakan untuk menentukan sensitivitas yaitu analisis regresi linear.

4.1 Data Hasil Penelitian

4.1.1 Preparasi Sampel dan Proses Pengujian Rasa Asin

Sampel yang diuji dalam penelitian ini adalah salah satu rasa dasar yaitu rasa asin. Rasa asin diwakili oleh senyawa *Natrium Clorida* (NaCl). Preparasi sampel dilakukan dengan cara melarutkan NaCl dengan 10 ml aquades. Konsentrasi yang digunakan dalam penelitian ini yaitu antara 0,1 M sampai 2 M dengan interval 0,1 M.

Konsentrasi yang sangat rendah bertujuan untuk mengetahui seberapa kecil respon sensor terhadap perubahan konsentrasi. Natrium klorida (NaCl) yang digunakan memiliki fase padatan (kristal). Pembuatan sampel yang diujikan pada sensor QCM menggunakan proses pelarutan. NaCl memiliki massa molekul relatif (Mr) yang berbeda dari senyawa lain, maka perlu dilakukan perhitungan massa

sampel yang harus dilarutkan dalam tiap 10 ml aquades. Pelarutan NaCl menggunakan rumus:

$$M = \frac{m}{Mr} \times \frac{1000}{V} \quad (4.1)$$

Dimana:

M : Konsentrasi sampel yang diinginkan (M)

m : Massa NaCl yang dicari (gr)

Mr : Massa molekul relatif NaCl (58,5 gr/mol)

V : Volume pelarut (ml)

Massa molekul relatif dari senyawa NaCl yaitu 58,5 gr/mol. Perhitungan yang dilakukan untuk menentukan massa dari setiap konsentrasi yaitu:

$$\begin{aligned} M &= \frac{n}{V} \\ gr &= n \cdot Mr \\ gr &= \frac{M \times 10 \times Mr}{1000} \\ gr &= \frac{M \times Mr}{100} \end{aligned} \quad (4.2)$$

Persamaan 4.2 digunakan untuk menentukan massa dari 20 variasi konsentrasi sampel yang diujikan. Pelarut yang digunakan yaitu aquades sebesar 10 ml untuk setiap sampel. Hasil perhitungan massa untuk setiap sampel ditunjukkan pada tabel 4.1.

Tabel 4.1 Massa NaCl pada Proses Pelarutan

No.	Konsentrasi Larutan (M)	Massa NaCl (gram)
1	0,1	0,06
2	0,2	0,12
3	0,3	0,17
4	0,4	0,23
5	0,5	0,29
6	0,6	0,38
7	0,7	0,41
8	0,8	0,47
9	0,9	0,53
10	1	0,58
11	1,1	0,64
12	1,2	0,7
13	1,3	0,76
14	1,4	0,82
15	1,5	0,88
16	1,6	0,94
17	1,7	1,00
18	1,8	1,05
19	1,9	1,12
20	2	1,17

Massa dari masing-masing konsentrasi yang sudah dihitung, kemudian dilakukan pelarutan sampel. Pelarutan dilakukan dengan cara melarutkan massa dari senyawa NaCl dengan 10 ml aquades. Massa NaCl untuk setiap konsentrasi diukur dengan menggunakan neraca digital, kemudian dilarutkan dengan aquades hingga volume 10 ml yang diukur dengan gelas ukur. Setiap konsentrasi dilarutkan dalam gelas beaker dan diaduk hingga homogen. Ketika sampel sudah larut maka disimpan pada botol kaca lalu ditutup rapat.

Proses pengujian sampel pada sensor QCM dapat dilaksanakan apabila sampel telah siap atau larut, dan keadaan sensor QCM yang dilapisi membran telah

mengering. Sensor QCM yang digunakan ada dua variasi yaitu sensor QCM elektroda perak murni dan sensor QCM dilapisi membran lipid *Methyltrioctyl Ammonium Chloride*. Sensor QCM yang sudah dimodifikasi dan ditetesi sampel harus ditutup rapat supaya tidak ada gangguan seperti udara dan tekanan yang berlebihan. Sensor QCM dihubungkan dengan OpenQCM menggunakan kabel jumper. Kemudian rangkaian tersebut (sensor QCM dan OpenQCM) dihubungkan dengan PC menggunakan kabel USB. *Software* OpenQCM 1.2 dibuka dan dijalankan untuk memulai dan mengakhiri proses akuisisi data.

Proses pengambilan data yang pertama dimulai dengan menghitung frekuensi dasar (f_0) yang dimiliki sensor QCM. Pengujian dilakukan dengan meneteskan 100 μl sampel pada sensor QCM. Pengambilan data frekuensi dasar dilakukan selama 5 menit dengan 5 kali pengulangan. Hasil pengulangan tersebut kemudian dirata-rata untuk mendapatkan f_0 yang dijadikan kontrol sebelum pengujian sampel NaCl saat pergantian konsentrasi. Pengujian sampel NaCl dimulai dari konsentrasi paling rendah menuju konsentrasi paling tinggi.

Pengujian *response time* sensor dilakukan selama 5 menit. Nilai *response time* sensor didapatkan kurang dari 1 menit, sehingga durasi 5 menit sudah dapat data yang stabil. Sensor QCM ditetesi 100 μl per konsentrasi dengan 5 kali pengulangan per tetes. Setiap pergantian konsentrasi NaCl, sensor QCM harus dibersihkan atau dibilas dengan menggunakan aquades dan ditunggu sampai benar-benar mengering. Sensor QCM dibilas agar bisa kembali pada titik kontrol frekuensi sensor. Sampel yang sudah diujikan pada dua variasi sensor QCM maka dilakukan pengolahan data. Jumlah data yang diperoleh sebanyak 300 data, namun

hanya 200 data terakhir yang digunakan. Data setiap konsentrasi dirata-rata dan digabung pada *software* Microsoft Excel 2016.

Data akan disimpan dan ditampilkan pada PC, kemudian dianalisis *response time*, deteksi limit, dan sensitivitas menggunakan *software* OriginPro 2017 dan dilakukan *plotting data*. Proses *plotting data* digunakan supaya dapat diketahui *response time*, deteksi limit, dan sensitivitas. Sensitivitas diketahui setelah ditentukan daerah kerja suatu sensor. Daerah kerja sensor dianalisis menggunakan regresi linear pada *software* OriginPro 2017. Regresi linear akan menghasilkan persamaan kemiringan kurva $y = a \pm bx$, dimana a menunjukkan nilai garis potong (*intercept*) kurva dan b menunjukkan nilai kemiringan (*slope*) kurva.

4.1.2 Data Hasil Pengujian Frekuensi Sensor

Data yang dihasilkan dari proses pengujian sensor QCM yaitu frekuensi osilasi sensor. Semakin besar konsentrasi yang diujikan maka data frekuensi osilasi sensor mengalami penurunan. Setiap sampel diujikan pada dua variasi sensor QCM yaitu dari sensor QCM elektroda perak murni dan sensor QCM dilapisi membran lipid *Methyltrioctyl Ammonium Chloride*. Sensor QCM sebelum diuji dengan sampel NaCl, maka diuji frekuensi dasar dari dua variasi sensor QCM tersebut.

Tujuan dilakukan pengujian frekuensi dasar untuk mendapatkan nilai dasar suatu sensor QCM. Frekuensi dasar berguna sebagai kontrol ketika pengujian sensor dengan sampel. Sensor QCM harus dibersihkan terlebih dahulu dengan aquades, agar tidak ada sisa sampel yang menempel. Ketika pergantian sampel uji sensor maka harus dilakukan pengujian frekuensi dasar sebagai nilai kontrol awal. Hasil pengujian frekuensi dasar f_0 ditunjukkan pada tabel 4.2.

Tabel 4.2 Data Hasil Pengujian Frekuensi Dasar Sensor QCM

Percobaan ke-	Frekuensi Dasar Sensor QCM (MHz)	
	Tanpa Membran	Dilapisi Membran Lipid TOMA
1	10,1361470193333	9,988359666
2	10,0082066173333	9,988366935
3	10,0082169386667	9,988369849
4	10,008218005	9,988371915
5	10,00820878	9,988373378
Rata-Rata	10,0337994720667	9,988368349

Data frekuensi dasar tersebut digunakan untuk memastikan bahwa tidak ada sampel yang masih menempel pada sensor QCM. Hasil pengujian sampel NaCl ditunjukkan pada tabel 4.3 sebagai berikut.

Tabel 4.3 Hasil Pengujian Sampel Larutan NaCl

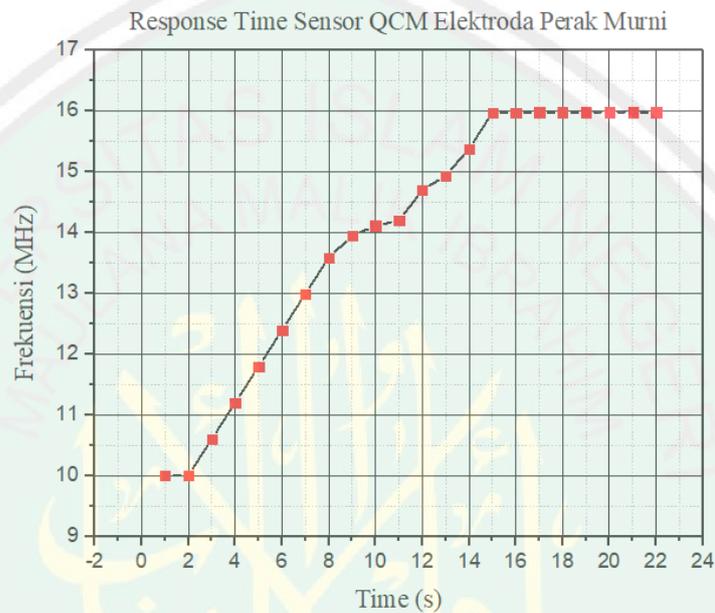
Konsentrasi (M)	Frekuensi Sensor QCM (MHz)	
	Tanpa Membran	Dilapisi Membran Lipid TOMA
0	15,99999748	15,95803209
0,1	15,88102139	15,99999991
0,2	15,88025933	16,0000000
0,3	15,86187574	15,99988929
0,4	15,87586247	15,98864817
0,5	15,95043861	15,71110664
0,6	15,83288128	15,89615492
0,7	15,95105666	15,85710374
0,8	12,8971353	15,32554918
0,9	12,35379675	11,13218248
1	12,58450643	11,43663346
1,1	12,36336929	11,4596391
1,2	12,38136777	11,21390713
1,3	12,01166545	11,06898576
1,4	11,98017759	10,86645309
1,5	11,95337157	10,93702475
1,6	11,7741417	10,40212779
1,7	11,69239739	10,53765301
1,8	11,29170341	10,44929802
1,9	11,35479255	9,739057224
2	10,98234966	9,848951032

Sensor QCM memiliki cara kerja seperti lidah manusia. Ketika konsentrasi bertambah maka sensor akan merespon. Pada konsentrasi yang nilainya kecil sensor QCM kurang merespon, sedangkan konsentrasi yang nilainya tinggi maka sensor akan merespon. Hasil respon sensor QCM berubah-ubah, karena dipengaruhi oleh konsentrasi yang berbeda. Data hasil pengujian sampel NaCl sensor QCM pada tabel 4.3 akan dianalisis karakteristik sensornya menggunakan *software* OriginPro 2017. Semakin besar konsentrasi sampel maka mempengaruhi perubahan frekuensi osilasinya. Karakterisasi sensor yang dianalisis yaitu *response time sensor* (waktu tanggap), deteksi limit sensor (daerah kerja), dan sensitivitas sensor.

4.1.3 Data Hasil Pengujian *Response Time*

Pemilihan sensor yang selektivitas yaitu dengan mengetahui karakterisasi suatu sensor. Karakterisasi sensor yaitu seperti *response time*, deteksi limit, dan sensitivitas. *Response time* (waktu tanggap) merupakan waktu yang dibutuhkan sensor memberi tanggapan pada sampel yang digunakan sehingga mengalami perubahan variabel. Sensor yang bagus merupakan sensor yang memiliki waktu tanggap yang cepat atau kecil. Ketika waktu tanggap suatu sensor semakin kecil, maka semakin bagus kualitas sensor tersebut. *Response time* sensor diambil pada sampel NaCl konsentrasi 100 mM. Nilai *response time* ditentukan sebelum *output* sensor mengalami *steady state*. Perubahan variabel dipengaruhi oleh interaksi sampel dengan sensor QCM. Dalam penelitian ini untuk mengetahui *response* suatu sensor QCM dengan membuat grafik hubungan antara waktu dengan frekuensi osilasi.

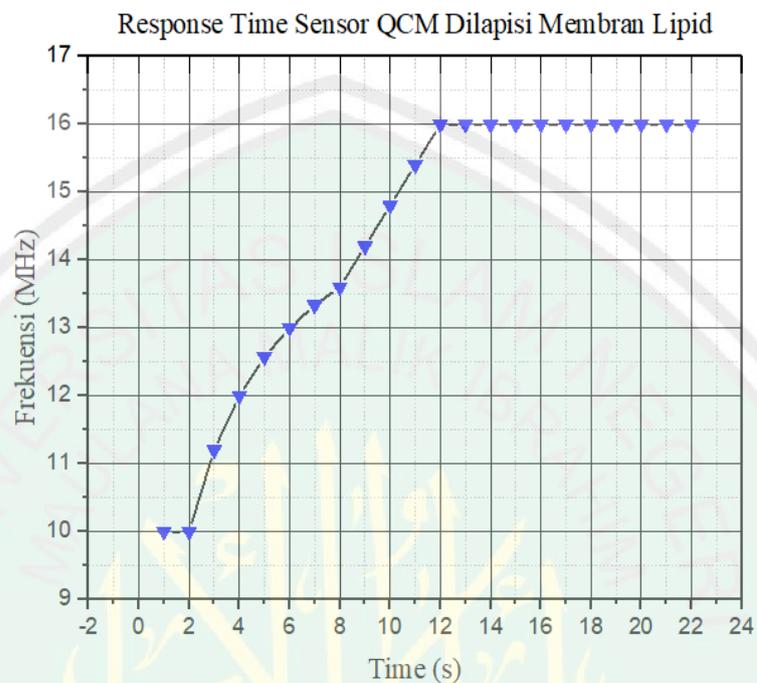
Data *response time* di ambil selama 300 detik dengan sekali penetesan. Data *response time* diambil ketika sensor QCM elektroda perak murni dan dilapisi membran TOMA. Gambar 4.2 merupakan *response time* dari sensor QCM elektroda perak murni.



Gambar 4.2 *Response Time* Sensor QCM Elektroda Perak Murni

Response time pada sensor QCM elektroda perak murni terhadap sampel NaCl ditunjukkan pada gambar 4.2. Sampel NaCl diujikan untuk mewakili rasa asin. Hasil yang didapatkan dari grafik menunjukkan bahwa sensor QCM elektroda perak murni merespon sampel NaCl selama 13 detik dimulai pada detik ke 3, kemudian berada pada keadaan stabil saat detik ke 15. Hasil *response time* NaCl elektroda perak murni pada sensor QCM dianggap menunjukkan nilai yang baik, karena menunjukkan nilai *steady state* yang stabil saat detik ke 15 sampai dengan detik ke 300 (batas waktu pengujian). Data frekuensi yang dianalisis yaitu data *output* sensor saat dalam keadaan stabil (*steady state*). Gambar 4.3 merupakan

response time sensor QCM dilapisi membran lipid *Methyltrioctyl Ammonium Chloride* (TOMA) terhadap sampel NaCl.



Gambar 4.3 *Response Time* dengan Membran Lipid TOMA

Hasil *response time* sampel NaCl pada sensor QCM dilapisi membran lipid *Methyltrioctyl Ammonium Chloride* ditunjukkan pada gambar 4.3 bahwa sensor merespon sampel selama 10 detik dimulai pada kenaikan frekuensi pada detik ke 3 dan berada pada keadaan *steady state* pada detik ke 12 hingga detik 300 (batas akhir). Kenaikan frekuensi yang terjadi dinilai lebih cepat pada keadaan stabil. Respon sensor QCM dilapisi membran lipid *Methyltrioctyl Ammonium Chloride* dinilai memiliki respon lebih cepat dibandingkan dengan pengujian menggunakan sensor QCM elektroda perak murni. Waktu tanggap yang dihasilkan dari pengujian NaCl menggunakan dua variasi elektroda sensor hanya selisih sebesar 3 detik ketika *steady state*. Perbedaan hasil *response time* yang memiliki selisih waktu 3 detik

karena adanya pengaruh pelapisan membran terhadap respon sensor pada sampel NaCl.

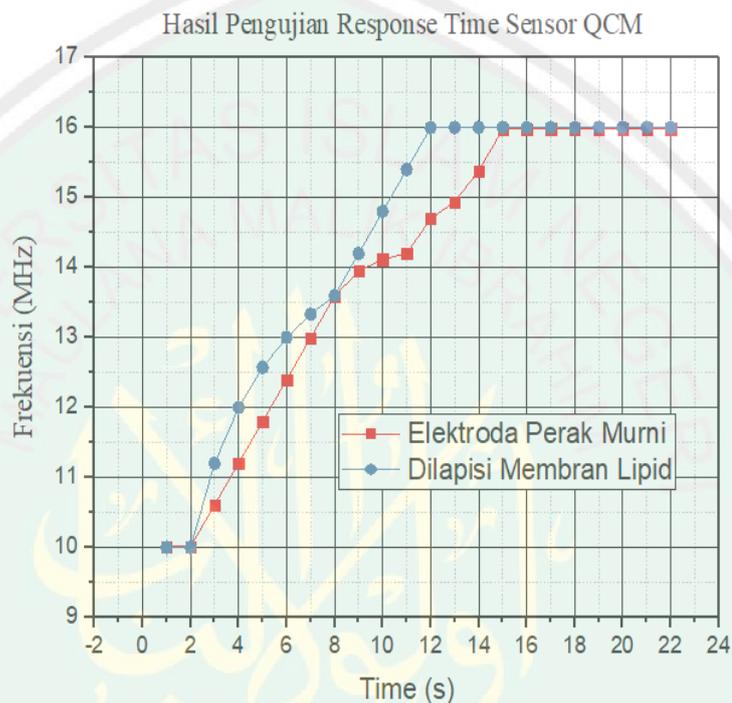
Data yang diperoleh dari pengujian menghasilkan waktu *steady state* yang berbeda pada sensor QCM elektroda perak murni maupun sensor QCM dengan membran lipid. Perbedaan tersebut dipengaruhi oleh elektroda yang berbeda, hasil tersebut menunjukkan pemberian lapisan membran lipid pada elektroda dinilai memiliki pengaruh dalam menentukan tingkat selektivitas sensor. Selisih waktu tanggap sensor QCM hanya 3 detik namun itu sangat berpengaruh. Adapun rincian data hasil penentuan *response time* ditunjukkan pada tabel 4.4 sebagai berikut.

Tabel 4.4 Hasil Analisis *Response Time* Sensor QCM pada NaCl

Jenis Sampel dan Elektroda	Waktu Naik	Waktu <i>Steady State</i>
Sensor QCM elektroda perak murni	Detik ke 3	Detik ke 15
Sensor QCM elektroda perak berlapis membran lipid TOMA	Detik ke 3	Detik ke 12

Tabel 4.4 merupakan hasil *response time* sensor QCM terhadap sampel NaCl. Sensor QCM dilapisi membran lipid *Methyltrioctyl Ammonium Chloride* menunjukkan nilai respon yang lebih baik dari pada sensor QCM elektroda perak murni. Pengaruh pelapisan membran lipid *Methyltrioctyl Ammonium Chloride* pada sensor berpengaruh terhadap tanggapan waktu sensor dalam merespon sampel. Waktu naik dari kedua variasi sensor QCM memiliki kesamaan yaitu waktu naik pada detik ke 3, namun memiliki perbedaan *response time* pada kedua variasi sensor tersebut. Sensor QCM dilapisi membran lipid *Methyltrioctyl Ammonium Chloride* memiliki waktu tanggap yang cepat untuk mencapai *steady state* dari pada sensor QCM elektroda perak murni. Hasil *response time* pada sensor QCM elektroda perak

murni dan sensor QCM dilapisi membran lipid sebesar 15 s dan 12 s. Perbedaan waktu respon pada kedua variasi sensor hanya 3 detik saja, namun perbedaan waktu tanggap tersebut sangat berpengaruh. Hasil perbandingan *response time* dari kedua variasi pengujian ditunjukkan pada gambar 4.4.



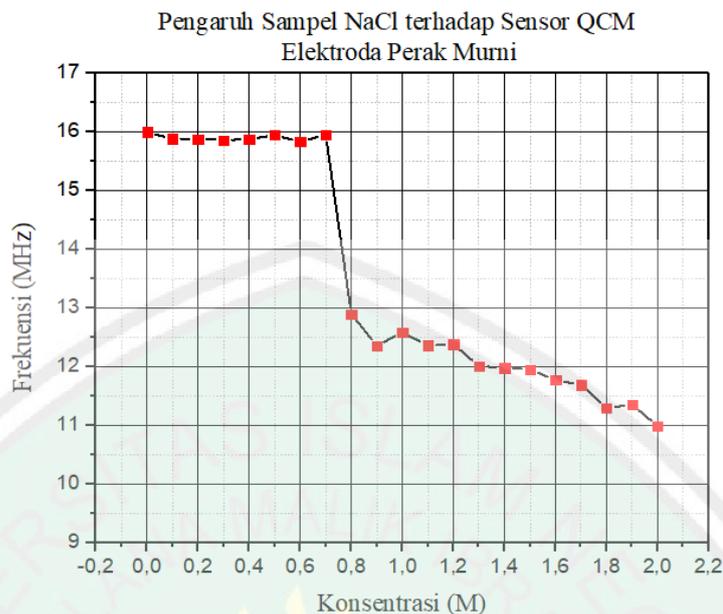
Gambar 4.4 Hasil Pengujian *Response Time* Sampel NaCl

Gambar 4.4 menunjukkan hasil pengujian sampel NaCl membuktikan bahwa ada perbedaan hasil *response time* pada 2 variasi sensor QCM. Sensor QCM memiliki waktu naik yang sama yaitu pada detik ke 3, namun memiliki waktu tanggap yang berbeda. Respon sensor QCM pada pengujian sampel NaCl pada sensor QCM yang dilapisi membran lipid *Methyltrioctyl Ammonium Chloride* lebih bagus, karena memiliki waktu *steady state* lebih cepat.

4.1.4 Data Hasil Pengujian Deteksi Limit

Karakterisasi sensor yang perlu diketahui yaitu deteksi limit sensor. Deteksi limit merupakan batas kemampuan dari suatu sensor untuk mendeteksi terjadinya perubahan nilai yang dideteksi. Batas atau limit sensor terbagi menjadi dua yaitu limit bawah dan limit atas sensor. Pengujian sampel NaCl yang mewakili rasa asin menggunakan konsentrasi rendah, sehingga kemungkinan munculnya limit atas sangat kecil, karena limit atas membutuhkan konsentrasi yang pekat. Penelitian ini merupakan tahap awal dalam pengembangan sensor QCM dalam merespon suatu rasa sehingga ada batasan sampel uji. Sampel NaCl yang diuji memiliki nilai konsentrasi sangat kecil yaitu 0 M hingga 2 M, semakin besar konsentrasi maka larutan sampel semakin pekat. Hasil data frekuensi dipengaruhi oleh semakin besar konsentrasi maka frekuensi osilasi sensor QCM mengalami perubahan.

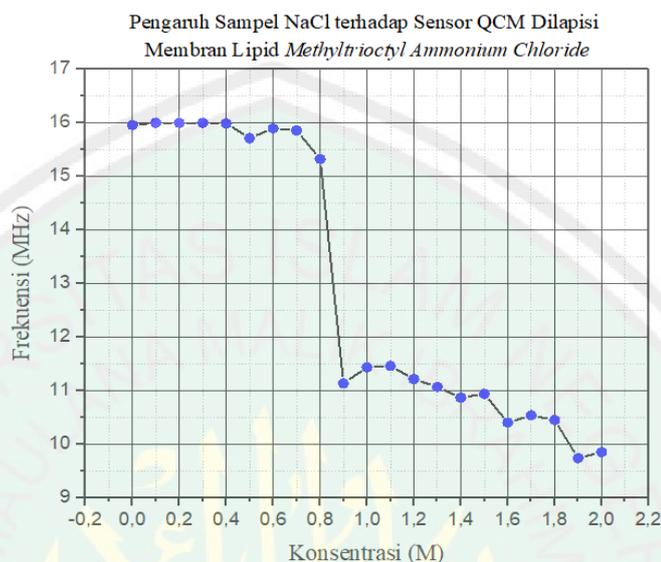
Penentuan deteksi limit sensor dilakukan dengan membuat grafik hubungan antara konsentrasi dan frekuensi sensor menggunakan data yang telah didapatkan. Hasil data frekuensi osilasi yaitu dua grafik yang menunjukkan daerah kerja suatu sensor QCM, karena dalam penelitian ini mengambil daerah kerja pada sensor QCM elektroda perak murni dan sensor QCM dilapisi membran lipid TOMA. Grafik hasil pengujian larutan NaCl menggunakan sensor QCM elektroda perak murni ditunjukkan pada gambar 4.5.



Gambar 4.5 Deteksi Limit Sensor QCM Elektroda Perak Murni

Hasil uji sampel NaCl terhadap sensor QCM elektroda perak murni ditunjukkan pada gambar 4.5. Grafik tersebut menunjukkan daerah mati (*dead band*) sensor dan daerah kerja sensor. Daerah mati ditunjukkan pada konsentrasi larutan antara 0 M–0,7 M. Perubahan frekuensi yang kecil antara 15,99999748 MHz sampai 15,95105666 MHz disebut sebagai *dead band* sensor. Ketika konsentrasi 0,8 M mengalami penurunan frekuensi sebesar 12,8971353 MHz. Perubahan frekuensi yang sangat besar menunjukkan bahwa sensor mulai merespon sampel. Data hasil frekuensi sensor menunjukkan penurunan nilai ketika konsentrasi semakin pekat. Hasil grafik pada gambar 4.5 menunjukkan bahwa daerah kerja sensor berada pada konsentrasi 0,8 M–2 M. Adapun limit bawah sensor terhadap larutan NaCl berada pada konsentrasi ke 0,8 M dengan nilai frekuensi sebesar 12,8971353 MHz. Pengujian ini mendapat kesimpulan bahwa sensor QCM elektroda perak murni merespon sampel dengan baik, karena penurunan frekuensi

sebanding dengan penambahan konsentrasi. Grafik hasil pengujian larutan NaCl menggunakan sensor QCM dilapisi membran ditunjukkan pada gambar 4.6.



Gambar 4.6 Deteksi Limit Sensor QCM Dilapisi Membran Lipid

Hasil pengujian sensor QCM dilapisi membran lipid *Methyltriocetyl Ammonium Chloride* terhadap sampel NaCl ditunjukkan pada gambar 4.6. Grafik menjelaskan bahwa daerah mati sensor saat konsentrasi 0 M sampai 0,8 M karena perubahan frekuensi sensor sangat kecil. Sensor QCM saat konsentrasi 0,9 M mengalami penurunan frekuensi sebesar 11,13218248 MHz, namun ketika konsentrasi 1 M mengalami kenaikan frekuensi yang tinggi, sehingga konsentrasi 0,9 M– 1 M termasuk *dead band* sensor. Pengujian sebelumnya daerah kerja sensor mengalami penurunan frekuensi, bukan kenaikan frekuensi. Daerah mati pada konsentrasi 0,9 M–1 M ini karena frekuensi yang didapat mengalami kenaikan. Daerah kerja sensor dimulai pada konsentrasi 1,1 M sampai 2 M, perubahan frekuensi pada daerah kerja mengalami penurunan secara signifikan. Pada daerah

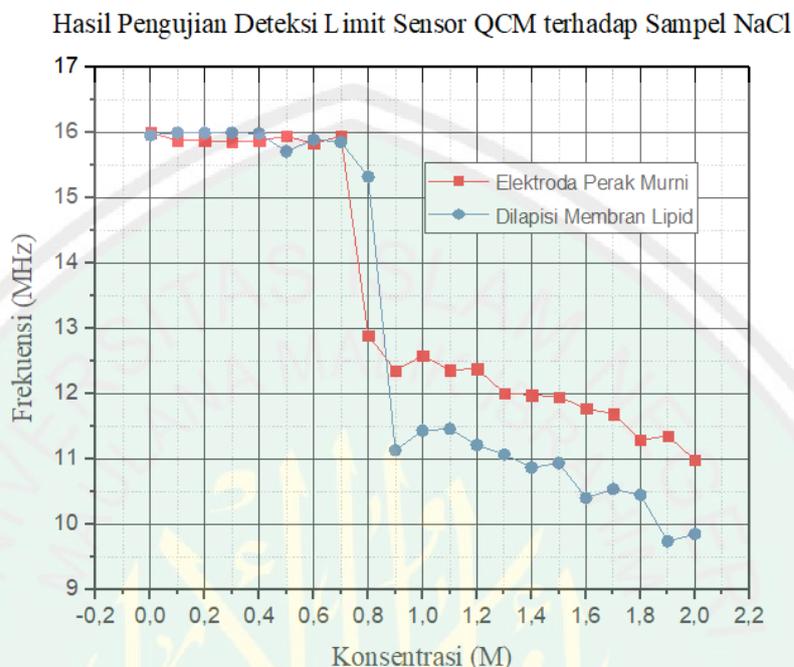
kerja terdapat konsentrasi yang mengalami kenaikan frekuensi, namun tidak melebihi nilai limit bawah. Adapun limit bawah sensor terhadap larutan NaCl berada pada konsentrasi ke 1,1 M dengan nilai frekuensi sebesar 11,4596391 Hz.

Tabel 4.5 Hasil Analisis Deteksi Limit Sensor QCM pada NaCl

No.	Jenis Pengujian	Konsentrasi Limit Bawah (M)	Frekuensi Limit Bawah (MHz)	Daerah Mati	Daerah Kerja
1	NaCl dengan elektroda perak murni	0,8	12,8971353	0 M–0,7 M	0,8 M– 2 M
2	NaCl dengan elektroda perak berlapis membran lipid	1,1	11,4596391	0 M–1 M	1,1 M–2 M

Data hasil pengujian sensor QCM elektroda perak murni dan sensor QCM dilapisi membran lipid *Methyltrioctyl Ammonium Chloride* ditunjukkan pada tabel 4.5. Hasil yang diperoleh dari data tersebut yaitu nilai limit bawah sensor QCM elektroda perak lebih rendah dari sensor QCM dilapisi membran lipid. Sampel NaCl yang diujikan pada sensor QCM elektroda perak murni merespon ketika konsentrasi 0,8 M. Sampel NaCl terhadap sensor QCM dilapisi membran lipid merespon ketika konsentrasi 1,1 M. Hasil pengujian tersebut menunjukkan bahwa sensor QCM elektroda perak murni lebih baik merespon sampel larutan NaCl, karena konsentrasi yang merespon sensor QCM elektroda perak lebih kecil dari sensor QCM dilapisi membran lipid. Jenis elektroda sensor QCM mempengaruhi hasil dari pengujian, sensor dengan elektroda perak lebih baik merespon dari sensor yang dilapisi membran lipid. Deteksi limit dinilai baik ketika sensor QCM merespon sampel dengan cepat atau merespon sampel pada konsentrasi yang rendah. Hasil

perbandingan deteksi limit dari kedua variasi pengujian ditunjukkan pada gambar 4.7.



Gambar 4.7 Hasil Pengujian Deteksi Limit pada Sensor QCM

Gambar 4.7 menunjukkan hasil pengujian sampel NaCl membuktikan bahwa ada perbedaan hasil deteksi limit pada 2 variasi sensor QCM. Sensor QCM memiliki limit bawah yang berbeda setiap sensor. Namun memiliki waktu tanggap yang berbeda. Hasil deteksi limit pada gambar 4.7 menunjukkan bahwa konsentrasi sampel yang dapat direspon oleh sensor QCM elektroda perak murni lebih kecil daripada sensor QCM dilapisi membran lipid *Methyltrioctyl Ammonium Chloride*. Hal tersebut dapat diartikan bahwa sensor QCM elektroda perak murni dinilai memiliki deteksi limit yang lebih baik, meskipun selisih konsentrasinya sangat kecil dari sensor QCM dilapisi membran lipid *Methyltrioctyl Ammonium Chloride*.

Selisih limit bawah hanya sebesar 0,3 M antara sensor QCM elektroda perak murni dan sensor QCM dilapisi membran lipid *Methyltrioctyl Ammonium Chloride*.

Daerah kerja sensor ditentukan saat sensor mulai merespon sampel dan nilai frekuensi yang dihasilkan mengalami penurunan yang signifikan saat konsentrasi sampel tambah pekat. Daerah kerja sensor berada diantara daerah mati dan daerah saturasi sensor. Daerah kerja sensor berada diantara daerah mati dan daerah saturasi sensor. Sensor QCM dalam penelitian ini tidak mencapai daerah saturasi, karena sampel yang digunakan dibatasi hanya sebesar 0 M–2 M. Tujuan dari penelitian ini hanya mengetahui limit bawah sensor, bukan limit atas sensor.

4.1.5 Data Hasil Pengujian Sensitivitas

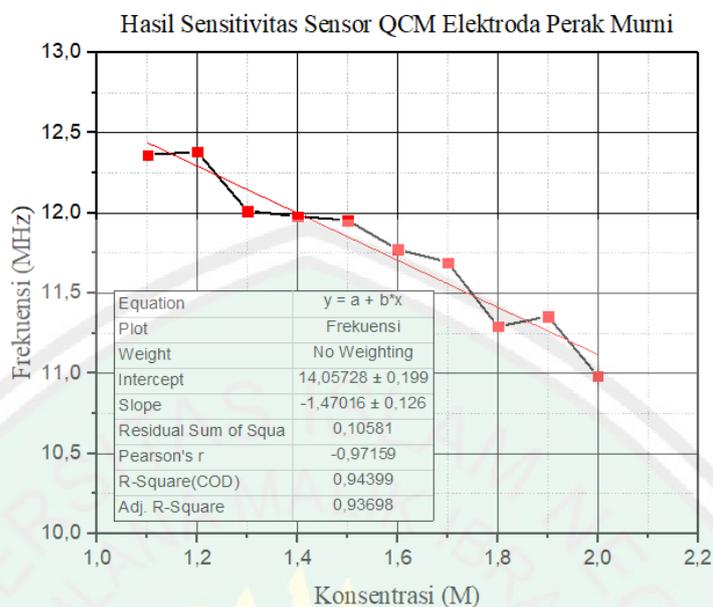
Sensitivitas merupakan salah satu karakterisasi sensor. Sensitivitas sensor adalah kepekaan sensor dalam menanggapi respon sampel. Penentuan sensitivitas sensor dengan menganalisis daerah kerja sensor yang berada pada deteksi limit. Deteksi limit terdiri dari daerah mati, daerah kerja, dan daerah saturasi. Daerah kerja sensor berada diantara daerah mati dan daerah saturasi sensor. Daerah kerja nantinya akan diregresi linear pada bagian daerah kerja sensor. Kelinieran grafik akan menghasilkan persamaan hubungan linear. Nilai sensitivitas sensor yang dianalisis yaitu kemiringan kurva (*slope*) daerah kerja pada sensor dan koefisien determinasinya (R^2). Berikut adalah hubungan linear kurva yang ditunjukkan pada persamaan 4.3 dibawah ini:

$$y = a \pm bx \quad (4.3)$$

Persamaan y adalah nilai output sensor yang berupa nilai frekuensi osilasi sensor, maka nilai frekuensi (y) bergantung pada variasi konsentrasi sampel (x).

Variabel a adalah nilai frekuensi osilasi (*output*) sensor ketika input (sampel uji) bernilai nol. Variabel a biasa disebut dengan *intercept* (gelinciran) pada analisis regresi linier. Variabel b adalah *slope* atau nilai kemiringan suatu garis lurus atau sensitivitas. Variabel x pada persamaan tersebut yaitu nilai masukan sensor yang pada penelitian ini berupa variasi konsentrasi larutan sampel. Selain persamaan 4.3, analisis regresi linear juga menunjukkan nilai koefisien determinasi disimbolkan dengan R^2 . *R square* atau koefisien determinasi (R^2) menunjukkan seberapa besar pengaruh variasi konsentrasi sampel (x) terhadap nilai *output* sensor (y). Nilai R^2 diartikan sebagai seberapa besar pengaruh variasi sampel terhadap *output* sensor. Ketika nilai R^2 mendekati 1, maka dapat dikatakan bahwa sampel uji mempunyai pengaruh yang baik karena mendekati linear. Nilai sensitivitas sensor diperoleh dari nilai *slope* garis regresi yang diambil pada daerah linear (daerah kerja sensor). Tingkat ketepatan dari nilai sensitivitas ini dapat ditunjukkan oleh besar R^2 yang dihasilkan.

Pengujian sensor QCM elektroda perak murni memiliki daerah kerja sensor dari konsentrasi 0,8 M–2 M. Namun nilai frekuensi osilasi sensor disesuaikan dengan daerah kerja sensor QCM dilapisi membran lipid *Methyltrioctyl Ammonium Chloride*. Daerah kerja sensor tersebut kemudian *diplot* dan dilakukan regresi linear. Pengujian ini dilakukan agar sensitivitas dari jenis sensor yang berbeda dapat dibandingkan. Hasil sensitivitas sensor QCM elektroda perak murni ditunjukkan pada gambar 4.8 yang sudah dilakukan regresi linear.

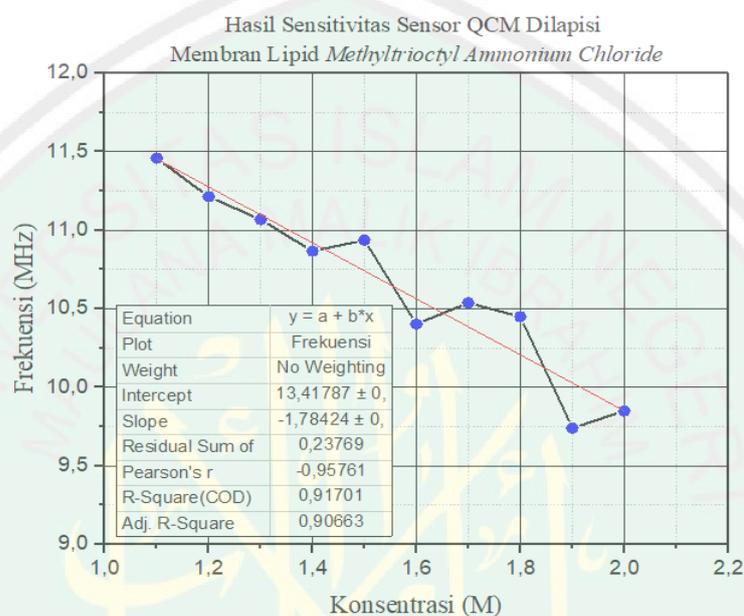


Gambar 4.8 Regresi Linear Sensor QCM Elektroda Perak Murni

Hasil regresi linear sensor QCM elektroda perak murni yang memiliki daerah kerja dari 1,1 M–2 M ditunjukkan pada gambar 4.8. Analisis regresi linear didapatkan nilai persamaan $y = 14,0573 - 1,47015659x$ dan koefisien determinasi $R^2 = 0,94399$. Nilai sensitivitas sensor QCM elektroda perak murni sebesar 1,4705659 MHz/M. Adapun nilai pengaruh variasi sampel larutan NaCl ditunjukkan pada koefisien determinasi (R^2). Pengaruh sampel NaCl pada sensor QCM sebesar 0,94399 atau 94,399%.

Pengujian kedua dengan sensor QCM dilapisi membran lipid *Methyltriocetyl Ammonium Chloride* berhasil diujikan. Data hasil pengujian ditentukan nilai sensitivitasnya dengan di regresi linear dan yang dianalisis kemiringan kurva (*slope*) yang ditunjukkan pada persamaan $y = a \pm bx$. Variabel b menunjukkan nilai sensitivitas sensor. Daerah kerja pada sensor QCM dilapisi membran lipid

Methyltrioctyl Ammonium Chloride terhadap sampel NaCl berada pada rentang konsentrasi antara 1,1 M hingga 2 M. Nilai frekuensi osilasi yang pada rentang konsentrasi daerah kerja akan *diplot* dan dilakukan regresi linear yang ditunjukkan gambar 4.9.



Gambar 4.9 Regresi Linear Sensor QCM dengan Membran Lipid TOMA

Hasil pengujian sensor QCM dilapisi membran lipid ditunjukkan pada gambar 4.9. Analisis regresi linear pada daerah kerja dari konsentrasi sampel 1,1 M–2 M. Nilai persamaan hubungan linear daerah kerja sensor sebesar $y = 13,41787 - 1,78423502x$ dan nilai koefisien determinasi $R^2 = 0,91701$. Nilai sensitivitas sensor QCM dilapisi membran lipid *Methyltrioctyl Ammonium Chloride* diperoleh dari nilai kemiringan kurva (*slope*). Hasil regresi menunjukkan nilai sensitivitas sebesar 1,78423502 MHz/M. Koefisien determinasi (R^2) menunjukkan pengaruh pengujian sampel NaCl terhadap *output* sensor sebesar 0,91701 atau 91,701%.

Hasil persamaan regresi linear dan nilai koefisien determinasi yang sudah dianalisis menunjukkan hasil yang berbeda-beda pada setiap pengujian. Hal tersebut dikarenakan perbedaan jenis elektroda sensor QCM yang digunakan. Data hasil analisis sensitivitas sensor QCM dari semua pengujian sampel:

Tabel 4.6 Hasil Analisis Sensitivitas Sensor QCM

No.	Jenis Pengujian	Persamaan Regresi Linear	Koefisien Determinasi (R^2)
1	NaCl dengan elektroda perak murni	$y = 14,0573 - 1,47015659x$	0,94399
2	NaCl dengan elektroda perak berlapis membran lipid	$y = 13,4179 - 1,78423502x$	0,91701

Hasil analisis regresi linier pada tabel 4.6 menunjukkan bahwa nilai sensitivitas setiap sensor berbeda-beda. Penelitian ini dengan sensor QCM menggunakan dua variasi sensor yaitu sensor QCM elektroda perak murni dan sensor QCM dilapisi membran lipid *Methyltrioctyl Ammonium Chloride* (TOMA). Analisis regresi linear dilakukan pada daerah kerja yang sama pada setiap pengujian sensor terhadap sampel NaCl. Pemilihan daerah kerja yang sama pada setiap sensor bertujuan untuk sensitivitas kedua sensor dapat dibandingkan. Perbandingan kedua sensor QCM bertujuan agar mengetahui sensor mana yang lebih sensitif dalam merespon sampel.

Pengujian sampel NaCl pada sensor QCM elektroda perak murni dan dilapisi membran lipid memiliki nilai sensitivitas yang berbeda. Pengujian sampel NaCl terhadap sensor QCM dilapisi membran lipid *Methyltrioctyl Ammonium Chloride* memiliki nilai sensitivitas yang lebih tinggi dari sensor QCM elektroda perak murni. Nilai sensitivitas dari pengujian sampel NaCl pada sensor yang

berbeda diperoleh dari nilai kemiringan kurva (*slope*). Adapun nilai sensitivitas pada sensor QCM dilapisi membran lipid TOMA sebesar 1,78423502 MHz/M, sedangkan pada sensor QCM elektroda perak diperoleh nilai sensitivitas sebesar 1,47015659 MHz/M. Data yang diperoleh menunjukkan bahwa nilai sensitivitas saat sensor QCM dilapisi membran lipid TOMA lebih sensitif.

Pengujian sampel NaCl pada sensor juga berpengaruh pada perubahan frekuensi osilasi sensor. Nilai yang dihasilkan sangat berbeda, perubahan frekuensi osilasi pada sensor QCM elektroda perak murni lebih besar dari sensor QCM dilapisi membran lipid TOMA. Pelapisan pada elektroda sensor merupakan faktor utama perbedaan nilai pada perubahan frekuensi osilasi tersebut. Adapun nilai perubahan frekuensi pada sensor QCM elektroda perak murni sebesar 0,94399 atau 94,399%, sedangkan nilai perubahan frekuensi pada sensor yang dilapisi membran lipid sebesar 0,91701 atau 91,701%.

Uraian yang telah dijelaskan tentang nilai sensitivitas dan nilai koefisien determinasi menunjukkan bahwa nilai sensitivitas sensor QCM dilapisi membran lipid *Methytrioctyl Ammonium Chloride* bernilai lebih tinggi yaitu sebesar 1,78423502 MHz/M, sedangkan pada sensor QCM elektroda perak murni sebesar 1,47015659 MHz/M. Hasil pengujian tersebut menunjukkan bahwa pengaruh sensor QCM dilapisi membran lipid TOMA lebih sensitif merespon sampel NaCl (mewakili rasa asin). Nilai *slope* dari semua pengujian menunjukkan nilai – (negatif) yang mana artinya semakin tinggi nilai x (variasi konsentrasi sampel) maka semakin kecil nilai y (frekuensi) nya. Hal ini menunjukkan penurunan frekuensi pada saat konsentrasi ditingkatkan. Penurunan ini terjadi karena adanya

reaksi pada bagian hidrofilik membran dengan ion dari larutan sampel. Tingkat kepercayaan atau ketepatan data dari pengujian ini menunjukkan bahwa sensor QCM elektroda perak murni lebih besar dan lebih mendekati 1 dari pada sensor QCM dilapisi membran lipid *Methyltrioctyl Ammonium Chloride*. Adapun hasil ketepatan data pada sensor QCM elektroda perak murni sebesar 94,399%, sedangkan sensor yang dilapisi membran lipid sebesar 91,701%.

4.2 Pembahasan

Sensor yang baik memiliki beberapa karakterisasi yang harus dimiliki. Karakterisasi sensor yang harus dimiliki yaitu waktu tanggap (*response time*), deteksi limit, dan sensitivitas sensor. Pengujian karakterisasi sensor QCM menghasilkan data sebanyak 60.000 buah. Penetasan sampel dilakukan sekali setiap 1500 data, tapi setiap 300 detik (setiap 5 menit) pengambilan data berhenti, dan dimulai lagi hingga 5 kali pengulangan pengambilan data. Data frekuensi yang tersimpan selama 300 detik akan diambil 200 data terakhir kemudian dirata-rata, sehingga itu menjadi nilai frekuensi pada larutan sampel per konsentrasi dan dianalisis. Data frekuensi osilasi diolah menggunakan *software* Originpro 2017. Data yang diolah kemudian dianalisis *response time* (tanggapan waktu sensor), deteksi limit, dan sensitivitas atau kemampuan sensor menanggapi perubahan konsentrasi.

Penelitian ini menunjukkan dua perbandingan data yang di analisis yaitu perbandingan dua variasi sensor QCM. Variasi sensor QCM yang diujikan berupa sensor QCM elektroda perak murni dan sensor QCM dilapisi membran lipid *Methyltrioctyl Ammonium Chloride* (TOMA). Data yang didapatkan dari setiap

sensor QCM akan dianalisis karakterisasi sensor tersebut yang meliputi *response time*, deteksi limit, dan sensitivitas. Karakterisasi sensor ini bertujuan untuk mengetahui kualitas sensor.

Hasil pengujian *respond time* menunjukkan bahwa nilai frekuensi sensor QCM dilapisi membran lipid *Methyltrioctyl Ammonium Chloride* lebih cepat merespon sampel daripada sensor QCM elektroda perak murni. Hasil tersebut menunjukkan bahwa pelapisan membran lipid *Methyltrioctyl Ammonium Chloride* berpengaruh terhadap tanggapan waktu sensor dalam merespon sampel NaCl. Hasil *response time* ini dipengaruhi oleh adanya interaksi antara sampel dengan membran lipid *Methyltrioctyl Ammonium Chloride*. Hasil *response time* sensor QCM dilapisi membran lipid TOMA yaitu pada detik ke 12 s.

Membran lipid *Methyltrioctyl Ammonium Chloride* memiliki rumus kimia $C_{25}H_{54}ClN$ dan gugus fungsi luar membran lipid adalah Cl^- . Gugus Cl^- pada membran lipid *Methyltrioctyl Ammonium Chloride* yang akan berinteraksi dengan larutan NaCl. Ion Cl^- pada membran dapat mengikat ion Na^+ pada sampel NaCl, kemungkinan itu yang dinamakan interaksi protonasi. Interaksi protonasi adalah kemampuan suatu molekul untuk mengikat proton dari molekul lain, dimana muatan positif Na^+ ditambahkan ke gugus Cl^- . Interaksi tersebut menyebabkan *response time* sensor QCM dilapisi membran lipid *Methyltrioctyl Ammonium Chloride* lebih cepat daripada sensor QCM tanpa membran lipid.

Deteksi limit memiliki tiga bagian yaitu daerah mati, daerah kerja, dan saturasi. Daerah kerja merupakan kemampuan sensor mendeteksi terjadinya perubahan nilai dari sampel. Daerah kerja memiliki dua bagian yaitu limit bawah

dan limit atas. Limit bawah merupakan batas sensor mulai menanggapi perubahan variabel setelah daerah mati (*dead band*). Limit atas merupakan batas sensor telah menempuh ambang batas deteksi berada sebelum daerah saturasi. Tujuan penelitian ini yaitu untuk mengetahui limit bawah sensor dimana sensor mulai merespon perubahan frekuensi, karena kemungkinan limit atas sensor QCM ini berada pada konsentrasi sangat tinggi.

Hasil pengujian deteksi limit menunjukkan bahwa limit bawah sensor QCM elektroda perak murni (tanpa membran lipid) memiliki daerah kerja lebih rendah daripada sensor QCM dilapisi membran TOMA. Persamaan Sauerbrey menjelaskan bahwa nilai frekuensi osilasi sensor QCM akan menurun linear akibat adanya penambahan massa yang diserap. Limit bawah sensor QCM tanpa membran yaitu 0,8 M sedangkan pada sensor QCM dilapisi membran lipid TOMA yaitu 1,1 M. Ketika 0,8 M–2 M pada sensor QCM tanpa membran sudah terjadi penurunan frekuensi secara linear dan ketepatan data daerah kerja yang dihasilkan cukup baik. Sensor QCM dilapisi membran lipid pada konsentrasi 0,8 M–1 M tidak menunjukkan penurunan frekuensi linear, namun pada konsentrasi 1,1 M–2 M terjadi penurunan frekuensi osilasi secara linear.

Sensor QCM dilapisi membran lipid TOMA menghasilkan nilai frekuensi *output* yang lebih kecil, karena sensor QCM sudah terlapisi oleh membran lipid. Sensor QCM dilapisi membran memiliki massa yang besar daripada sensor QCM tanpa dilapisi membran. Ketika suatu sensor yang dilapisi membran memiliki massa yang lebih besar, maka dibutuhkan konsentrasi lebih tinggi agar terjadi penyerapan massa sehingga suatu sensor dapat merespon sampel. Hal tersebut dapat

disimpulkan limit bawah sensor QCM dilapisi membran lebih tinggi daripada sensor QCM tanpa membran.

Sensitivitas merupakan kepekaan sensor dalam menanggapi respon sampel. Nilai sensitivitas berdasarkan analisis regresi linear pada bagian daerah kerjanya. Sensitivitas dipengaruhi oleh perubahan frekuensi keluaran sensor. Nilai sensitivitas sensor diperoleh dari *slope* garis regresi linear yang dihasilkan. Apabila nilai *slope* bernilai negatif (-) maka terjadi penurunan frekuensi saat konsentrasinya tambah besar. Nilai sensitivitas sensor QCM dilapisi membran lipid *Methyltriethyl Ammonium Chloride* lebih besar daripada sensor QCM tanpa membran. Hal tersebut menunjukkan bahwa adanya interaksi yang terjadi antara sampel dengan membran lipid. Interaksi tersebut menyebabkan perubahan frekuensi osilasi yang tinggi pada sensor QCM dilapisi membran TOMA. Hal tersebut menunjukkan bahwa sensor QCM yang dilapisi membran lebih sensitif dalam merespon sampel dibandingkan yang tidak dilapisi membran.

Hasil karakterisasi sensor QCM ini dipengaruhi oleh massa pada permukaan sensor QCM, selain itu juga dipengaruhi oleh interaksi membran lipid *Methyltriethyl Ammonium Chloride* dengan sampel NaCl. Interaksi yang terjadi yaitu interaksi fisika dan interaksi protonasi. Interaksi fisika ini yaitu pengaruh ketika perubahan frekuensi osilasi disebabkan oleh penyerapan massa. Interaksi protonasi ketika gugus Cl^- membran lipid TOMA mengikat Na^+ pada sampel. Pengaruh massa dan interaksi sampel dengan membran menunjukkan bahwa terjadinya penurunan osilasi frekuensi sensor. Faktor tersebut dapat disimpulkan bahwa sensor QCM dilapisi membran lebih sensitif merespon sampel, namun pada

deteksi limit ini lebih sensitif sensor QCM tanpa membran. Adanya massa yang lebih besar pada sensor QCM dilapisi membran lipid TOMA sehingga dibutuhkan konsentrasi yang tinggi agar dapat menyerap dan direspon oleh sensor.

4.3 Kajian Integrasi Islam

Menjaga lidah disebut juga *hifzhul-lisan*. Lidah itu sendiri merupakan anggota badan yang benar-benar perlu dijaga dan dikendalikan. Lidah memiliki fungsi sebagai penerjemah dan pengungkap isi hati, selain itu lidah sebagai indra perasa. Keterjagaan dan lurusnya lidah sangat berkaitan dengan kelurusan hati dan keimanan seseorang. Lidah merupakan indra perasa dan juga membantu makanan masuk ke dalam tubuh. Sehingga dibutuhkan alat peraga lidah agar zat-zat berbahaya tidak masuk ke tubuh manusia.

Nabi Muhammad SAW bersabda.

مَنْ يَضْمَنْ لِي مَا بَيْنَ لَحْيَيْهِ وَمَا بَيْنَ رِجْلَيْهِ أَضْمَنْ لَهُ الْجَنَّةَ

“Barang siapa yang menjamin untukku apa yang ada di antara dua rahangnya dan apa yang ada di antara dua kakinya, niscaya aku jamin surga baginya” (HR. Bukhari, no. 6474. Tirmidzi, no. 2408).

Lidah merupakan nikmat yang besar yang diciptakan Allah SWT kepada manusia, namun perlu diketahui selain lidah berfungsi untuk berbicara, lidah juga digunakan untuk indra perasa manusia. Apabila tidak ada lidah, manusia tidak bisa merasakan makanan atau minuman yang masuk pada mulutnya. Dalam penjelasan hadits tersebut dijelaskan bahwa keutamaan menjaga lidah balasan berupa surga. Maka bagi manusia diharuskan menjaga lidahnya dari perbuatan yang tercela. Salah satu hal yang merusak lidah sebagai indra perasa yaitu dengan memasukkan makanan yang memiliki zat yang berbahaya. Oleh karena itu, para peneliti

menciptakan dan mengembangkan suatu alat yang memiliki prinsip serupa dengan lidah manusia, namun tidak sesempurna lidah ciptaan Allah SWT.

Alat tersebut lebih dikenal dengan istilah "Lidah elektronik", dalam penelitian ini lidah elektronik dikembangkan dengan menggunakan sensor QCM. Sensor QCM tersebut akan dilapisi oleh membran yang dapat merespon sebuah rasa, rasa yang digunakan dalam penelitian ini yaitu NaCl (rasa asin), sensor QCM ini dihubungkan dengan OpenQCM. OpenQCM berfungsi untuk menampilkan informasi seperti deteksi limit, *response time*, dan sensitivitas.

Firman Allah SWT menjelaskan dalam Surah Abasa ayat 24:

فَلْيَنْظُرِ الْإِنْسَانُ إِلَى طَعَامِهِ ۚ

"Maka seharusnya manusia memperhatikan makanannya" (Q.S. Abasa: 24).

Surat Abasa ayat 24 menjelaskan bahwa dalam firman-Nya ini terkandung upaya mengingatkan akan pemberian karunia. Salah satu dari perwujudan syukur manusia atas segala nikmat-Nya, dapat diterapkan dalam memperhatikan makanan yang dikonsumsi serta bagaimana makanan itu terbentuk. Dari hadits riwayat Bukhori dijelaskan bahwa menjaga lidah akan mendapat balasan surga. Menjaga lidah selain dari perkataan yang tercela, namun menjaga lidah dalam hal indra pengecap adalah dengan memperhatikan makanan. Seiring dengan perkembangan zaman semakin banyak jenis makanan yang mengandung bahan berbahaya yang bisa berakibat negatif pada tubuh. Begitu banyak makanan yang menggunakan bahan pengawet, pemanis buatan, pewarna yang berbahaya, begitupula makanan yang dicampur dengan bahan berbahaya. Manusia harus berhati-hati dalam memilih makanan. Salah satu yang harus diperhatikan yaitu lidah, karena lidah berfungsi

sebagai indra perasa. Penelitian ini diharapkan bisa membantu manusia memilih makanan yang baik untuk dikonsumsi (Abdullah, 2007).

Jadi sensor QCM ini juga memiliki daerah kerja, *response time*, dan sensitivitas tertentu, maka dibuatlah karakterisasi sensor QCM dengan bertujuan seperti yang sudah dijelaskan, tapi ada batas dimana sensor tidak bisa merespon suatu rasa tersebut. Prinsip tersebut seperti prinsip lidah manusia yaitu memiliki daerah-daerah yang merespon suatu rasa, sensitif pada rasa tertentu, dan waktu tanggap yang berbeda dalam setiap rasa.

أَتَىٰ أَمْرُ اللَّهِ فَلَا تَسْتَعْجِلُوهُ سُبْحٰنَهُ ۖ وَتَعٰلٰى عَمَّا يُشْرِكُونَ ۝

“Telah pasti datangnya ketetapan Allah maka janganlah kamu meminta agar disegerakan (datangnya). Maha Suci Allah dan Maha Tinggi dari apa yang mereka persekutukan” (Q.S. an-Nahl:1).

Dalam al-Qur’an Surah an-Nahl ayat 1 dijelaskan bahwa setiap hal memiliki waktu yang datangnya tidak dapat disegerakan maupun di perlambat. Dalam ayat tersebut dijelaskan bahwa waktu tidak dapat dipercepat maupun diperlambat, semua sudah ada batas waktu yang ditetapkan. Karakterisasi sensor QCM ini memiliki 3 dasar yaitu deteksi limit, *response time*, dan sensitivitas. Dijelaskan bahwa setiap sensor QCM mempunyai batas waktu (waktu tanggap) yang berbeda, sensitivitas suatu sensor QCM juga berbeda, begitu pula dengan daerah kerja yang dimiliki sensor QCM yang dilapisi membran TOMA (Abdullah, 2007).

Perkembangan teknologi sangatlah pesat, maka manusia dapat mengembangkan ilmu pengetahuan dan teknologi dari apa yang diciptakan-Nya. Manusia harus mempraktekkan metode, mengadakan observasi dan penelitian terhadap segala macam fenomena yang berada di alam semesta, yang kemudian

bisa diterapkan dengan membuat alat-alat yang berguna bagi manusia. Sensor QCM ini memiliki prinsip kerja yang mirip dengan lidah manusia. Lidah manusia dapat merespon suatu rasa tertentu, lidah juga bisa merespon suatu rasa pada kadar tertentu atau konsentrasi tertentu. Pelapisan membran pada sensor QCM membuat sensor lebih sensitif terhadap sampel NaCl (mewakili rasa asin). Sistem biologi lidah lidah, zat yang diterima oleh lidah akan diterima oleh sel gustori, dalam hal tersebut membran lipid berfungsi sebagai sel gustori pada sensor QCM.



BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Sesuai dengan analisis yang dijelaskan dalam bab IV dapat diambil kesimpulan yaitu.

1. Hasil pengujian *response time* sensor QCM elektroda perak murni dan sensor QCM dilapisi membran lipid *Methyltrioctyl Ammonium Chloride* pada pengujian sampel NaCl yaitu 15 s dan 12 s. Data yang dihasilkan menunjukkan bahwa sensor QCM dilapisi membran lipid *Methyltrioctyl Ammonium Chloride* lebih cepat merespon sampel NaCl. *Response time* menunjukkan bahwa sensor dilapisi membran lebih cepat merespon sampel NaCl, karena adanya interaksi antara membran dan sampel NaCl.
2. Deteksi limit sensor QCM memiliki tiga daerah yaitu daerah mati (*dead band*), daerah kerja, dan daerah saturasi. Daerah mati pada sensor QCM elektroda perak murni yaitu 0 mM- 700 mM, sedangkan sensor QCM dilapisi membran lipid *Methyltrioctyl Ammonium Chloride* yaitu 0 M – 1 M. Daerah kerja pada sensor QCM elektroda perak murni sekeitar 0,8 M – 2 M, sedangkan sensor QCM dilapisi membran sekitar 1,1 M – 2 M. Daerah saturasi pada kedua sensor QCM ini tidak diketahui, karena dalam pengujian ini batas sampel yang diuji dibatasi. Data tersebut menunjukkan bahwa sensor QCM elektroda perak murni dapat mendeteksi konsentrasi sampel NaCl lebih kecil dari pada sensor QCM dilapisi membran lipid

Methyltrioctyl Ammonium Chloride. Nilai deteksi limit dipengaruhi oleh lapisan pada elektroda sensor QCM.

3. Nilai sensitivitas dari pengujian sampel NaCl pada sensor yang berbeda diperoleh dari nilai kemiringan kurva (*slope*). Sensitivitas pada sensor QCM dilapisi membran lipid TOMA sebesar 1784,23502 MHz/M, sedangkan pada sensor QCM elektroda perak diperoleh nilai sensitivitas sebesar 1470,15659 MHz/M. Data yang diperoleh menunjukkan bahwa nilai sensitivitas sensor QCM dilapisi membran lipid TOMA lebih sensitif dari pada sensor QCM elektroda perak murni.
4. Nilai ketepatan data (R^2) pengujian sampel NaCl pada sensor QCM elektroda perak murni sebesar 0,94399 atau 94,399%. Nilai ketepatan (R^2) pengujian sampel NaCl pada sensor QCM dilapisi membran lipid *Methyltrioctyl Ammonium Chloride* sebesar 0,91701 atau 91,701%. Data tersebut menunjukkan bahwa nilai ketepatan data pengujian sensor QCM elektroda perak murni lebih baik dari pada sensor QCM dilapisi membran lipid *Methyltrioctyl Ammonium Chloride*.

5.2 Saran

Agar mendukung perkembangan dan kemajuan sensor QCM berbasis lidah elektronik, saran yang perlu disampaikan setelah melakukan penelitian ini yaitu.

1. Penggunaan lebih dari satu sampel yang memiliki rasa yang sama (rasa asin) serta menggunakan sensor QCM elektroda emas.
2. Menggunakan konsentrasi tinggi sehingga dapat diketahui limit atas dan saturasi sensor QCM.

3. Melakukan pengujian terhadap sampel rasa dasar yang lain, agar dapat diketahui respon terbaik dari sensor QCM berbasis membran lipid *Methyltrioctyl Ammonium Chloride*.
4. Membuat tempat uji untuk sensor QCM, agar didapatkan hasil karakterisasi sensor yang akurat dan dapat memperkecil *noise*.



DAFTAR PUSTAKA

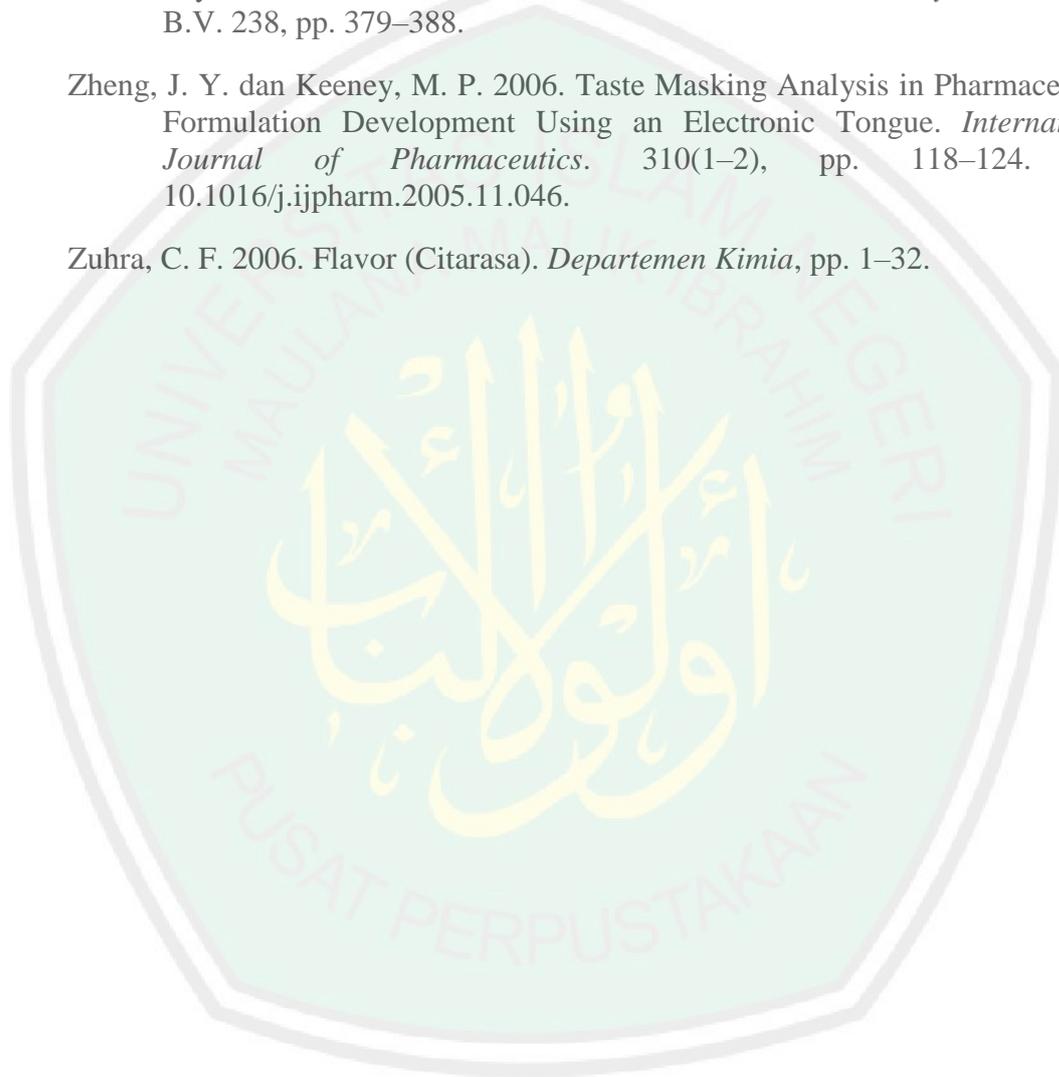
- Abdullah. 2007. *Tafsir Ibnu Katsir*. Bogor: Pustaka Imam Asy-Syafi'i.
- Adha, dkk. 2015. Pengaruh Konsentrasi Larutan HNO₃ Dan Waktu Kontak Terhadap Deporsi Kadmium (II) Yang Terikat Pada Biomassa *Azolla Microphylla*-SITRAT. *Kimia Student Journal*. 1(1), pp. 636-642.
- Afniza. 2008. *Frequency Counter Berbasis Mikrokontroler AT89S52*. Universitas Sumatera Medan.
- Agustina, S. 2006. Teknologi Membran Dalam Pengolahan Limbah Cair Industri. *Bulletin Penelitian*. 28(1), pp. 18–24.
- Al-Qur'an. 2012. *Al-Qur'an dan Terjemahan Untuk Wanita*. Jakarta Selatan: Penerbit WALI.
- Amalinda, F. 2016. Analisis Pola Keluaran Prototipe Sensor Rasa Portable Campuran Lipid Dioctyl Phosphate Dan *Triocetyl Methyl Ammonium Chloride*. *Journal of Sainstek*. 8(1), pp. 20–30.
- Assa'idah. 2012. Simulasi, Desain, dan Pembuatan PCB 2 Tipe Osilator dengan Performa Terbaik. *Simetri Jurnal Ilmu Fisika Indonesia*, 1(September), pp. 63–66.
- Assadad, L. dan Utomo. 2011. Pemanfaatan Garam Dalam Industri Pengolahan Produk perikanan. *Squalen*. 6(1), pp. 26–37.
- Bearzotti, A. dkk. 2017. A study of a QCM sensor based on pentacene for the detection of BTX vapors in air. *Sensors and Actuators, B: Chemical*. Elsevier B.V. 240, pp. 1160–1164. doi: 10.1016/j.snb.2016.09.097.
- Candle, L. dkk. 2015. Deteksi Gelatin Babi Menggunakan Sensor Emas Termodifikasi Ni(OH)₂ Nanopartikel dengan Quartz. *Jurnal Sains Dan Seni ITS*. 4(2), pp. 42–44.
- Firmansyah, T. dan Wibisono, G. 2017. Penerapan Metode Monte-Carlo untuk Analisis Toleransi Perubahan Nilai Komponen Terhadap Kinerja Osilator Frekuensi 2,3 GHz. *Jurnal Rekayasa Elektrika*. 12(3), p. 92. doi: 10.17529/jre.v12i3.5564.
- Harjunadi, RB. dkk. 2015. Metode Pencacahan Frekuensi Reciprocal untuk Sensor Gas Resonator Kuarsa yang Diimplementasikan pada Field Programmable Gate Array. *Jurnal Teknik*. 4(1), pp. 7–11.
- Hawab, H. M. 2004. *Pengantar Biokimia*. Malang: Bayumedia Publishing.

- Hayashi, N. dkk. 2008. Evaluation of the umami taste intensity of green tea by a taste sensor. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 56(16), pp. 7384–7387. doi: 10.1021/jf800933x.
- Henderson, John. 1991. *Electronic devices Concepts and Applications*. Prentice Hal, NJ, p.357.
- Herman dan Joetra, W. 2015. Pengaruh Garam Dapur (NaCl) Terhadap Kembang Susut Tanah Lempung. *Jurnal Momentum*. 17(1), pp. 13–20.
- Hudha, L. S. dkk. 2013. Rancang Bangun Mini System Spin Coating untuk Pelapisan Sensor QCM (Quartz Crystal Microbalance). *Physics Student Journal*. 1(1), pp. 1–5.
- Jazuly, A. T. Al. 2016. *Pengujian Karakteristik dari 16 Array Sensor Lidah Elektronika untuk Identifikasi Empa Rasa Dasar*. Malang: UIN Maulana Malik Ibrahim Malang.
- Kadidae, L. O. dkk. 2001. Sintesis Benzileugenol dan Pemanfaatannya Sebagai Komponen Membran Elektroda Selektif Ion. *Teknosains*. 2, pp. 179–192.
- Kiyoshi, T. 2001. *Biomimetic Sensor Technology, Measurement Science and Technology*. doi: 10.1017/CBO9780511541179.
- Kobayashi, Y. dkk. 2010. Advanced Taste Sensors Based on Artificial Lipids with Global Selectivity to Basic Taste Qualities and High Correlation to Sensory Scores. *Sensors*. 10(4), pp. 3411–3443. doi: 10.3390/s100403411.
- Kurniawan, F. dan Basukesti, A. 2008. Analisis Ketepatan Penghitung Frekuensi dengan Metode Pencacahan Berbasis. *Jurnal Ilmiah Semesta Teknika*. 11(2), pp. 134–142.
- Langgeng, D. Y. dkk. 2013. Pengaruh Warna Cangkir Terhadap Persepsi Cita Rasa Teh. *Jurnal Fakultas Psikologi*. 1(2), pp. 59–65.
- Larki, A. dkk. 2015. UV-Vis Spectrophotometric Determination of Trinitrotoluene (TNT) with Trioctylmethylammonium Chloride as Ion Pair Assisted and Disperser Agent After Dispersive Liquid-Liquid Microextraction. *Forensic Science International*. Elsevier Ireland Ltd, 251, pp. 77–82. doi: 10.1016/j.forsciint.2015.03.019.
- Mading, M. dan Yunarko, R. 2014. Respon Imun terhadap Infeksi Parasit Malaria. *Jurnal Vektor Penyakit*. 8(2), pp. 45–52.
- Malvino. 1984. *Prinsip-Prinsip Elektronika*. Jakarta: Salemba Teknika.
- Martina, A. dan Witono, J. R. 2014. *Pemurnian Garam dengan Metode Hidroekstraksi Batch, Pemurnian Garam dengan Metode Hidroekstraksi Batch*. Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat. Parahyangan: Universitas Katolik

- Muhlis, dkk. 2013. Studi Penumbuhan Lapisan Tipis PZT dengan Metode Spin Coating. *Physics Student Journal*. 1(1). pp. 53-56.
- Mulyadi dan Rika Wahyuni Arsianti. 2012. Sistem Penciuman Elektronik untuk Pendeteksian Uap Formalin pada Produk Perikanan. *Jurnal Harpodon Borneo*. 5(1), pp. 75–82.
- Novaetech. 2016. OpenQCM. Retrieved September 20, 2017, from <http://openqcm.com/openQCM/>.
- Othmer, K. 1969. *Encyclopedia of Chemical Technology* (2nd ed.). USA: John Wiley and Sons Inc. <https://doi.org/10.1002/0471238961>.
- Procek, M. dkk. 2015. A Study Of A QCM Sensor Based on TiO₂ Nanostructures for The Detection of NO₂ And Explosives Vapours in Air. *Sensors*. 15(4), pp. 9563–9581. doi: 10.3390/s150409563.
- Purwanto, R. dan Prajitno, G. 2013. Variasi Kecepatan Putar dan Waktu Pemutaran Spin Coating dalam Pelapisan TiO₂ untuk Pembuatan dan Karakterisasi Prototipe DSSC dengan Ekstraksi Kulit Manggis (*Garcinia Mangostana*) sebagai Dye Sensitizer. *Jurnal Sains Dan Seni Pomits*, 2(1), 1–7.
- Putri, Laili Meri Ari. dkk. 2015. Pengaruh Konsentrasi Larutan terhadap Laju kenaikan Suhu larutan. *Jurnal pembelajaran Fisika*. 6(2), pp. 147-153
- Rahayu, S. dkk. 2014. Pengaruh Perbedaan Pelarut Polistiren Terhadap Morfologi Lapisan Polistiren dan Sifat Viskoelastik QCM Biosensor. *NATURAL B*. 2(4), pp. 343–348.
- Santoso, dkk. 2013. Pembuatan Otomasi Pengaturan Kereta Api, Pengereman, Dan Palang Pintu Pada Rel Kereta Api Mainan Berbasis Mikrokontroler. *Jurnal FEMA*. 1(Januari 2013), pp. 16–23.
- Setyarini, dkk. 2012. Perancangan Sistem Pengukuran Konsentrasi Larutan Gula menggunakan Metode Difraksi. *JURNAL TEKNIK POMITS*. 1(1), pp. 1-5.
- Sukarna, I Made. 2003. *Kimia Dasar 1*. Yogyakarta: Universitas Negeri Yogyakarta.
- Sharma, G. dkk. 2015. Development of Lipid Membrane Based Taste Sensors for Electronic Tongue. *Procedia Computer Science*. Elsevier Masson SAS. 70, pp. 146–152. doi: 10.1016/j.procs.2015.10.062.
- Sharma, P. dkk. 2014. Detection Of Linalool In Black Tea Using A Quartz Crystal Microbalance Sensor. *Sensors and Actuators, B: Chemical*. Elsevier B.V. 190, pp. 318–325. doi: 10.1016/j.snb.2013.08.088.

- Starks, C. M. 1971. Phase-Transfer Catalysis. I. Heterogeneous Reactions Involving Anion Transfer by Quaternary Ammonium and Phosphonium Salts. *Journal of the American Chemical Society*. 93(1), pp. 195–199. doi: 10.1021/ja00730a033.
- Tazi, I. dkk., 2017. *Detection of Taste Change of Bovine and Goat Milk in Room Ambient Using Electronic Tongue*. , 17(3), 422–430.
- Toko, K. 1998. Electronic Sensing of Tastes. *Electroanalysis*. 10(10), pp. 657–669. doi:10.1002/(SICI)1521-4109(199808)10:10<657::AID-ELAN657>3.0.CO;2-F.
- Toko, K. 2000. *Biomimetic Sensor Technology*. Cambridge University Press. doi: 10.1017/CBO9780511541179.
- Tussunyah, I. A. 2016. *Peningkatan Prestasi belajar IPA Materi Alat Indra Manusia Melalui Strategi Pembelajaran Kooperatif Tipe STAD ((Student Teams Achievement Divisions) Pada Siswa Kelas IV SDN 1 Cabeankunti Kecamatan Cepogo Kabupaten Boyolali*. Salatiga: IAIN Salatiga.
- Uslu, H. dkk. 2016. Reactive Extraction Of Phenol From Aqueous Solution Using Trioctylmethylammoniumchloride And Trioctylamine In Nonane And Isoamyl Alcohol. *Water, Air, and Soil Pollution*. 227(6), pp. 1–9. doi: 10.1007/s11270-016-2897-9.
- Wahyuni, F. dkk. 2012. Desain Konstruksi Sel untuk Immunosensor Berbasis Quartz Crystal Microbalance (QCM). *Jurnal Lingkungan dan Kesehatan*. 1, pp. 305–311.
- Wasilah, F. W. 2016. *Pengaruh Pemberian MSG (Monosodium Glutamat) Terhadap Kadar Ureum dan Kreatinin Serum (Fungsi Ginjal) pada Tikus Betina Sprague dawley Usia 8-12 Minggu*. Jakarta: UIN Syarif Hidayatullah Jakarta.
- Wesoły, M. dkk. 2016. Tasting Cetirizine-Based Microspheres with an Electronic Tongue. *Sensors and Actuators, B: Chemical*. Elsevier B.V., 238, pp. 1190–1198. doi: 10.1016/j.snb.2016.06.147.
- Wicaksono, A. 2015. *Pengaruh Beban Pada pengukuran Frekuensi menggunakan Frekuensi Meter Digital Berbasis Mikrokontroler ATMEGA 8535*. Bandar Lampung: Fakultas Teknik Universitas Lampung.
- Winquist, F. dkk. 2005. An Electronic Tongue in The Dairy Industry. *Sensors and Actuators, B: Chemical*, 111–112 (SUPPL.), pp. 299–304. doi: 10.1016/j.snb.2005.05.003.
- Wood, Keenan Kleinfelter. 1991. *Kimia Untuk Universitas Jilid 1*. Yogyakarta: Universitas Negeri Yogyakarta.

- Yoga, dan Hendriani. 2016. Review: Teknik Peningkatan Kelarutan Obat. *Jurnal Farmaka*, 14(2), pp. 288–296.
- Zhao, Jiuxuan. dkk. 2016. Airborne Particulate Matter Classification and Concentration Detection Based on 3D Printed Virtual Impactor and Quartz Crystal Microbalance Sensor. *Sensors and Actuators, B: Physical*. Elsevier B.V. 238, pp. 379–388.
- Zheng, J. Y. dan Keeney, M. P. 2006. Taste Masking Analysis in Pharmaceutical Formulation Development Using an Electronic Tongue. *International Journal of Pharmaceutics*. 310(1–2), pp. 118–124. doi: 10.1016/j.ijpharm.2005.11.046.
- Zuhra, C. F. 2006. Flavor (Citarasa). *Departemen Kimia*, pp. 1–32.





LAMPIRAN

Lampiran 1 Dokumentasi Kegiatan



Alat dan Bahan Penelitian



Sampel Penelitian



OpenQCM Tampak Atas



OpenQCM Tampak Dalam



Membran Lipid *Methyltriocetyl Ammonium Chloride*



Tetrahydrofuran (THF)



Mengukur Massa NaCl



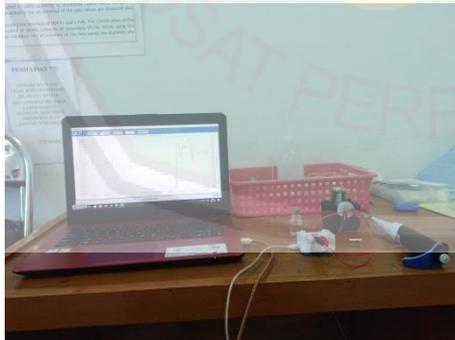
Sensor QCM tanpa Penutup



Vacuum Spin Coater VTC-100



Pelapisan Membran menggunakan Teknik Spin Coating



Proses Pengambilan Data



Penetesan Sampel pada Sensor QCM

Lampiran 2 Data Hasil Pengujian terhadap Sampel NaCl

Konsentrasi	Data NaCl sebelum Pelapisan Membran			Data NaCl sesudah Pelapisan Membran		
	P	Frekuensi	Rata-Rata	P	Frekuensi	Rata-Rata
0 mM	1	16000000	15999997,48	1	15792209	15958032,09
	2	16000000		2	15997957	
	3	15999999,98		3	15999996	
	4	16000000		4	15999999	
	5	15999987,43		5	16000000	
100 mM	1	15885408,56	15881021,39	1	16000000	15999999,91
	2	15875021,9		2	16000000	
	3	15880201,67		3	16000000	
	4	15880791,06		4	16000000	
	5	15883683,79		5	15999999,9	
200 mM	1	15885106,26	15880259,33	1	16000000	16000000
	2	15874228,27		2	16000000	
	3	15883557,5		3	16000000	
	4	15885695,63		4	16000000	
	5	15872708,99		5	16000000	
300 mM	1	15864856,86	15861875,74	1	15999761,31	15999889,29
	2	15874491,43		2	15999950,64	
	3	15852490,54		3	15999939,31	
	4	15852450,1		4	15999868,12	
	5	15865089,8		5	15999927,09	
400 mM	1	15850847,33	15875862,47	1	15999769,3	15988648,17
	2	15890908,76		2	15999361,09	
	3	15887319,54		3	15996289,36	
	4	15877217,9		4	15948485,13	
	5	15873018,82		5	15999335,96	
500 mM	1	15936631,66	15950438,61	1	15616416,06	15711106,64
	2	15952610,77		2	15679561,69	
	3	15954014,31		3	15662522,37	
	4	15954376,77		4	15763324,92	
	5	15954559,52		5	15833708,17	
600 mM	1	15783807,46	15832881,28	1	15868930,69	15896154,92
	2	15782103,68		2	15844958,29	
	3	15812877,6		3	15863344,77	
	4	15897674,32		4	15903557,64	
	5	15862600,11		5	15999983,22	
700 mM	1	15953746,33	15951056,66	1	15813798,11	15857103,74
	2	15955362,82		2	15829459,62	
	3	15950258,6		3	15853189,4	
	4	15948517,84		4	15847437,19	
	5	15947397,71		5	15941634,39	
800 mM	1	12903175,98	12897135,3	1	15520280,41	15325549,18
	2	12900256,6		2	15196517,84	
	3	12897253,81		3	15214790,19	
	4	12892121,08		4	15221714,25	
	5	12892869,02		5	15474443,21	
900 mM	1	12372912,38	12353796,75	1	11119849,26	11132182,48
	2	12366045,23		2	11125065,73	
	3	12355349,3		3	11136862,19	
	4	12341378,12		4	11139821,22	
	5	12333298,71		5	11139314	

1000 mM	1	12603519,27	12584506,43	1	11430418,39	11436633,46
	2	12592532,58		2	11435612,27	
	3	12583299,96		3	11442183,13	
	4	12574558,54		4	11439859	
	5	12568621,79		5	11435094,51	
1100 mM	1	12393350,98	12363369,29	1	11445166,66	11459639,1
	2	12372496,96		2	11453041,93	
	3	12360551,36		3	11461846,64	
	4	12350385,54		4	11467779,97	
	5	12340061,6		5	11470360,32	
1200 mM	1	12389114,08	12381367,77	1	11189765,18	11213907,13
	2	12385239,2		2	11203361,37	
	3	12380354,79		3	11219346,59	
	4	12377386,68		4	11226531,44	
	5	12374744,09		5	11230531,07	
1300 mM	1	12000828,82	12011665,45	1	11065641,87	11068985,76
	2	12023817,77		2	11067613,41	
	3	12017121,63		3	11071118,11	
	4	12010908,61		4	11070662,3	
	5	12005650,43		5	11069893,12	
1400 mM	1	11966036,39	11980177,59	1	10834087,44	10866453,09
	2	11982655,67		2	10862921,64	
	3	11985570,02		3	10876146,21	
	4	11984385,2		4	10879240,74	
	5	11982240,65		5	10879869,41	
1500 mM	1	11958818,83	11953371,57	1	10937354,87	10937024,75
	2	11956582,55		2	10933735,07	
	3	11953181,65		3	10936755,25	
	4	11949018,31		4	10939141,56	
	5	11949256,5		5	10938137,01	
1600 mM	1	11780630,09	11774141,7	1	10403706,92	10402127,79
	2	11777188,44		2	10395590,41	
	3	11774572,38		3	10398330,28	
	4	11770922,29		4	10401710	
	5	11767395,32		5	10411301,34	
1700 mM	1	11703518,51	11692397,39	1	10651601,59	10537653,01
	2	11696789,78		2	10537090,41	
	3	11692038,62		3	10509019,5	
	4	11686823,18		4	10497472,73	
	5	11682816,89		5	10493080,82	
1800 mM	1	11292473,53	11291703,41	1	10426655,92	10449298,02
	2	11294525,92		2	10447153,76	
	3	11294935,48		3	10455917,34	
	4	11290048,09		4	10457777,97	
	5	11286534,04		5	10458985,12	
1900 mM	1	11360454,95	11354792,55	1	9739106,06	9739057,224
	2	11357135,45		2	9738592,619	
	3	11354070,41		3	9738405,644	
	4	11350103,06		4	9739172,391	
	5	11352198,9		5	9740009,406	
2000 mM	1	10984478,36	10982349,66	1	9866773,069	9848951,032
	2	10984675,72		2	9883531,037	
	3	10982737,47		3	9827022,969	
	4	10981376,55		4	9829256,882	
	5	10978480,21		5	9838171,202	

Lampiran 3 Hasil Data *Response Time*

Sampel NaCl			
Sebelum Dilapisi Membran <i>Methyltrioctyl Ammonium Chloride</i>		Sesudah Dilapisi Membran <i>Methyltrioctyl Ammonium Chloride</i>	
Waktu (s)	Frekuensi (Hz)	Waktu (s)	Frekuensi (Hz)
1	10008862	1	9995549,7
2	10008863	2	9995549,8
3	10604954	3	11196439,8
4	11201289	4	11997033,2
5	11797899	5	12568885,6
6	12394637	6	12997774,9
7	12991619	7	13331355,4
8	13588613	8	13598219,9
9	13949291	9	14198665
10	14111663	10	14799110,1
11	14201289	11	15399555
12	14695889	12	16000000
13	14938553	13	16000000
14	15379397	14	16000000
15	15976333	15	16000000
16	15977284	16	16000000
17	15978073	17	16000000
18	15978553	18	16000000
19	15978955	19	16000000
20	15979148	20	16000000
21	15979365	21	16000000
22	15979677	22	16000000

Lampiran 4 Data Hasil Analisis Regresi Linear

1. Pengujian NaCl dengan Sensor QCM Elektroda Perak Murni

Linear Fit (12/09/2018 23:24:39)

Parameters

		Value	Standard Error	t-Value	Prob> t
Frekuensi	Intercept	1,40573E7	199593,73501	70,42945	1,83942E-12
	Slope	-1470,15659	126,61458	-11,61127	2,7543E-6

Slope is significantly different from zero (See ANOVA Table).

Standard Error was scaled with square root of reduced Chi-Sqr.

Some input data points are missing.

Statistics

	Frekuensi
Number of Points	10
Degrees of Freedom	8
Residual Sum of Squares	1,05806E11
Pearson's r	-0,97159
R-Square(COD)	0,94399
Adj. R-Square	0,93698

Summary

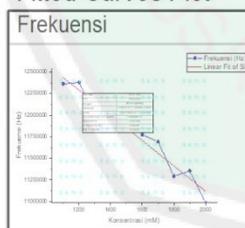
	Intercept		Slope		Statistics
	Value	Standard Error	Value	Standard Error	Adj. R-Square
Frekuensi	1,40573E7	199593,73501	-1470,15659	126,61458	0,93698

ANOVA

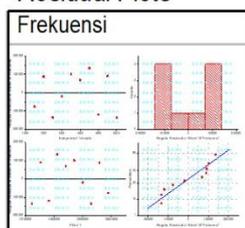
		DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Prob>F
Frekuensi	Model	1	1,78312E12	1,78312E12	134,82169	2,7543E-6
	Error	8	1,05806E11	1,32258E10		
	Total	9	1,88893E12			

At the 0.05 level, the slope is significantly different from zero.

Fitted Curves Plot



Residual Plots



2. Pengujian NaCl Sensor QCM dengan Membran Lipid

Linear Fit (12/09/2018 23:43:42)

Parameters

		Value	Standard Error	t-Value	Prob> t
Frekuensi	Intercept	1,34179E7	299158,11556	44,85211	6,74139E-11
	Slope	-1784,23502	189,77438	-9,40187	1,3426E-5

Slope is significantly different from zero (See ANOVA Table).

Standard Error was scaled with square root of reduced Chi-Sqr.

Some input data points are missing.

Statistics

	Frekuensi
Number of Points	10
Degrees of Freedom	8
Residual Sum of Squares	2,37694E11
Pearson's r	-0,95761
R-Square(COD)	0,91701
Adj. R-Square	0,90663

Summary

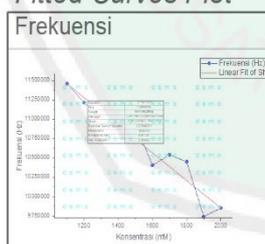
	Intercept		Slope		Statistics
	Value	Standard Error	Value	Standard Error	Adj. R-Square
Frekuensi	1,34179E7	299158,11556	-1784,23502	189,77438	0,90663

ANOVA

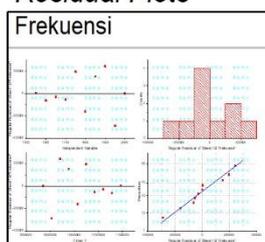
		DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Prob>F
Frekuensi	Model	1	2,62638E12	2,62638E12	88,39525	1,3426E-5
	Error	8	2,37694E11	2,97118E10		
	Total	9	2,86408E12			

At the 0.05 level, the slope is significantly different from zero.

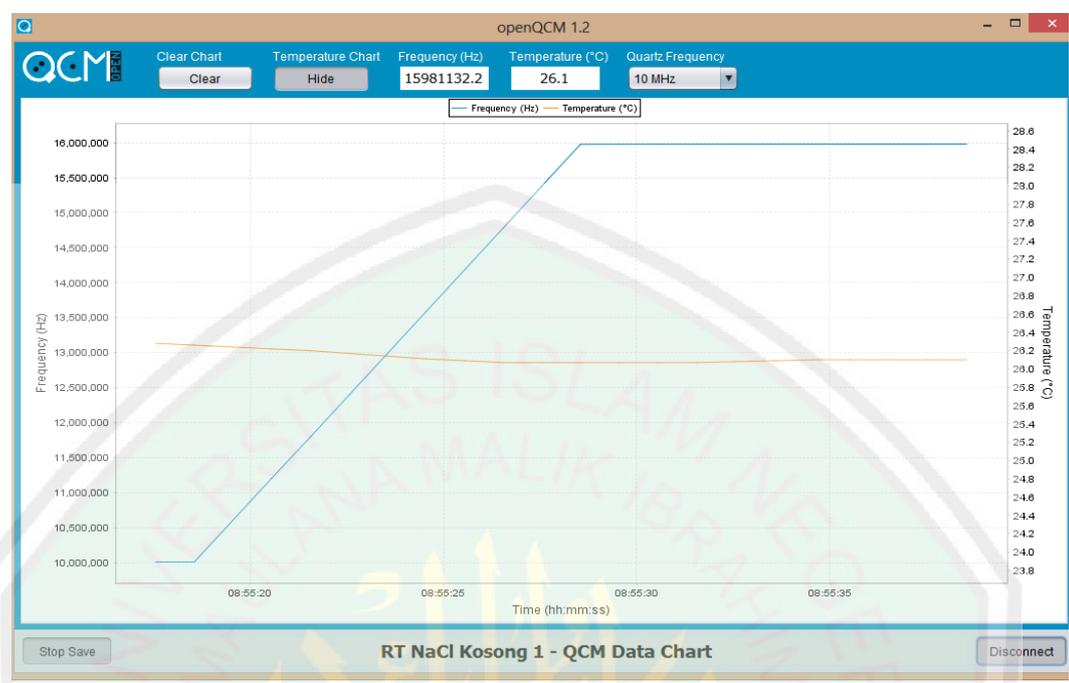
Fitted Curves Plot



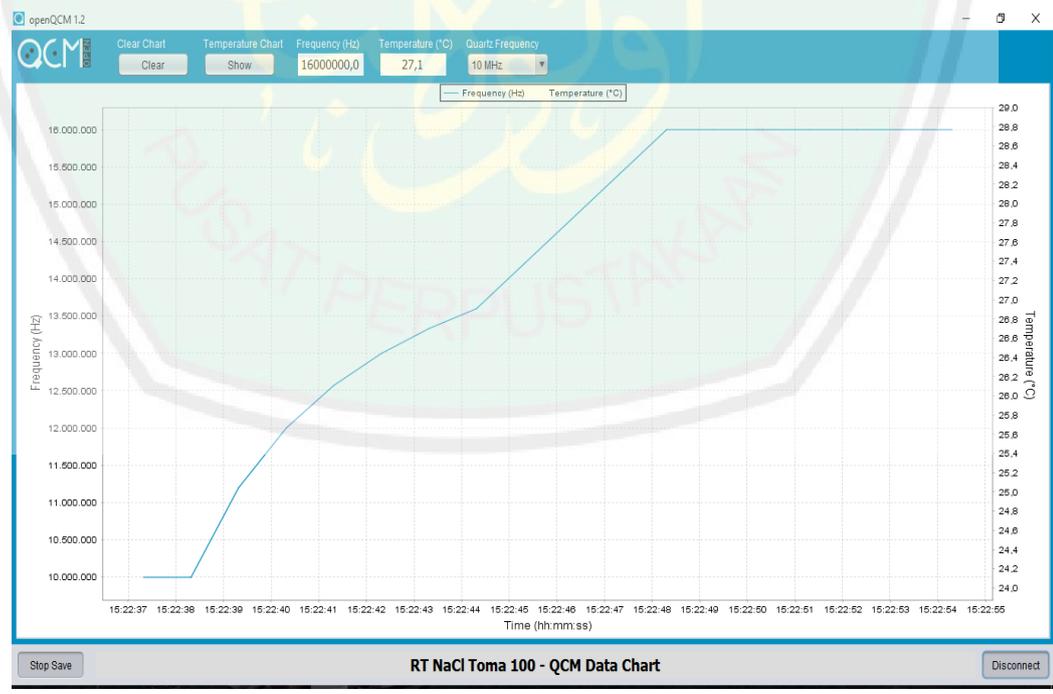
Residual Plots



Lampiran 5 Penampang Data pada Software



Hasil Data Respon Time NaCl Elektroda Perak Murni



Hasil Data Respon Time NaCl dengan Membran



KEMENTERIAN AGAMA RI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI (UIN)
MAULANA MALIK IBRAHIM MALANG
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI

Jl. Gajayana No. 50 Dinoyo Malang (0341) 551345 Fax. (0341) 572533

BUKTI KONSULTASI SKRIPSI

Nama : Alvi Hasanati
NIM : 14640033
Fakultas/ Jurusan : Sains dan Teknologi/ Fisika
Judul Skripsi : Karakterisasi Sensor QCM dengan Pelapisan Bahan Aktif Membran *Methyltrioctyl Ammonium Chloride* pada Elektroda Perak terhadap Respon NaCl
Pembimbing I : Dr. Imam Tazi, M. Si
Pembimbing II : Ahmad Abtokhi, M. Pd

No	Tanggal	HAL	Tanda Tangan
1	20 Februari 2018	Konsultasi Bab I, II, dan III	
2	02 Maret 2018	Konsultasi Bab I, II, III dan ACC	
3	03 Mei 2018	Konsultasi Kajian Agama Bab I dan II	
4	08 Agustus 2018	Konsultasi Data Hasil Bab IV	
5	03 September 2018	Konsultasi Bab IV	
6	21 September 2018	Konsultasi Kajian Agama Bab I, II, & IV	
7	24 September 2018	Konsultasi Bab V	
8	27 September 2018	Konsultasi Semua Bab, Abstrak dan ACC	
9	28 September 2018	Konsultasi Kajian Agama dan ACC	

Malang, 28 September 2018
Mengetahui,
Ketua Jurusan Fisika,

Drs. Abdul Basid, M.Si
NIP. 19650504 199003 1 003