

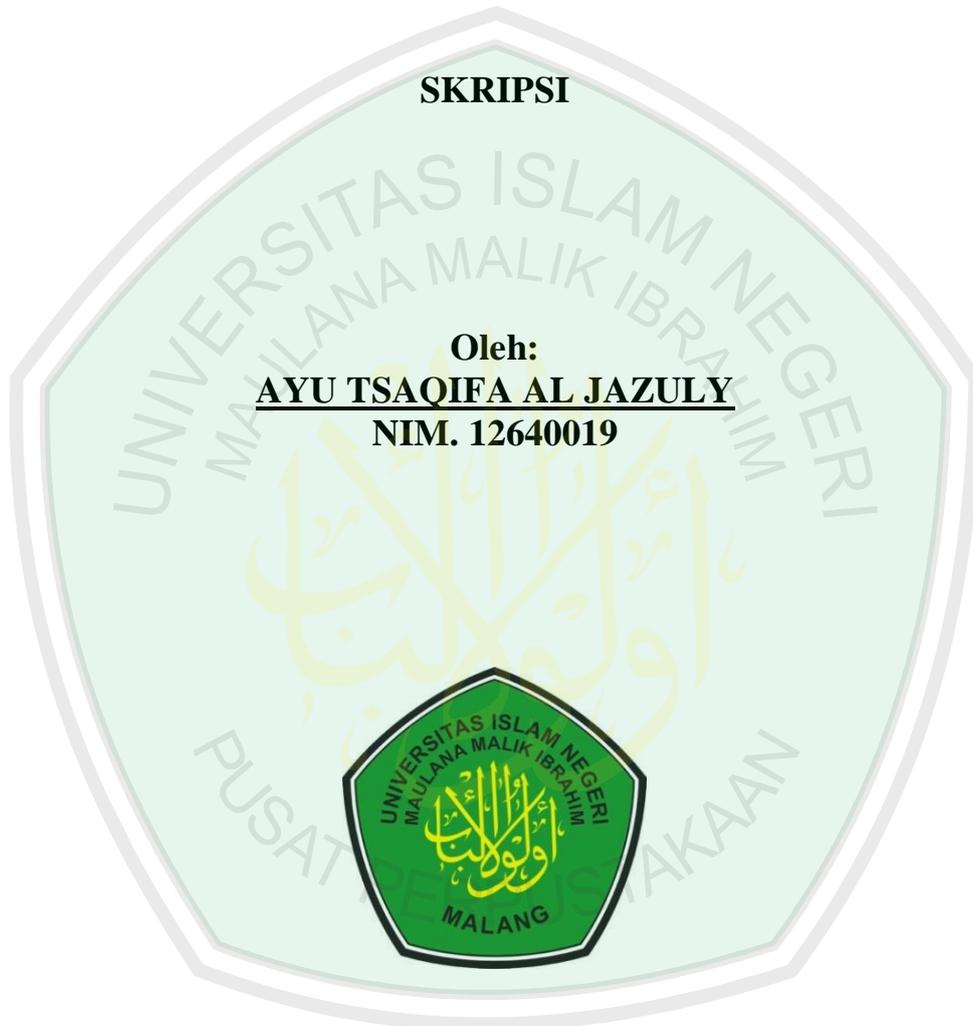
**PENGUJIAN KARAKTERISTIK DARI 16 ARRAY SENSOR LIDAH
ELEKTRONIKA UNTUK IDENTIFIKASI
EMPAT RASA DASAR**

SKRIPSI

Oleh:

AYU TSAQIFA AL JAZULY

NIM. 12640019



**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2016**

**PENGUJIAN KARAKTERISTIK DARI 16 ARRAY SENSOR LIDAH
ELEKTRONIKA UNTUK IDENTIFIKASI
EMPAT RASA DASAR**

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:

**AYU TSAQIFA AL JAZULY
NIM. 12640019**

**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2016**

HALAMAN PERSETUJUAN

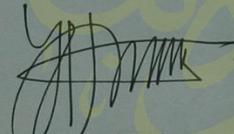
**PENGUJIAN KARAKTERISTIK DARI 16 ARRAY SENSOR LIDAH
ELEKTRONIKA UNTUK IDENTIFIKASI
EMPAT RASA DASAR**

SKRIPSI

Oleh:
AYU TSAQIFA AL JAZULY
NIM. 12640019

Telah Diperiksa dan Disetujui untuk Diuji,
Pada tanggal: 23 Juni 2016

Pembimbing I,



Imam Tazi, M.Si

NIP. 19740730 200312 1 002

Pembimbing II,



Erika Rani, M.Si

NIP. 19810613 200604 2 002

Mengetahui,
Ketua Jurusan Fisika



Erna Hastuti, M.Si

NIP. 19811119 200801 2 009

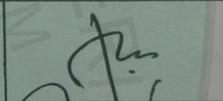
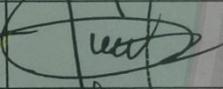
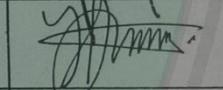
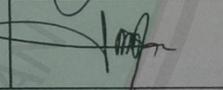
HALAMAN PENGESAHAN

**PENGUJIAN KARAKTERISTIK DARI 16 ARRAY SENSOR LIDAH
ELEKTRONIKA UNTUK IDENTIFIKASI
EMPAT RASA DASAR**

SKRIPSI

Oleh:
AYU TSAQIFA AL JAZULY
NIM.12640019

Telah Dipertahankan di Depan Dewan Penguji Skripsi dan
Dinyatakan Diterima Sebagai Salah Satu Persyaratan
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)
Tanggal: 23 Juni 2015

Penguji Utama	<u>Farid Samsu Hananto, S.Si, M.T</u> NIP. 19740513 200312 1 001	
Ketua Penguji	<u>Drs. H. Mokhammad Tirono, M.Si</u> NIP. 19641211 199111 1 001	
Sekretaris Penguji	<u>Imam Tazi, M.Si</u> NIP. 19740730 200312 1 002	
Anggota Penguji	<u>Erika Rani, M.Si</u> NIP. 19810613 200604 2 002	

Mengesahkan,
Ketua Jurusan Fisika


Erna Hastuti, M.Si
NIP. 19811119 200801 2 009

UNIVERSITAS ISLAM MAULANA MALIK IBRAHIM
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
JURUSAN FISIKA

PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : AYU TSAQIFA AL JAZULY
NIM : 12640019
Jurusan : FISIKA
Fakultas : SAINS DAN TEKNOLOGI
Judul Penelitian : Pengujian Karakteristik dari 16 *Array* Sensor Lidah
Elektronika untuk Identifikasi Empat Rasa Dasar

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, 23 Juni 2016
Yang Membuat Pernyataan,



AYU TSAQIFA AL JAZULU
NIM. 12640019

MOTTO

“Sesungguhnya Ilmu tidak akan memberikan sebagian dari dirinya kepadamu kecuali jika kamu memberikan seluruh jiwamu untuk mendapatkannya”.

“Bencana ilmu adalah lupa dan menyia-nyiakannya ialah bila engkau membicarakan dengan orang yang bukan ahlinya”.
(H.R. Ibnu Abu Syaibah)

“Empat perkara yang tidak pernah kenyang dari empat perkara lainnya yaitu: bumi dari hujan, wanita dari laki-laki, mata dari memandang, dan orang ‘alim dari ilmu”.
(H.R. Ibnu Hakim)

“Orang yang paling menyesal di hari kiamat adalah seseorang yang mendapat kesempatan untuk mencari ilmu ketika hidup di dunia tetapi ia tidak mau mencarinya, dan seseorang yang mengajarkan ilmu lalu yang diajarnya memanfaatkan (mengamalkan)nya sedangkan dia sendiri tidak”.
(H.R. Ibnu Asakir melalui Anas r.a.)

HALAMAN PERSEMBAHAN

Bismillahirrahmanirrahim..

Puji syukur Alhamdulillah kuhaturkan kepada sang pencipta, sang pengatur dan pemelihara alam semesta, Allah Swt. karena atas rahmat dan kasihnya segala sesuatu di dunia ini terjadi dengan teratur.. Karena atas kehendaknya segala sesuatu yang sulit menjadi mudah dan segala sesuatu yang tidak mungkin menjadi mungkin. Karena Ia adalah Tuhan pemilik semesta dan isinya, Tuhan pemilik jagat raya.. Maha besar Allah Swt. dengan semua sifat agung-Nya.

Dengan kerendahan hati yang tulus, bersama dengan Ridhomu yaa Robbi, kupersembahkan karya ini untuk:

“yang termulia dalam hidupku, **Ibunda Chalidatun Nuhwati dan Ayahanda Achmad Jazuly**. Atas doa dan dukungan yang tak henti-hentinya sehingga memberikanku semangat dan harapan untuk terus maju ke depan meraih cita-citaku. Karena kalian aku mampu menempuh satu tahap meraih impianku dengan menyelesaikan skripsi ini. atas usaha dan pengorbanan kalian aku sanggup bertahan dalam kesulitan. Atas ridhomu aku mampu mencapai masa depan itu. Terima kasih atas segalanya yang telah kalian korbankan untukku.”

“Adikku tersayang, **Dilla Kuramail Hakiki Al Jazuly**. Kamu adalah penyemangatku dalam menyelesaikan tugas akhir ini. Meskipun tanpa kamu sadari, aku ingin menjadi kakak dan contoh yang baik untukmu. Aku berharap kamu bisa lebih baik, dan jauh lebih baik dari pada kakakmu. Tanpa kamu mengatakan apapun, tatapan matamu menjadi semangat, senyummu menjadi obat kala mbakmu ini lelah. Terima kasih atas candaan dan semangat yang selalu kamu berikan. Dan jangan lupa selalu do’akan Mbakmu ini.”

Physics Department

Sahabat-sahabatku “Zara, Anis, Baqi, Ja’far, Dzawis, Naufal, Ali” yang telah berjuang bersama. Kupersembahkan karya ini untuk kalian yang telah member semangat, candaan, dan bantuan kalian. Kalian adalah penyempurna kekuranganku dan bagian dari kelebihanku. Teman-teman Fisika 2012, yang tanpa terasa selama 4 tahun bersama.

PPTQ Nurul Furqan

Yang sangat saya muliakan Abah Khusaini Al Hafidz yang dengan sabar membimbing dan menjadi penyokong saya di negeri perantauan serta teman-teman seperjuangan dalam menghafal Al-Qur’an khususnya kamar ummu habibah, terimakasih atas dukungan serta doanya.

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr. Wb

Alhamdulillahirobbil'alamiin, puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT. yang telah melimpahkan rahmat, hidayah serta kasih sayang-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi yang berjudul “Pengujian Karakteristik dari 16 *Array* Sensor Lidah Elektronika untuk Identifikasai Empat Rasa Dasar” ini tepat pada waktunya. Tidak lupa pula untaian sholawat dan salam penulis panjatkan kepada Rosulullah Muhammad SAW, Nabi yang telah menuntun manusia dari zaman jahiliyah menuju zaman terang benerang, yang penuh dengan ilmu pengetahuan luar biasa saat ini yakni agama Islam.

Dengan 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 tidak lupa penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu penulis dalam kegiatan penelitian maupun dalam penyusunan penulisan skripsi ini.

Ucapan terima kasih yang sebesar-sebesaranya penulis ucapkan kepada:

1. Prof. Dr. H. Mudjia Rahardjo, M.Si selaku Rektor Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang yang selalu memberikan pengetahuan dan pengalaman yang berharga.
2. Dr. drh. Bayyinatul Muchtaromah, M.Si selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
3. Erna Hastuti, M.Si selaku Ketua Jurusan Fisika. Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.

4. Imam Tazi, M.Si selaku dosen pembimbing skripsi ini yang memberikan banyak kesabaran, waktu dan ilmu dalam membimbing penulis agar skripsi ini tersusun dengan baik dan benar.
5. Erika Rani, M.Si selaku dosen pembimbing agama, yang bersedia meluangkan waktu untuk memberikan bimbingan dan pengarahan bidang integrasi Sains dan al-Quran serta Hadits.
6. Segenap Dosen, Laboran, dan Admin Jurusan Fisika Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang yang senantiasa memberikan ilmu pengetahuan dan pengarahan.
7. Romo KH. Muhammad Khusaini Al Hafidtz yang telah menjadi penyokong dan pengganti orang tua di negri perantauan.
8. Kedua orang tua, dan keluarga yang selalu mendoakan serta memberi dukungan yang berharga.
9. Semua teman-teman fisika dan PPTQ Nurul Furqan yang selalu memberikan dukungan. Serta semua pihak yang secara langsung maupun tidak langsung memberikan motivasi dalam penulisan skripsi ini.

Dalam penyusunan skripsi ini, penulis sangat menyadari masih ada banyak kekurangan dan kekeliruan dikarenakan keterbatasan kemampuan. Dengan kerendahan hati, segala kritik dan saran yang bersifat membangun sangat penulis harapkan untuk kesempurnaan skripsi ini. Akhir kata, semoga skripsi ini dapat menambah khasanah pustaka dan bermanfaat bagi orang lain.

Malang, 23 Juni 2016

Penulis

DAFTAR ISI

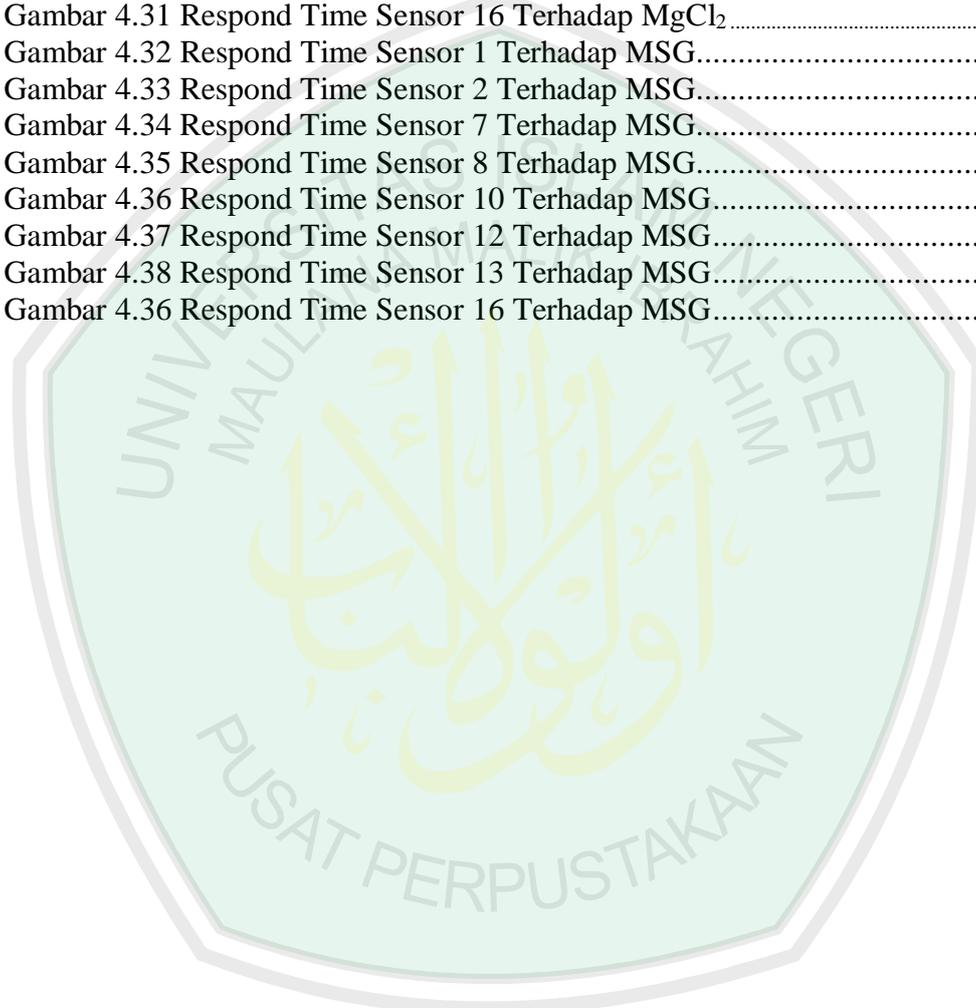
HALAMAN JUDUL	
HALAMAN PENGAJUAN	ii
HALAMAN PERSETUJUAN	iii
HALAMAN PENGESAHAN	vi
DAFTAR ISI	v
PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN	vi
MOTTO	vii
HALAMAN PERSEMBAHAN	viii
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xv
ABSTRAK	xvi
ABSTRACT	xvii
ملخص	xviii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	6
1.3 Tujuan Penelitian	7
1.4 Batasan Masalah	7
1.5 Manfaat Penelitian	8
BAB II KAJIAN PUSTAKA	
2.1 Lidah	9
2.2 Respon Rasa	10
2.3 Fisiologi Lidah	12
2.4 Zat yang Merangsang Reseptor Rasa	15
2.5 Sensor Pendeteksi Rasa	17
2.6 Membran pada Sensor	19
2.7 Potensial Membran	23
2.8 Arduino	25
2.8.1 <i>Hardware</i> Arduino	25
2.8.2 <i>Software</i> Arduino (Arduino IDE)	26
2.9 Arduino UNO	26
2.10 Arduino Mega 2560	27
2.11 NI-LabVIEW	28
2.12 pH Sensor	29
2.13 Prinsip Pengolahan Data pada Sensor Lidah	31
2.14 Sistem Raasa Manusia dan Sistem Buatan	32
2.15 Kualitas Membran	34
2.16 Pengenceran	36
BAB III METODE PENELITIAN	
3.1 Jenis Penelitian	37
3.2 Waktu dan Tempat Penelitian	37
3.3 Alat dan Bahan	37

3.3.1 Alat Penelitian.....	37
3.3.2 Bahan Pembuatan Membran.....	38
3.3.3 Bahan yang Digunakan untuk Membuat Probe Sensor.....	39
3.3.4 Bahan Uji.....	39
3.4 Tahap dan Alur Penelitian.....	40
3.4.1 Rencana Penelitian.....	40
3.4.2 Diagram Alir Proses Pembuatan Membran Sensor.....	41
3.4.3 Keterangan Proses Pembuatan Membran.....	41
3.4.4 Susunan Membran Sensor dan Proses Pembuatannya.....	43
3.4.5 Diagram Alir Proses Pembuatan Probe Sensor.....	44
3.4.6 Keterangan Proses Pembuatan Probe Sensor.....	44
3.4.7 Pembuatan <i>Software</i> dan <i>Hardware Array Sensor</i> Lidah Elektronik...45	
3.5 Pelaksanaan Penelitian.....	48
3.5.1 Diagram Alir Pelaksanaan Pengambilan Data.....	48
3.5.2 Keterangan Langkah Pengambilan Data.....	48
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1 <i>Hardware</i> Sistem Akuisisi Data.....	51
4.1.1 Bagian <i>Input</i>	51
4.1.2 Bagian <i>Processing</i> Data.....	55
4.1.3 <i>Software</i> Sistem Akuisisi Data.....	57
4.2 Preparasi Sampel dan Proses Pengujian Rasa Dasar.....	59
4.3 Data Hasil Penelitian.....	60
4.4 Respon Sensor Lidah Terhadap Perubahan Konsentrasi.....	63
4.5 Pembahasan.....	63
4.5.1 Deteksi Limit dan Sensitivitas.....	64
4.5.2 <i>Respond Time</i>	78
4.6 Kajian Integrasi Islam.....	113
BAB V PENUTUP	
5.1 Kesimpulan.....	116
5.2 Saran.....	117
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 <i>Taste buds</i> pada lidah.....	12
Gambar 2.2 Letak Papila di Lidah dan Bagian-Bagian Lidah yang Mampu Merasakan Rasa Pahit, Asam, Asin, dan Manis.....	14
Gambar 2.3 Membran Sel pada Lidah Manusia.....	16
Gambar 2.4 Proses aliran ion pada membran sel.....	16
Gambar 2.5 Alat Sensor Lidah.....	18
Gambar 2.6 Model membran lipid.....	21
Gambar 2.7 Interaksi ion terhadap membran sel.....	24
Gambar 2.8 Arduino Uno R3.....	25
Gambar 2.9 Board Arduino Uno.....	26
Gambar 2.10 Arduino Mega 2560.....	27
Gambar 2.11 Skema Elektrode pH meter.....	30
Gambar 2.12 Skema Diagram Buatan, dengan Membrane Polimer-Lipid Berbasis Sensor.....	32
Gambar 2.13 Diagram Detector Sensor.....	33
Gambar 2.14 (a).Tampilan depan jalur sensor (b). gambar lintasan dan strip sensor.....	34
Gambar 2.15 Kurva respon potensial terhadap logaritma konsentrasi.....	35
Gambar 3.1 Rencana Penelitian.....	40
Gambar 3.2 Diagram Alir Pembuatan Membrane Sensor.....	41
Gambar 3.3 Diagram Alir Proses Pembuatan Probe Sensor.....	44
Gambar 3.4 <i>Hardware system array sensor</i>	45
Gambar 3.5 Diagram Aliran Data Sensor Rasa.....	47
Gambar 3.6 Diagram Alir Pengolahan Data.....	48
Gambar 4.1 Diagram Keseluruhan Sistem Akuisisi Data Sensor Rasa.....	50
Gambar 4.2 <i>Probe Sensor</i> dan Bahan Membran Lipid.....	53
Gambar 4.3 Tampilan Program <i>E-Tongue</i> Elins – fsk UIN Malang.....	58
Gambar 4.4 Deteksi Limit dari KCl.....	65
Gambar 4.5 Deteksi Limit dari NaCl.....	68
Gambar 4.6 Deteksi Limit dari MgCl ₂	71
Gambar 4.7 Deteksi Limit dari MSG.....	74
Gambar 4.8 Respond Time Sensor 1 Terhadap KCl.....	80
Gambar 4.9 Respond Time Sensor 2 Terhadap KCl.....	81
Gambar 4.10 Respond Time Sensor 8 Terhadap KCl.....	82
Gambar 4.11 Respond Time Sensor 9 Terhadap KCl.....	83
Gambar 4.12 Respond Time Sensor 10 Terhadap KCl.....	84
Gambar 4.13 Respond Time Sensor 12 Terhadap KCl.....	85
Gambar 4.14 Respond Time Sensor 14 Terhadap KCl.....	86
Gambar 4.15 Respond Time Sensor 16 Terhadap KCl.....	87
Gambar 4.16 Respond Time Sensor 1 Terhadap NaCl.....	88
Gambar 4.17 Respond Time Sensor 2 Terhadap NaCl.....	89
Gambar 4.18 Respond Time Sensor 3 Terhadap NaCl.....	90
Gambar 4.19 Respond Time Sensor 7 Terhadap NaCl.....	91
Gambar 4.20 Respond Time Sensor 8 Terhadap NaCl.....	92
Gambar 4.21 Respond Time Sensor 9 Terhadap NaCl.....	93

Gambar 4.22 Respond Time Sensor 10 Terhadap NaCl.....	94
Gambar 4.23 Respond Time Sensor 12 Terhadap NaCl.....	95
Gambar 4.24 Respond Time Sensor 7 Terhadap MgCl ₂	96
Gambar 4.25 Respond Time Sensor 8 Terhadap MgCl ₂	97
Gambar 4.26 Respond Time Sensor 10 Terhadap MgCl ₂	98
Gambar 4.27 Respond Time Sensor 12 Terhadap MgCl ₂	99
Gambar 4.28 Respond Time Sensor 13 Terhadap MgCl ₂	100
Gambar 4.29 Respond Time Sensor 14 Terhadap MgCl ₂	101
Gambar 4.30 Respond Time Sensor 15 Terhadap MgCl ₂	102
Gambar 4.31 Respond Time Sensor 16 Terhadap MgCl ₂	103
Gambar 4.32 Respond Time Sensor 1 Terhadap MSG.....	104
Gambar 4.33 Respond Time Sensor 2 Terhadap MSG.....	105
Gambar 4.34 Respond Time Sensor 7 Terhadap MSG.....	106
Gambar 4.35 Respond Time Sensor 8 Terhadap MSG.....	107
Gambar 4.36 Respond Time Sensor 10 Terhadap MSG.....	108
Gambar 4.37 Respond Time Sensor 12 Terhadap MSG.....	109
Gambar 4.38 Respond Time Sensor 13 Terhadap MSG.....	110
Gambar 4.36 Respond Time Sensor 16 Terhadap MSG.....	111



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Bahan Lipid yang Sering Digunakan dalam Pembuatan Sensor Lidah.....	21
Tabel 2.2 Karakteristik Lipid dan Plastisizer	22
Tabel 2.3 Spesifikasi Arduino Uno.....	26
Tabel 2.4 Spesifikasi Arduino Mega 2560.....	27
Tabel 3.1 Tabel komposisi susunan membrane.....	43
Tabel 4.1 Tabel Preparasi dan Perhitungan Data Awal	61
Tabel 4.2 Fungsi dan Regresi Linier Respon Sensor KCl	66
Tabel 4.3 Sensitivitas Sensor Terhadap KCl.....	67
Tabel 4.4 Fungsi dan Regresi Linier Respon Sensor NaCl.....	69
Tabel 4.5 Sensitivitas Sensor Terhadap NaCl.....	70
Tabel 4.6 Fungsi dan Regresi Linier Respon Sensor MgCl ₂	72
Tabel 4.7 Sensitivitas Sensor Terhadap MgCl ₂	73
Tabel 4.8 Fungsi dan Regresi Linier Respon Sensor MSG	75
Tabel 4.9 Sensitivitas Sensor Terhadap MSG.....	76
Tabel 4.10 Kesimpulan Pengujian Deteksi Limit dan Sensitivitas	77
Tabel 4.11 Kesimpulan <i>Respond Time</i>	112

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1 Dokumentasi Penelitian
- Lampiran 2 Data Respon Sensor pada Titik Sebelum Penetasan
- Lampiran 3 Grafik Regresi Deteksi Limit dan Sensitivitas
- Lampiran 4 Grafik Data Keseluruhan Masing-Masing Sampel
- Lampiran 5 Skema Board PCB
- Lampiran 6 Program Akuisisi Data
- Lampiran 7 Tampilan *Software* Pengambilan Data
- Lampiran 8 Bukti Konsultasi Skripsi



ABSTRAK

Al Jazuly, Ayu Tsaqifa. 2016. **Pengujian Karakteristik dari 16 Array Sensor Lidah Elektronika untuk Identifikasi Empat Rasa Dasar**. Skripsi. Jurusan Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim, Malang. Pembimbing: (I) Imam Tazi, M.Si. (II) Erika Rani M.Si.

Kata Kunci: Sensor Lidah Elektronika, Deteksi Limit, Sensitivitas, *Respond Time*.

Pengujian menggunakan 16 *array* sensor lidah elektronika berbasis membran lipid digunakan untuk membedakan rasa makanan dengan cara mengidentifikasi pola makanan dengan memanfaatkan membran selektif ion. Faktor karakteristik yang diuji yaitu deteksi limit, sensitivitas, dan *respond time*. Pengujian dilakukan pada 9 konsentrasi, yaitu 0; 1.96×10^{-5} ; 7.41×10^{-5} ; 1.53×10^{-4} ; 2.75×10^{-4} ; 4.14×10^{-4} ; 8.08×10^{-4} ; 1.40×10^{-4} ; dan 2.38×10^{-4} M. Deteksi limit untuk masing-masing sampel terletak antara konsentrasi 1.96×10^{-5} dan 7.41×10^{-5} M. Semua sensor merespon sampel dengan sensitivitas yang berbeda. Sensor 6 memiliki sensitivitas yang baik terhadap ke empat rasa dasar, sedangkan sensor 11 merespon rasa asam dan asin dengan kurang baik begitu pula sensor 3 yang merespon rasa pahit dengan kurang baik dan sensor 2 merespon rasa umami dengan kurang baik pula. Waktu *steady state* (t_{ss}) dianggap memenuhi kriteria apabila penyimpangan tegangan sensor tidak melebihi faktor koreksi sensor (Resolusi ADC) yaitu berkisar antara -4.8 V hingga 4.8 V. Berdasarkan data yang didapatkan dapat diketahui bahwa semua sensor memenuhi kriteria *steady state* sensor.

ABSTRACT

Al Jazuly, AyuTsaqifa. 2016. **Testing Characteristics of 16 Array Sensor Electronic Tongue for Identify Four Basic Tastes**. Thesis. Physics Department, Faculty of Science and Technology, Maulana Malik Ibrahim State Islamic University of Malang. Supervisor: (I) Imam Tazi, M.Si. (II) Erika Rani M.Si.

Keywords: Sensor Electronic Tongue, Detection Limit, Sensitivity, Respond Time.

The test used 16 *array* sensor electronic tongue based on lipid membrane to distinguish the taste of food by identifying patterns of food using ion selective membrane. The test of characteristic factors that were examined included limit detection, sensitivity, and Respond time. The test was carried out in 9 different concentrations, that were 0; 1.96×10^{-5} ; 7.41×10^{-5} ; 1.53×10^{-4} ; 2.75×10^{-4} ; 4.14×10^{-4} ; 8.08×10^{-4} ; 1.40×10^{-4} ; and 2.38×10^{-4} M. Limit detection for each sample disposition between 1.96×10^{-5} and 7.41×10^{-5} M concentration. All the sensors responded the sample with the different sensitivity. The sixth sensor had good sensitivity on the fourth basic tastes. On the other side, the eleventh sensor had less response on sour and salty taste, the second sensor had poorly respond in bitter taste and third sensor also had poorly respond in umami taste. The steady state time (t_{ss}) was considered satisfied its criteria when sensor voltage deviation not more than resolution ADC (-4.8 V until 4.8 V). The electronic tongue sensor was satisfied the steady state of sensor criteria.

ملخص

الجزولي، ابو ثقيفة 2016 الإختبار الخصائص من 16 صافاللسان أجهزة الاستشعار إلكترونيات لتعرف على الذوق الأربعة الأساسية، البحث الجامعي، قسم الفيزياء، كلية العلوم والتكنولوجيا، جامعة مولنا مالك إبراهيم الإسلامية الحكومية مالانج. المشرف (1) إمام تاز الماجستير (2) اريكا راني الماجستير

الكلمة الرئيسية: اللسان أجهزة الاستشعار إلكترونيات، حد الكشف، الحساسية، وقت الاستجابة.

الإختبارات يستخدم 16 صافاللسان أجهزة الاستشعار إلكترونيات أساس غشاء الدهن يستخدم لمختلف حساس الطعام بتحديد أنماط الطعام لنفع ايون غشاء انتقائي. عامل خصائص الذي يختبر هو حد الكشف، الحساسية، وقت الاستجابة. يفعل الإختبارات الى 9 تركيز، يعني 7.41×10^{-5} ; 1.96×10^{-5} ; 0 ; 2.38×10^{-4} ; 1.40×10^{-4} ; 8.08×10^{-4} ; 4.14×10^{-4} ; 2.75×10^{-4} ; 1.53×10^{-4} ; 5 و 2.38×10^{-4} . حد الكشف لكل عينة يكمن بين تركيز 1.96×10^{-5} و 7.41×10^{-5} M. كل أجهزة الاستشعار يستجيب العينات مع حساسية مختلفة. أجهزة الاستشعار 6 لديه حساسية جيدة لأذواق الأساسية الأربعة، في حين أن أجهزة الاستشعار 11 يستجيب لتذوق الحامض والمالح مع أقل جيدا وكذلك أجهزة الاستشعار 3 الذي يستجيب لتذوق المر بغير جيد، وكذلك أجهزة الاستشعار 2 الذي يستجيب لتذوق أواممي بغير جيد. تظن حالة مستقرة (t_{ss}) الوفاء المعيار اذ تخرز قوة لأجهزة غير أكثر من سبب تقويم أجهزة (**Resolusi ADC**) قدر $4.8 V$ و $-4.8 V$. باعتبار بيانات علم أن كل أجهزة الاستشعار يتوفى المعيار في حالة مستقرة

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar belakang

Dalam penciptaannya, manusia merupakan makhluk yang paling sempurna. Allah Swt. telah menciptakan manusia dengan sebaik-baiknya bentuk, disertai dengan akal dan nafsu yang membedakannya dengan ciptaan yang lainnya. Allah Swt. berfirman dalam al-Quran surat adz-Dzaariyaat (51) ayat 20 yang berbunyi:

وَفِي الْأَرْضِ آيَاتٌ لِّلْمُؤْمِنِينَ ﴿٢٠﴾

“Dan di bumi itu terdapat tanda-tanda (kekuasaan Allah) bagi orang-orang yang yakin” (Q.S. adz-Dzaariyaat 20).

Dalam ayat tersebut dijelaskan bahwa di dalam bumi ini terdapat berbagai tanda yang menunjukkan keagungan penciptaan dan kekuasaan-Nya yang sangat jelas berupa berbagai macam tumbuhan, binatang, hamparan bumi, gunung, tanah kosong, sungai, lautan, dan berbagai macam bahasa dan warna kulit umat manusia, serta sesuatu yang telah ditakdirkan untuk mereka berupa keinginan dan kekuatan, dan apa yang terjadi diantara mereka berupa perbedaan tingkat dalam hal pemikiran, pemahaman, dinamika kehidupan, kebahagiaan, kesengsaraan, dan hikmah yang terdapat di dalam anggota tubuh mereka. Yaitu dalam menempatkan setiap anggota tubuh dari keseluruhan tubuh mereka pada tempat yang benar-benar mereka perlukan. Itu sebabnya Allah Ta’ala berfirman dalam al-Quran surat adz-Dzaariyaat (51) ayat 21 yang berbunyi (Ibnu Katsir, 182):

وَفِي أَنْفُسِكُمْ أَفَلَا تُبْصِرُونَ ﴿٢١﴾

“Dan (juga) pada dirimu sendiri. Maka apakah kamu tidak memperhatikan” (Q.S. adz-Dzaariyaat:21).

Qatadah mengemukakan: “barang siapa bertafakur (memikirkan) penciptaan dirinya sendiri, maka ia akan mengetahui bahwa dirinya itu hanya diciptakan dan dilenturkan persendiannya semata-mata untuk beribadah (Ibnu Katsir, 182).

Dalam tubuh manusia terdapat tanda-tanda kekuasaan Allah, seperti di dalam proses penciptaan manusia, pendengaran, penglihatan, akal, dan sebagainya. Diciptakannya lidah merupakan suatu nikmat tersendiri bagi manusia. Di dalam lidah terdapat jutaan sensor yang mampu mengenali rasa, sehingga memunculkan inisiatif dari para peneliti untuk menciptakan alat yang serupa dengan lidah manusia yang biasa kita kenal dengan istilah lidah elektronik (*e-tongue*) untuk membantu manusia dalam mengenali rasa. Bila diamati dengan seksama, fungsi dari lidah elektronik itu sendiri tidak bisa mengalahkan lidah yang sebenarnya dan standar baku dari pembuatan sensor lidah elektronik ini adalah tetap lidah manusia itu sendiri. Akan tetapi, tujuan utama pembuatan sensor ini adalah untuk membantu kerja manusia, bukannya mengganti. Alat ini bisa membantu mengurangi resiko berbahaya agar tidak berdampak langsung kepada manusia seperti merasakan kebasian dari makanan, membedakan jenis makanan seperti daging sapi dan daging babi yang kita tidak bisa merasakannya langsung karena makanan tersebut haram bagi kita umat muslim.

Lidah adalah alat indra yang peka terhadap rangsangan berupa zat kimia larutan. Lidah memiliki otot yang tebal, permukaannya dilindungi oleh lendir dan

penuh dengan bintil-bintil. Kita dapat merasakan rasa pada lidah karena terdapat reseptor yang dapat menerima rangsangan. Reseptor itu adalah papila pengecap atau kuncup pengecap. Kuncup pengecap merupakan kumpulan ujung-ujung saraf yang terdapat pada bintil-bintil lidah. Papila agak kasar karena memiliki tonjolan-tonjolan pada permukaan lidah. Di dalam papila terdapat banyak kuncup-kuncup pengecap (*taste bud*) yaitu suatu bangunan berbentuk bundar yang terdiri dari dua jenis sel yaitu sel-sel penyokong dan sel-sel pengecap yang berfungsi sebagai reseptor.

Tidak semua bagian lidah peka terhadap zat kimia dan daerahnya juga khusus untuk rasa tertentu. Adaptasi terhadap suatu rasa mula-mula berjalan cepat dalam 2–3 detik, tetapi adaptasi selanjutnya berjalan lambat. Sebenarnya hanya terdapat 4 jenis rasa utama yaitu manis, asin, asam, dan pahit. Namun rasa-rasa lain seperti rasa coklat, rasa teh, pedas, dan sebagainya, merupakan campuran dari berbagai rasa dan berkombinasi dengan pembauan/penciuman pada hidung. Dan baru-baru ini telah ditemukan rasa baru yaitu rasa gurih (umami) yang menjadi pelengkap lima rasa dasar dalam indra perasa. Rasa yang dirasakan oleh manusia juga dipengaruhi oleh pencitraan dari bau dan penglihatan kemudian di terjemahkan oleh otak. Oleh karena itu, semua alat indra pada dasarnya saling mempengaruhi antara satu dan lainnya.

Seluruh rasa dapat dirasakan oleh seluruh permukaan lidah, tetapi satu jenis rasa akan lebih sensitif pada daerah tertentu. Rasa manis lebih sensitif dirasakan pada daerah ujung depan lidah, rasa asin paling baik dirasakan pada pinggir depan lidah, rasa asam paling baik diterima di sepanjang samping/tepi lidah dan sensasi

pahit dapat dideteksi dengan sangat baik pada sepertiga belakang lidah. Keempat rasa ini dikenal dengan istilah sensasi rasa primer. Selain itu, ada rasa kelima yang telah teridentifikasi yakni umami yang dominan ditemukan pada *L-glutamat*.

Perangkat filter untuk sensor ini dibuat dengan menggabungkan *array* membran polimer-lipid buatan dan dibuat *multichannel*, untuk dapat mengevaluasi kualitas pencarian perbedaan rasa yang terkandung. Dan *array* sensor yang didasarkan pada prinsip lidah bioelektronik yang meniru sistem gustatory manusia melalui penggabungan bahan lipid buatan dalam elemen pengindraan (Moh Norr Ahmad, 2006). Sensor pada dasarnya hanya bisa untuk mengenali pola, dari hasil yang diperoleh diharapkan dapat mengetahui akurasi respon dari lipid, dan perbedaan kerja respon dari masing-masing rasa dasar yang akan diamati polanya dengan menggunakan alat lidah elektronik.

E-tongue (lidah elektronik) pertama kali ditemukan oleh Prof Toko 1990 dari Kyushu University. Penelitian ini memanfaatkan lipid buatan yang dapat merespon rasa. Dari penemuan pertama tersebut, kemudian dikembangkan dengan mengujikannya pada produk minuman yang dilakukan Maxsim Yap Mee Sim, dkk 2003. Penelitian ini digunakan untuk mengidentifikasi perbedaan susu dan yoghurt yang berbeda merek dan produksi dengan menggunakan lidah elektronik. Hasilnya menunjukkan keberhasilan sensor tersebut dalam membedakan lima merek susu dan yogurt yang beda produksi di pasaran.

Pengembangan terus dilakukan oleh Chew Cheen (2008), yang berhasil membuat lidah elektronik berdasarkan sensor *array* yang digunakan untuk mengetahui kualitas air dalam tangki ikan. Dari ketiga penelitian terdahulu

mencoba membuat pengembangan dengan membuat lidah elektronik. Dengan pemanfaatan lipid TOMA (*Triethyl Methyl Ammonium Chloride*), DDC, Asam Oleat (*Oleic Acid*), DA (*Diethyl Alcohol*). Dan Plasticizer: Bis (2-Ethylhexyl) Phosphate, Diethyl Phosphate, serta PVC (*Polyvinyl Chloride*), yang diaplikasikan ke bentuk *array* sensor untuk dapat mengetahui pola responnya terhadap rasa-rasa dasar seperti manis, asam, asin, pahit, dan umami.

Pengenalan pola bertujuan untuk mengenali karakteristik dari nilai-nilai sensor yang telah diperoleh dan tersimpan pada *data logger*, dan banyak metode yang dapat dilakukan untuk pengenalan pola (Otto, 1999). Seperti halnya lidah manusia yang hanya dapat mengenali rasa dan tidak dapat mengetahui kandungan apa saja yang terdapat dalam makanan tersebut, lidah elektronik juga demikian. Alat tersebut hanya mampu mengidentifikasi pola makanan, dan tidak bisa untuk mengetahui kandungan apa saja yang terdapat di dalamnya. Seperti juga alat-alat elektronik pada umumnya, lidah elektronik ini memiliki daerah batas (daerah kerja) dimana sensor bisa bekerja secara optimal. Oleh sebab itu pada penelitian ini akan dilakukan penelitian untuk mendeteksi limit agar diketahui daerah dimana sensor mulai bekerja, lama sensor dalam merespon rasa (*respon time*) dan sensitivitas sensor dalam mendeteksi rasa..

Manusia bisa merasakan lima rasa pokok yaitu manis, asam, asin, pahit, dan umami, namun pada penelitian ini hanya akan dilakukan empat pengujian. Dari setiap rasa tersebut diambil satu bahan uji untuk mewakili 4 rasa dasar, seperti untuk mewakili rasa pahit digunakan kafein, untuk rasa asam digunakan KCl, untuk rasa asin digunakan NaCl, dan untuk umami diambil dari MSG.

Diharapkan dari pengembangan alat ini akan timbul alat yang lebih akurat, karena pada dasarnya penelitian ini ditujukan untuk menguji daerah kerja lidah yang optimal dalam mengidentifikasi rasa. Dan dari penelitian ini bisa dikembangkan untuk menguji sampel-sampel makanan lain seperti untuk mengetahui makanan berpengawet dan tidak dengan mengenali polanya, mengetahui tingkat kebiasaan dari suatu makanan tertentu, atau untuk membedakan jenis makanan dan minuman yang berbeda seperti daging sapi dan daging babi. Bagaimana dijelaskan dalam firman Allah Swt. dalam surat Abasa: 24 yang berbunyi:

فَلْيَنْظُرِ الْإِنْسَانُ إِلَى طَعَامِهِ ۚ ﴿٢٤﴾

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

Maka sebagai manusia kita haruslah berhati-hati dalam memilih makanan. Karena seiring dengan perkembangan kemajuan zaman semakin banyak jenis makanan yang perlu kita teliti kandungannya. Begitu banyak makanan yang menggunakan bahan berpengawet begitu pula makanan yang dicampur dengan zat-zat berbahaya, oleh karena itu penelitian ini perlu juga untuk membantu manusia dalam identifikasi makan.

1.2 Rumusan Masalah

Dari penjelasan latar belakang di atas, maka dapat dirumuskan permasalahan yang diperoleh sebagai berikut:

1. Bagaimana deteksi limit dari 16 *array* sensor lidah elektronik berbasis membran lipid yang digunakan untuk identifikasi 4 rasa dasar?
2. Bagaimana sensitivitas dari 16 *array* sensor lidah elektronik berbasis membran lipid yang digunakan untuk identifikasi 4 rasa dasar?
3. Bagaimana *respon time* dari 16 *array* sensor lidah elektronik berbasis membran lipid yang digunakan untuk identifikasi 4 rasa dasar?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini diantaranya:

1. Untuk mengetahui deteksi limit dari 16 *array* sensor lidah elektronik berbasis membran lipid yang digunakan untuk identifikasi 4 rasa dasar.
2. Untuk mengetahui sensitivitas dari 16 *array* sensor lidah elektronik berbasis membran lipid yang digunakan untuk identifikasi 4 rasa dasar.
3. Untuk mengetahui *respon time* dari 16 *array* sensor lidah elektronik berbasis membran lipid yang digunakan untuk identifikasi 4 rasa dasar.

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah dari penelitian ini antara lain :

1. Penelitian ini dilakukan tanpa pengulangan karena data yang diambil banyak dan rentangnya pendek sehingga data yang diperoleh cukup akurat.
2. Data logger yang digunakan merupakan *E-tongue* Elins – Fsk UIN Malang

3. Data penelitian diambil delapan hasil terbaik dari enam belas sensor.
4. Sampel yang digunakan berupa senyawa analisis.
5. Hardware sistem akuisisi data pola rasa dibuat dari board Arduino Mega 2560 dan board Arduino uno dengan memasukkan sinyal analog 16 sensor rasa dan 1 sensor pH yang dijalankan secara larik sensor (Sensor Array).
6. Software sistem akuisisi data lidah elektronik dibangun dari aplikasi LabVIEW 2014 32bit

1.5 Manfaat Penelitian

a. Manfaat Umum

1. Mengetahui cara membuat sensor lidah elektronik dengan tepat.
2. Mengetahui cara membuat membran yang bisa tepat membedakan rasa.
3. Mengetahui daerah kerja, sensitivitas, dan waktu respon dari masing-masing *array* sensor lidah elektronik untuk identifikasi rasa dasar.

b. Manfaat Khusus

Penelitian ini merupakan tahap pertama untuk menunjang dan menginformasi penelitian pada bidang akuisisi data identifikasi rasa khususnya untuk aplikasi lidah elektronik.

BAB II KAJIAN PUSTAKA

2.1 Lidah

Allah menjelaskan dalam al-Qur'an surat al-Balad ayat 8-9 yang berbunyi:

أَلَمْ نَجْعَلْ لَهُ عَيْنَيْنِ ﴿٨﴾ وَلسَانًا وَشَفَتَيْنِ ﴿٩﴾

“Bukankah Kami telah memberikan kepadanya dua buah mata, lidah dan dua buah bibir” (Q.S. al-Balad: 8-9).

Lidah mengandung kurang lebih tujuh belas otot dalam berbagai arah dan tempat yang memungkinkannya untuk menggerakkan makanan yang dikunyah dalam mulut sampai hancur. Selanjutnya makanan yang sudah hancur dibentuk dalam pola bola-bola kecil yang akan didorong masuk menuju bagian belakang sampai menuju saluran tekak (Muhammad, 2008).

Reseptor indra pengecap pada manusia adalah tonjolan atau bintik-bintik yang terdapat pada permukaan atas lidah. Bintik-bintik pengecap mempunyai struktur yang mengagumkan. Bintik-bintik tersebut mempunyai bentuk seperti gua-gua kecil yang mengandung sel pengecap. Rambut-rambut sel kecil itulah yang akan mengindra berbagai jenis rasa, dan akan mengirim isyarat-isyarat melalui syaraf pengecap dalam otak yang bertugas menerjemahkan dan memahami rasa (Muhammad, 2008).

Pada hakekatnya, terdapat enam saraf pengecap yang membawa dan mengangkut indra pengecap. Tiga diantaranya terletak dibagian samping lidah.

Para ilmuwan telah memperkirakan bahwa jumlah bintik-bintik pengecap yang terdapat dalam lidah adalah sembilan ribu kuncup (Muhammad, 2008).

Pada manusia, bintik-bintik pengecap terdapat pada lidah. Sedangkan binatang-binatang kecil seperti lebah madu, bintik-bintik pengecap terdapat pada bagian kaki. Kaki itulah yang menjadi sangat sensitif terhadap makanan manis dan unsur-unsur yang mempunyai kandungan energi tinggi. Oleh karena itu, lebah dapat merasakan manisnya sari bunga saat pertama kali menghinggapinya (Muhammad, 2008).

Membran mukosa pada permukaan bawah lidah sifatnya licin dan di bawahnya terdapat tunika submukosa. Pada permukaan atas terlihat banyak tonjolan-tonjolan kecil disebut papila lidah (C.Roland 1996). Tonjolan-tonjolan kecil pada permukaan lidah (papila) terdapat sel-sel reseptor (tunas pengecap). Terdapat lebih dari 10.000 tunas pengecap pada lidah manusia, sel-sel ini tumbuh seminggu setelah itu digantikan oleh sel-sel yang baru. Sel-sel inilah yang bisa membedakan rasa manis asam, pahit, dan asin (Evelyn 2009).

2.2 Respon Rasa

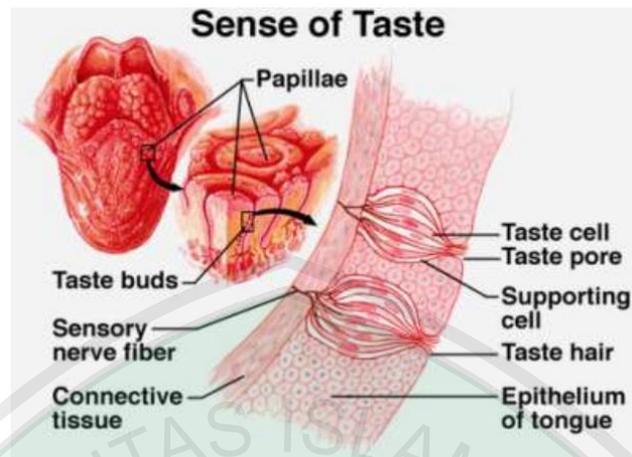
Rasa merupakan bagian dari sensori yang tidak bisa dilepaskan dari cita rasa makanan. Rasa mempunyai peran yang penting dalam menentukan cita rasa. Rasa ditimbulkan oleh senyawa yang larut dalam air yang berinteraksi dengan reseptor pada lidah dan indra perasa (*trigeminal*) pada rongga mulut. Indra pengecap dibagi menjadi lima pengecapan rasa utama yaitu manis, pahit, asam, asin dan umami. Terdapat tambahan respon yang terjadi bila dilakukan modifikasi rasa antara lain: rasa kecut, pedas, panas, dingin, dan sebagainya (Cut Fatimah, 2006).

Kelompok rasa sekunder bukan sensasi yang diterima oleh pengecap lidah, namun lebih pada sensasi yang diterima indra perasa karena induksi kimiawi yang lebih yang dikenal dengan sensasi (Hanny, 2011).

Selain rasa dan bau ada beberapa hal yang memengaruhi kualitas sensasi secara keseluruhan diantaranya tekstur (kehalusan, kekesatan, butiran dan viskositas). Perubahan viskositas dapat merubah rasa/bau yang timbul karena pengaruh kecepatan rangsang terhadap sel reseptor olfaktori dan kelenjar air liur. Semakin kental bahan maka penerima intensitas rasa, bau dan cita rasa akan semakin berkurang. Misalnya penambahan CMC (*Carboxy Methyl Cellulose*) dapat mengurangi rasa asam sitrat, rasa pahit (kafein) rasa manis (sukrosa) sebaliknya akan meningkatkan asin (NaCl) (Fatimah, 2006).

Sel reseptor pengecap timbul akibat deteksi zat kimia oleh reseptor khusus di ujung sel pengecap (*teste buds*) yang terdapat di permukaan lidah dan *palatum molle*. Proses ini bergantung saraf sensor karena jika saraf tersebut terpotong maka akan terjadi degenerasi pada pengecap (Jenny, 2007).

Taste buds mengandung sel reseptor kecap (*gustatoris*), terletak di dalam epitel mulut (berlapis gepeng), terutama pada papila, tetapi dapat juga dijumpai di tempat lain dalam rongga mulut, palatum, dan epiglotis (Roland 1996). *Taste buds* memiliki beberapa tipe reseptor rasa, setiap tipe ini akan mendeteksi satu jenis rasa dari 5 rasa dasar yaitu, asam, asin, manis, pahit, dan umami. Seluruh rasa ini dapat dirasakan oleh seluruh permukaan lidah, tetapi satu jenis rasa akan lebih sensitif pada daerah tertentu (Jacewicz, 2008).



Gambar 2.1 *Taste buds* pada lidah (Hermanto, 2012)

2.3 Fisiologi Lidah

Terdapat 4 tipe rasa dasar pada lidah yaitu asam, asin, manis, dan pahit. Seluruh rasa ini dapat dirasakan oleh seluruh permukaan lidah. Rasa manis dan rasa asin dirasakan pada ujung lidah, asam pada samping lidah dan pahit pada daerah sekitar papila *sirkumvalata*. Keempat rasa ini dikenal dengan istilah sensasi rasa primer (Don W 2002). Selain itu, ada rasa kelima yang telah teridentifikasi yakni umami yang dominan ditemukan pada glutamat (Marya 2002).

a. Rasa Manis

Gula atau pemanis buatan tidak langsung masuk sel rasa, tetapi memicu dulu perubahan di dalam sel. Senyawa tersebut akan terikat reseptor pada permukaan sel rasa yang digandeng dengan molekul G-protein. Dinamakan G-protein karena untuk aktivitasnya protein ini diatur oleh Guanin Trifosfat (Irianto, 2012). Beberapa jenis zat kimia yang menyebabkan rasa ini meliputi gula, glikol, alkohol, aldehida, keton, amida, ester, asam amino, asam sulfonat,

asam halogen, dan garam anorganik dari timah hitam dan berilium. Hampir semua zat yang menyebabkan rasa manis merupakan zat kimia organik, satu-satunya zat anorganik yang menimbulkan rasa manis merupakan garam-garam tertentu dari timah hitam dan berilium (Guyton 2009).

b. Rasa Asam

Ion hidrogen dalam larutan dapat menyebabkan sensasi rasa asam. Ion ini bereaksi terhadap sel rasa dalam tiga cara yaitu, dapat masuk ke dalam sel secara langsung, memblokir kanal ion kalium pada mikrovili, dan mengikat kanal bukaan di mikrovili, sehingga ion-ion positif dapat masuk dalam sel rasa. Muatan positif ini akan berakumulasi dan mendorong terjadinya depolarisasi yang dapat melepaskan *neurotransmitter* dan menyalurkan sinyal ke otak (Irianto, 2012).

c. Rasa Asin

Garam dapur atau Natrium Klorida (NaCl) adalah satu contoh dari garam yang dapat menimbulkan sensasi rasa asin. Ion natrium masuk melalui kanal ion pada mikrovili bagian apikal, atau lewat kanal pada basolateral (sisi) sel rasa, hal inilah yang akan membangunkan sel rasa tersebut (Irianto, 2012). Kualitas rasa asin sedikit berbeda dari satu garam dengan garam lainnya karena beberapa jenis garam juga mengeluarkan rasa lain disamping rasa asin (Guyton, 2009).

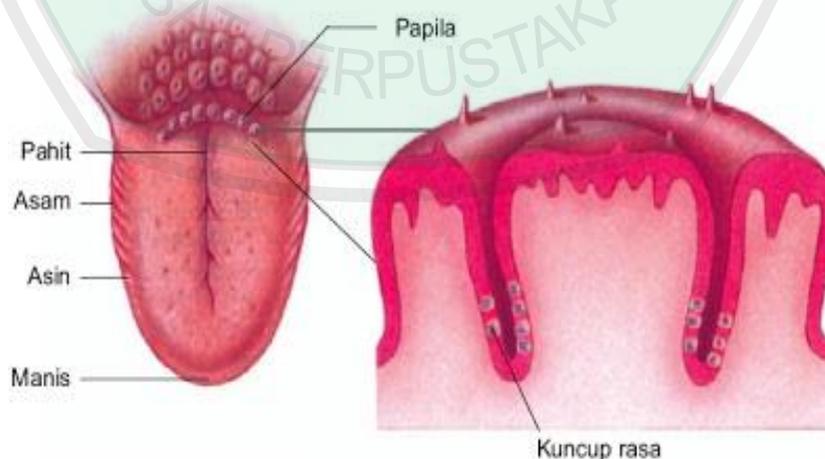
d. Rasa Pahit

Seperti rasa manis, rasa pahit tidak disebabkan suatu jenis agen kimia. Pembagian kelas zat yang sering menyebabkan rasa pahit adalah zat organik

rantai panjang yang berisi nitrogen dan alkaloid yang terdiri dari banyak obat yang digunakan dalam kedokteran seperti kuinin, kafein, strikmin, dan nikotin (Irianto, 2012), misalnya kuinin, zat ini bereaksi melalui G-protein bersama reseptor dan second messenger. Namun, hanya *second messenger* yang mampu mendorong pelepasan ion kalsium dari retikulum endoplasma. Depolarisasipun terjadi akibat terakumulasinya ion kalsium, dan terjadi juga pelepasan *neurotransmitter* (Guyton 2009).

e. Rasa Umami

Umami berasal dari Bahasa Jepang yang berarti “Meaty” atau “Savory” (enak, sedap, lezat). Rasa umami ditimbulkan oleh glutamat, yaitu asam amino yang banyak terdapat pada protein daging dan ikan. Zat ini bereaksi melalui G-protein bersama reseptor atau *second messenger*. Namun, belum diketahui tahapan antara *second messenger* dan pelepasan *neurotransmitter* (Irianto, 2012).



Sumber: *Biology*, Raven dan Johnson

Gambar 2.2 Letak Papila di Lidah dan Bagian-Bagian Lidah yang Mampu Merasakan Rasa Pahit, Asam, Asin, dan Manis (Raven dan Johnson, 2005).

2.4 Zat yang Merangsang Reseptor Rasa

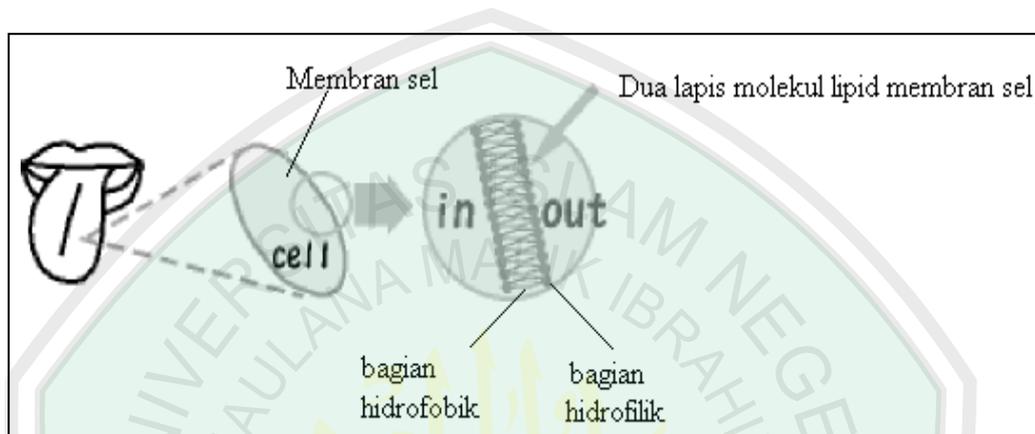
Sel reseptor merespon senyawa yang dilarutkan dalam cairan mulut. Senyawa ini bekerja atas mikrovilli yang terpapar dalam pori pengecapan untuk membangkitkan potensi generator di dalam sel reseptor sehingga membentuk potensial aksi di dalam neuron sensorik. Rasa garam mendepolarisasikan sel reseptor asin oleh aliran masuk Na^+ melalui saluran pasif. Karena pengosolan deuretik penghambat saluran *natrium amyloid* (Syarifudin, 2009).

Rangsangan asam mendepolarisasikan sel reseptor oleh penghambat H^+ atas saluran K^+ . Senyawa yang mengecap akan terikat pada reseptor membran dan melalui *general practiner* (GP) akan mengaktifasi *fosfolipase C* dengan peningkatan dalam intra potensial (IP) Intra sel dan melepaskan Ca^{2+} dari reticulum endoplasma (Syarifudin, 2009).

Senyawa yang bercita rasa manis terikat ke reseptor membran melalui *Glutation Siclase* (GS) kemudian mengaktifasi *adenilat siklase*, akibatnya meningkatkan AMP siklik intrasel *Adenosin Mono Fosfat* (AMP) siklik yang bekerja melalui *protein kinase A* untuk mengurangi konduktansi K^+ dengan memfosfirilasi (masuknya gugus fosfat kedalam senyawa organik) saluran K^+ . Tingkat sensitivitas lidah seseorang mempengaruhi kemampuan mengecap suatu rasa. Ada beberapa hal yang mempengaruhinya sensitivitas lidah yaitu struktur dari lidah (Syarifudin, 2009).

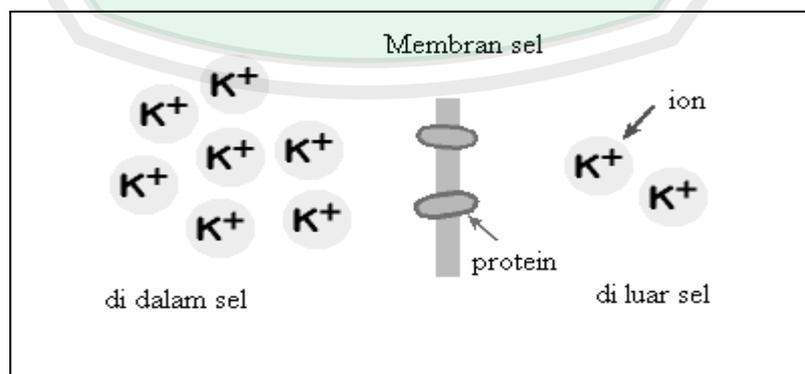
Salah satu fungsi dari membran sel adalah sebagai lalu lintas molekul dan ion secara dua arah. Molekul yang dapat melewati membran sel antara lain ialah molekul hidrofobik (CO_2 , O_2), dan molekul polar yang sangat kecil (air, etanol).

Sementara itu, molekul lainnya seperti molekul polar dengan ukuran besar (glukosa), ion, dan substansi hidrofilik membutuhkan mekanisme khusus agar dapat masuk ke dalam sel (Irawan, 2008).



Gambar 2.3 Membran sel pada lidah manusia (Toko, 2000)

Dalam air, membran menjadi bermuatan listrik karena bagian hidrofilik molekul lipid terionisasi. Pada bagian dalam dan luar sel terdapat perbedaan konsentrasi senyawa, misalnya senyawa garam (KCl) yang menyebabkan terjadinya proses aliran ion pada membran sel seperti yang dilukiskan dalam Gambar 2.4.



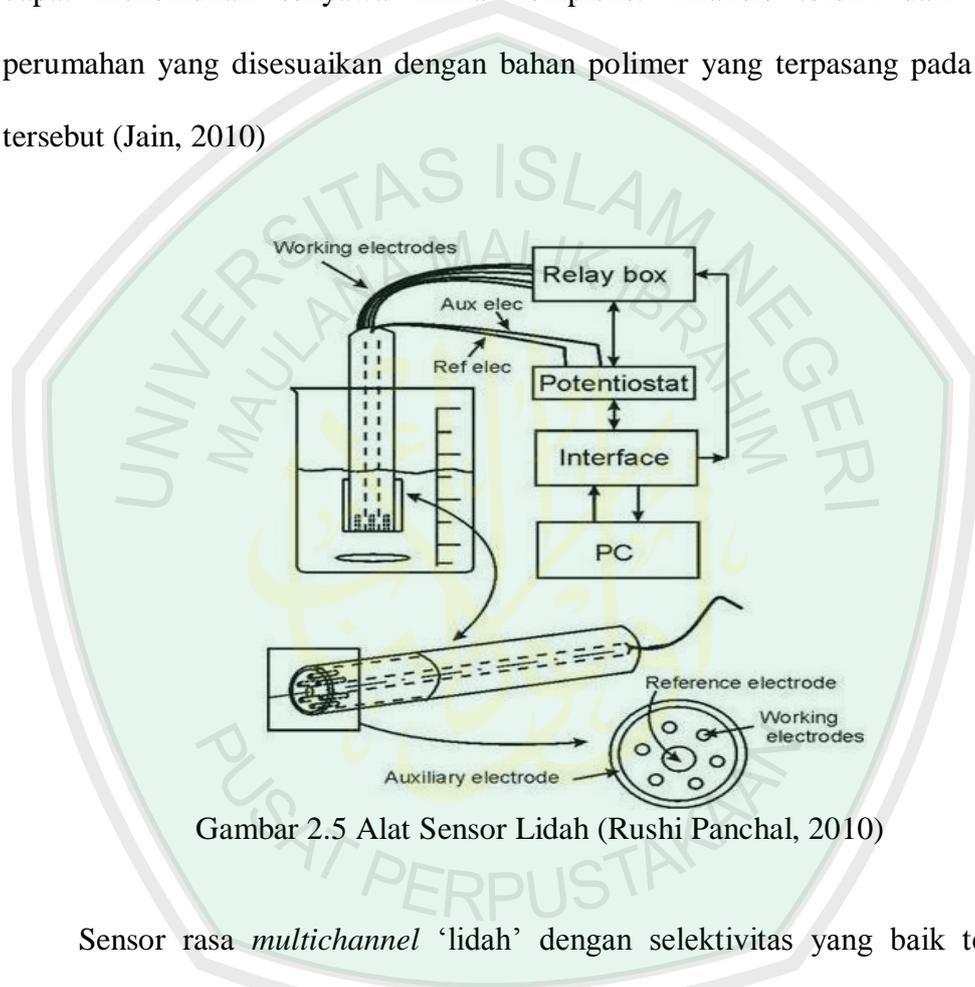
Gambar 2.4 Proses aliran ion pada membran sel (Toko, 2000)

Dari Gambar 2.4, ion K^+ mengalir dari dalam ke luar sel karena membran melewati ion K^+ dan konsentrasi di dalam sel lebih besar dari pada di luar sel. Aliran ion K^+ tersebut menimbulkan aliran listrik yang menyebabkan terjadinya perbedaan potensial listrik antara di dalam dan di luar sel yang disebut potensial membran. Potensial ini dipengaruhi oleh berbagai macam substansi kimia (jenis makanan) yang terkandung di luar sel. Pada manusia, perbedaan potensial tersebut dikirim ke otak dan diterjemahkan sebagai kualitas rasa. Setiap jenis makanan akan membentuk pola potensial masing-masing yang khas sehingga untuk sistem sensor rasa harus dilengkapi dengan sistem pengenalan pola (*pattern recognition sistem*). Makanan yang mempunyai kualitas rasa sama akan membentuk pola potensial yang sama atau hampir sama, misalnya KCl dan NaCl yang berkualitas rasa asin akan membentuk pola potensial yang sama. Sedangkan makanan yang mempunyai kualitas rasa beda akan membentuk pola potensial yang berbeda pula, misalnya pola MSG (umami) akan berbeda dengan pola KCl (asin) (Iiyama, et al, 1998).

2.5 Sensor Pendeteksi Rasa

Sensor lidah awalnya dikembangkan oleh University of Texas terdiri dari sumber cahaya, sensor array dan detektor. Sumber cahaya yang bersinar ke manik-manik polimer kimia diadaptasi dan diatur ukuran wafer silicon, atau yang dikenal chip sensor. Manik-manik akan berubah warna berdasarkan kualitas bahan kimia tertentu. Perubahan warna ditangkap oleh digital dan sinyal yang dihasilkan dan diubah menjadi data menggunakan komputer. Teknologi ini dapat diterapkan pada pengukuran bahan kimia, senyawa, seperti kalsium karbonat

dalam air, hingga menjadi senyawa organik kompleks. Selain itu untuk membantu dalam campuran diskriminatif analisis, racun atau bakteri dalam medis, makan/minuman. Dari analisis *electronic tongue technology* Universitas Texas, dapat menemukan senyawa kimia kompleks. Analisis terdiri dari limbah perumahan yang disesuaikan dengan bahan polimer yang terpasang pada sensor tersebut (Jain, 2010)



Gambar 2.5 Alat Sensor Lidah (Rushi Panchal, 2010)

Sensor rasa *multichannel* 'lidah' dengan selektivitas yang baik terdapat beberapa lipid/polimer membran yang mengubah informasi zat yang dihasilkan dalam bentuk rasa menjadi sinyal listrik. Sinyal yang didapat dianalisis dengan komputer dan *output* sensor telah menunjukkan hasil pola yang berbeda untuk masing-masing kelompok bahan kimia dan zat rasa yang sama dengan menggunakan sensor rasa. Bentuk rasa seperti minuman dan makanan dapat diaplikasikan secara kuantitatif. Meskipun sensor rasa hanya diterapkan untuk

rasa, tetapi dalam perkembangan sensor untuk evaluasi berbagai produk makanan semakin berkembang (Nakamura, 2002),

Delapan membran lipid dengan sensor *multichannel* yang berbeda diterapkan pada media sensor yang dihubungkan dan dikendalikan oleh komputer adalah metode pengindraan tentang rasa yang telah banyak digunakan di beberapa aplikasi dengan alat industri yang berbeda. Terutama dapat mengetahui tentang perbedaan dan penilaian kualitas rasa pada minuman. Dalam suatu penelitian sampel dianalisis dengan baik menggunakan panel sensorik atau sistem pengindraan rasa. Panel sensorik yang mengungkapkan tentang rasa yang berbeda dalam parameter ketajaman yang dibandingkan dengan kadar kandungan antara besar dan ringan. Pola *output* dari sensor rasa dianalisis menggunakan PCA (*Principal Component Analysis*) pengamatan akan didapat hasil yang baik apabila komponen utamanya terhubung dengan baik terhadap rasa yang memiliki sifat kepekaan rasa yang besar dibandingkan dengan rasa ringan, dan komponen keduanya terhubung dengan parameter ketajaman yang dibandingkan dengan rasa ringan. Selain itu, air mineral telah memberikan suatu pelajaran dengan cara sistem penginderaan. Sensor rasa juga banyak digunakan untuk mengetahui merek produk minuman yang berbeda serta pemantauan proses fermentasi kedelai tempe, membedakan rasa susu atau kopi dengan pemantauan kualitas air (Chang, 2008).

2.6 Membran pada Sensor

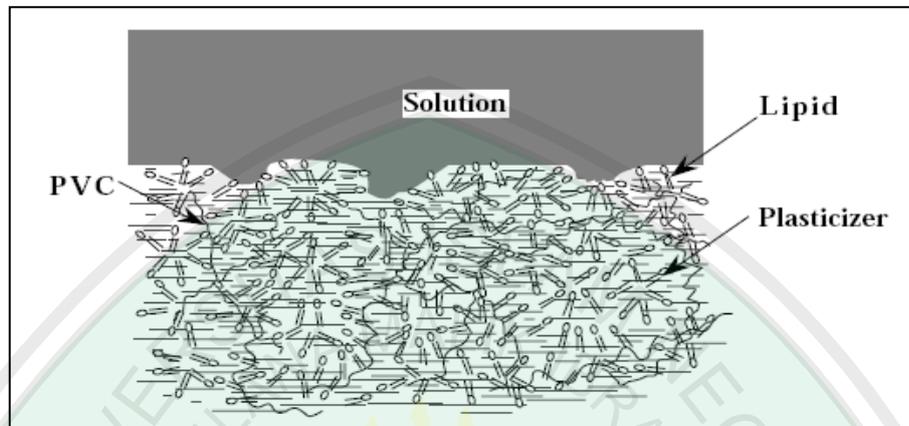
Membran dapat didefinisikan sebagai lapisan pemisah dua fasa dan mengatur perpindahan masa dari ke dua fasa yang terpisah. Membran adalah bahan yang dapat memisahkan dua komponen dengan cara spesifik, yaitu dengan

menahan atau melewati salah satu komponen lebih cepat dari komponen lainnya. Membran dapat dibuat dengan menggunakan beberapa metode antara lain pelelehan, pengepresan, *tracketching*, dan pembalikan fase. Berdasarkan bahan pembuatan membran dibagi menjadi dua golongan, yaitu membran dengan bahan organik dan anorganik. Beberapa jenis lipid digunakan untuk memberi informasi bagian utama. Dalam sensor membran merupakan sistem biologis sebagai perangsang (Gea, 2005).

Komponen utama penyusun membran adalah lipid/polimer sebagai zat aditif lipofilik, dioktil ftalat (DOP) sebagai plasticizer, *polivinil klorida* (PVC) sebagai matriks pendukung, dan THF. Setiap bahan mempunyai peranan masing-masing dalam membran. Lipid mempunyai fungsi yang sama dengan lipid pada membran biologi yaitu menyaring ion-ion yang melewati membran (penentu selektivitas). Plasticizer sebagai pelarut membran (Mulder, 1996; Thomas, 1986; Attiyat, dkk., 1988 dalam Kadidae, 2000) agar lebih lentur. PVC seperti plastik yang keras mempunyai peran mensupport membran agar lebih kuat. Sedangkan THF berfungsi untuk melarutkan komponen-komponen penyusun membran yang lain serta membantu mempercepat proses pengeringan membran (Kadidae, 2000).

Adanya gugus karboksil pada kedudukan tertentu dalam struktur polimer membran polimer cair dengan matriks PVC, menyebabkan membran mempunyai muatan tetap negatif. Senyawa asam oleat mempunyai sifat nonpolar pada salah satu ujungnya (alkena) dan polar pada ujung lainnya (karboksil). Hal ini menyebabkan orientasi dari kedua gugus tersebut pada permukaan membran menjadi berbeda ketika dihubungkan dengan larutan sampel. Ujung yang polar

berorientasi ke arah sistem *aqueous*, dan ujung yang nonpolar ke pusat membran, seperti tampak pada gambar 2.9 dibawah ini (Evans, 1991):



Gambar 2.6 Model Membran Lipid (Evans, 1991)

Apabila membran dicelupkan dalam larutan yang mengandung kation X^+ , akan terjadi proses pertukaran ion seperti persamaan (2.1) berikut (Evans, 1991):



RCO_2^- disebut material aktif membran, karena material ini yang berikatan dengan ion sampel (Evans, 1991).

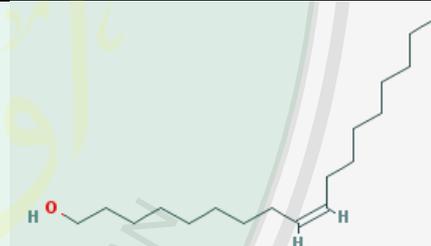
Tabel 2.1 Bahan Lipid yang Sering Digunakan dalam Pembuatan Sensor Lidah

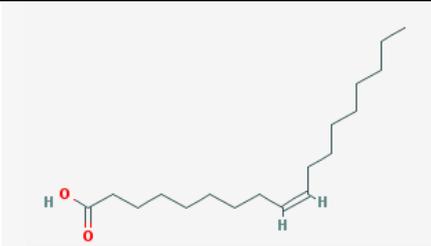
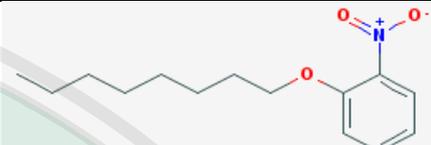
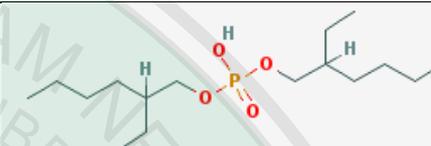
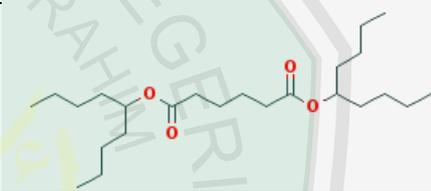
Sensor chanel	1	2	3	4
Lipid type	Decyl alcohol (DA)	Oleic acid	Diocetyl phosphate (DOP)	DOP:TOM A = 5:5
Sensor chanel	5	6	7	8
Lipid type	DOP TOMA =3:7	Triocetyl methyl ammonium clorida (TOMA)	Oleyl amine	DOP:TOM A =9:1

Delapan jenis analog lipid (tabel 2.1) digunakan untuk persiapan pembuatan membran. Bahan lipid dan susunan sensor *array*, dengan penambahan (DOP;TOMA) setiap lipid dicampur dalam gelas kecil dengan 200 mg dengan polivinil klorida (PVC) dan 0,25 ml plasticizer. Dan dilarutkan dalam 10 ml tetrahidrofuran (THF) yang kemusian dicampurkan ke dalam cicin yang sudah dicetak pada plat probe dan didiamkan selama 24 jam untuk memungkinkan pelarut menguap (Moh Noor Ahmad, 2006).

Lipid dan Plasticizer yang sering digunakan dalam pembuatan lidah elektronika antara lain (Wipo, 2014):

Tabel 2.2 Karakteristik Lipid dan Plasticizer

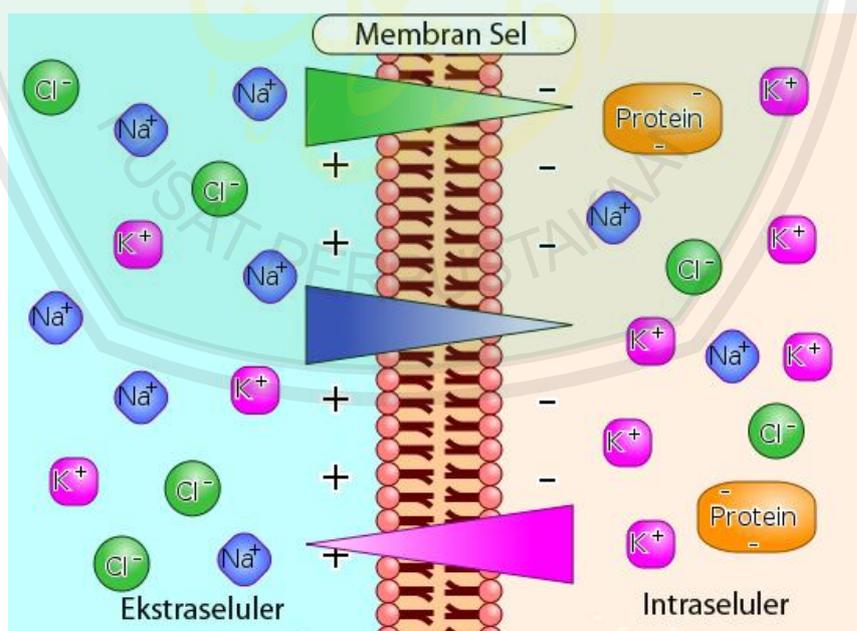
Bahan	Rumus	Sifat	Struktur
<i>Oleyl alcohol</i>	$C_{18}H_{36}O$	berbentuk cair, biasanya berwarna kuning	
<i>Methyltrioctylammonium chloride</i>	$C_{26}H_{50}N$	berbentuk cair	
<i>Octadecylamine</i>	$C_{18}H_{39}N$	padat, berwarna putih, tidak larut dalam air, kurang padat dari pada air, menyebabkan iritasi bila dikonsumsi,	

<i>Oleic Acid</i>	$C_{18}H_{34}O_2$	tidak berwarna, berwarna kuning sampai coklat bila ditempatkan di udara terbuka.	
<i>2-Nitrophenyl octyl eter (2-NPOE)</i>	$C_{14}H_{21}NO_3$	-	
<i>Bis(2-Ethylhexyl)phosphate</i>	$C_{16}H_{35}O_4P$	-	
<i>Bis(1-butylpentyl)adipate</i>	$C_{24}H_{46}O_4$	-	
<i>Bis(2-Ethylhexyl)sebacate</i>	$C_{26}H_{50}O_4$	cair, berwarna kuning pucat, bau tidak menyengat, larut dalam air	

2.7 Potensial Membran

Potensial membran (Bahasa Inggris: *membran potential*, $\Delta\Psi$) adalah beda potensial elektrik antara dinding sebelah luar dan sebelah dalam dari suatu membran sel yang berkisar antara -200 hingga -50 milivolt (tanda minus menunjukkan bahwa di dalam sel bersifat negatif dibandingkan dengan di luarnya). Semua sel memiliki tegangan melintasi membran plasmanya, dimana tegangan ialah energi potensial listrik-pemisahan muatan yang berlawanan. Sitoplasma sel bermuatan negatif dibandingkan dengan fluida ekstraseluler disebabkan oleh distribusi anion dan kation pada sisi membran yang berlawanan

yang tidak sama. Potensial membran bertindak seperti baterai, suatu sumber energi yang mempengaruhi lalu lintas semua substansi bermuatan yang melintasi membran. Karena di dalam sel itu negatif dibandingkan dengan di luarnya, potensial membran ini mendukung transpor pasif kation ke dalam sel dan anion ke luar sel. Dengan demikian, dua gaya menggerakkan difusi ion melintasi suatu membran: gaya kimiawi (gradien konsentrasi ion) dan gaya listrik (pengaruh potensial membran pada pergerakan ion). Kombinasi kedua gaya yang bekerja pada satu ion ini disebut gradien elektrokimiawi. Perubahan lingkungan dapat memengaruhi potensial membran dan sel itu sendiri, sebagai contohnya, depolarisasi dari membran plasma diduga memicu apoptosis (kematian sel yang terprogram). Gambar 2.10 di bawah menunjukkan interaksi ion pada membran sel (Evans, 1991).



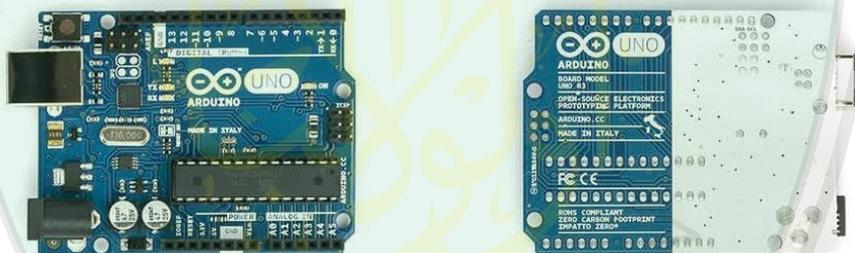
Gambar 2.7 Interaksi ion terhadap membran sel
(http://id.wikipedia.org/wiki/Berkas:Membran_potential_ions, 2011)

2.8 Arduino

Arduino memiliki dua bagian utama yaitu *Arduino Board*, yang merupakan *hardware* yang digunakan untuk menjalankan *project* yang telah dibangun, dan *Arduino IDE*, adalah *software* yang dapat dijalankan di PC. *Arduino IDE* digunakan untuk membuat “*sketch*” (sebuah program kecil komputer) yang dapat diunggah ke *Board* Arduino. “*Sketch*” yang telah dibuat akan mengendalikan kerja *board* Arduino (Banzi, 2009).

2.8.1 Hardware Arduino

Board arduino adalah *board* mikrokontroler kecil yang mempunyai kemampuan komputer dalam *chip* kecil (mikrokontroler). *chip* ini sekitar 1000 kali lebih hebat dari *Macbook*, tapi Arduino mempunyai harga yang jauh lebih murah dan sangat bermanfaat untuk membangun perangkat yang menarik (Banzi, 2009).



Gambar 2.8 Arduino Uno R3 (<http://www.arduino.cc>)

Pada gambar di atas terlihat *chip* hitam dengan 28 kaki, *chip* tersebut adalah IC Mikrokontroler 328, jantung dari *board* Arduino Uno. Tim Arduino telah menempatkan komponen-komponen yang dibutuhkan oleh mikrokontroler untuk bekerja dengan baik dan dapat berkomunikasi dengan PC (Banzi, 2009)

2.8.2 Software Arduino (Arduino IDE)

Arduino IDE adalah singkatan dari (*Integrated Development Environment*) merupakan program spesial yang bekerja di PC yang dapat membantu pengguna *Board* Arduino untuk menulis “*Sketch*” untuk *Board* Arduino dalam model

bahasa yang sederhana menurut *Processing language*(www.processing.org). Keajaiban terjadi ketika tombol *Upload* ditekan, *code* yang telah ditulis dan diterjemahkan ke dalam bahasa C (salah satu bahasa pemrograman), dan akan melewati *avr-gcc compiler* dan pada akhirnya akan menjadi bahasa yang dapat dimengerti oleh mikrokontroler (Banzi, 2009).

2.9 Arduino Uno



Gambar 2.9 Board Arduino Uno (Simanjuntak, 2012)

Berikut ringkasan singkat spesifikasi Arduino Uno (arduino.cc):

Tabel 2.3 Spesifikasi Arduino Uno

Microcontroller	Atmega328P
Operating Voltage	5V
<i>Input Voltage</i> (recommended)	7-12V
<i>Input Voltage</i> (limits)	6-20V
Digital I/O Pins	14 (of which 6 provide PWM <i>output</i>)
PWM Digital I/O Pins	6
Analog <i>Input</i> Pins	6
DC Current per I/O Pin	20 Ma
DC Current for 3.3V Pin	50 Ma
Flash Memory	32 KB of which 0.5 KB used by bootloader

SRAM	2 KB
EEPROM	1 KB
Clock Speed	16 MHz

2.10 Arduino Mega 2560

Arduino mega 2560 adalah papan mikrokontroler berdasarkan ATmega2560 (datasheet). Arduino mega 2560 memiliki 54 digital pin *input/output* (15 dapat digunakan sebagai *output* PWM), 16 *input* analog, 4 UART (*hardware* port serial), 16 MHz osilator kristal, koneksi USB, jack power, header ICSP, dan tombol reset. Arduino mega 2560 berisi semua yang diperlukan untuk mendukung mikrokontroler; hanya menghubungkannya ke komputer dengan kabel USB atau memberikan daya dengan adaptor AC-DC atau baterai untuk memulai (arduino.cc).



Gambar 2.10 Arduino Mega 2560 (www.arduino.cc)

Tabel 2.4 Spesifikasi Arduino Mega 2560

Microcontroller	ATmega2560
Operating Voltage	5V
<i>Input</i> Voltage (recommended)	7-12V
<i>Input</i> Voltage (limits)	6-20V
Digital I/O Pins	54 (of which 15 provide PWM <i>output</i>)
Analog <i>Input</i> Pins	16
DC Current per I/O Pin	40 mA
DC Current for 3.3V Pin	50 mA

Flash Memory	256 KB of which 8 KB used by bootloader
SRAM	8 KB
EEPROM	4 KB
Clock Speed	16 MHz

2.11 NI LabVIEW

LabVIEW adalah bahasa pemrograman grafis yang menggunakan ikon dan tidak menggunakan baris teks untuk membuat aplikasi. Berbeda dengan pemrograman berbasis script, dimana instruksi menentukan pelaksanaan program, LabVIEW menggunakan pemrograman aliran data, dimana aliran data menentukan eksekusi (National Instruments, 2001).

LabVIEW adalah singkatan dari *Laboratory Virtual Instrumentation Engineering Workbench*. LabVIEW adalah *software* grafis yang sangat baik untuk akuisisi sinyal, analisis pengukuran, dan penyajian data, memberikan fleksibilitas bahasa pemrograman tanpa kompleksitas alat pengembangan tradisional. Sejak tahun 1986, ketika National Instruments LabVIEW diperkenalkan untuk Macintosh, LabVIEW dengan cepat dan konsisten menarik insinyur dan ilmuwan dan menggunakan LabVIEW untuk penelitiannya, bahasa pemrograman yang kuat untuk digunakan dalam pengujian, kontrol dan aplikasi desain (Sumathi, 2007).

Hari ini, LabVIEW menjadi aplikasi pengembangan berbasis grafis yang lebih disukai ribuan insinyur dan ilmuwan. Dengan perangkat lunak yang tepat, insinyur dan ilmuwan dapat secara efisien membuat aplikasi mereka sendiri, dengan merancang dan mengintegrasikan dalam proses tertentu (Sumathi, 2007).

2.12 Sensor pH

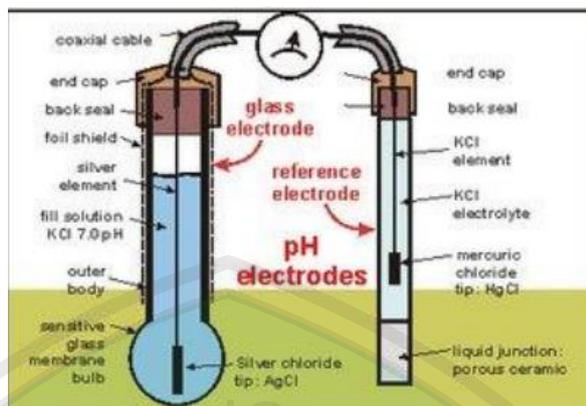
pH adalah suatu satuan ukur yang menguraikan derajat tingkat kadar keasaman atau kadar alkali dari suatu larutan. Unit pH diukur pada skala 0 sampai 14. Istilah pH berasal dari “p” lambang matematika dari negatif logaritma, dan

“H” lambang kimia untuk unsur Hidrogen. Definisi yang formal tentang pH adalah negatif logaritma dari aktivitas ion Hidrogen. Yang dapat dinyatakan dengan persamaan (Purba, 1995):

$$\text{pH} = -\log [\text{H}^+]\dots\dots\dots(2.2)$$

Pada prinsipnya pengukuran suatu pH adalah didasarkan pada potensial elektro kimia yang terjadi antara larutan yang terdapat di dalam elektroda gelas (membran gelas) yang telah diketahui dengan larutan yang terdapat di luar elektroda gelas yang tidak diketahui. Hal ini dikarenakan lapisan tipis dari gelembung kaca akan berinteraksi dengan ion hidrogen yang ukurannya relatif kecil dan aktif, elektroda gelas tersebut akan mengukur potensial elektrokimia dari ion hidrogen atau diistilahkan dengan *potential of hydrogen*. Untuk melengkapi sirkuit elektrik dibutuhkan suatu elektroda pembanding. Sebagai catatan, alat tersebut tidak mengukur arus tetapi hanya mengukur tegangan (Purba, 1995).

pH meter akan mengukur potensial listrik (pada gambar alirannya searah jarum jam) antara merkuri Chloride (HgCl) pada elektroda pembanding dan potassium chloride (KCl) yang merupakan larutan di dalam gelas elektroda serta potensial antara larutan dan elektroda perak. Tetapi potensial antara sampel yang tidak diketahui dengan elektroda gelas dapat berubah tergantung sampelnya, oleh karena itu perlu dilakukan kalibrasi dengan menggunakan larutan yang equivalen yang lainnya untuk menetapkan nilai dari pH (Purba, 1995).



Gambar 2.11 Skema Elektrode pH meter (Purba, 1995)

Elektroda pembanding calomel terdiri dari tabung gelas yang berisi kalium chloride (KCl) yang merupakan elektrolit yang mana terjadi kontak dengan mercuri chloride (HgCl) di ujung larutan KCl. Tabung gelas ini mudah pecah sehingga untuk menghubungkannya digunakan keramik berpori atau bahan sejenisnya. Elektroda semacam ini tidak mudah terkontaminasi oleh logam dan unsur natrium. Elektroda gelas terdiri dari tabung kaca yang kokoh yang tersambung dengan gelembung kaca tipis yang. Di dalamnya terdapat larutan KCl sebagai buffer pH 7. Elektroda perak yang ujungnya merupakan perak kloride (AgCl_2) dihubungkan kedalam larutan tersebut. Untuk meminimalisir pengaruh elektrik yang gak diinginkan, alat tersebut dilindungi oleh suatu lapisan kertas pelindung yang biasanya terdapat di bagian dalam elektroda gelas (Purba, 1995).

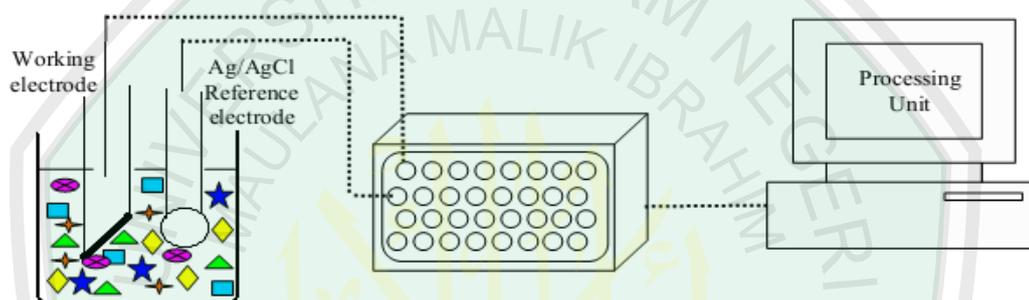
Sensor yang biasa digunakan untuk mengukur pH adalah elektroda yang sensitif terhadap ion atau disebut juga elektroda gelas. Elektroda ini tersusun dari batang elektroda (terbuat dari gelas yang terisolasi dengan baik) dan membran gelas (yang berdinding tipis dan sensitif terhadap ion H^+). Sebuah acuan terdapat

pula elektroda acuan. Kedua elektroda ini ada yang berdiri sendiri-sendiri dan ada juga yang tergabung menjadi satu kesatuan, biasa disebut elektroda kombinasi. Elemen sensor pengukur pH terdapat di tengah-tengah, dilingkupi oleh larutan perak-perak klorida (Ag-AgCl). Bagian bawah dari elemen sensor ini berhubungan dengan membran gelas dan berisi larutan perak-perak klorida. Kontak ionik dari larutan perak-perak klorida terhadap sampel terjadi melalui penghubung keramik. Penghubung ini bertindak sebagai suatu membran selektif yang hanya meloloskan arus-arus ionik tertentu. Secara alami, impedansi keluaran elektroda gelas sangat besar (karena proses kimia yang terjadi pada permukaan elektroda), besarnya antara 50-500 $\text{M}\Omega$ sehingga pada alat pengukur diperlukan impedansi masukan yang sangat besar (Purba, 1995).

2.13 Prinsip Pengolahan Data Sensor Lidah

Terdapat beberapa prinsip pengukuran yang memiliki potensi yang dapat digunakan dalam sensor lidah, yang terpenting didasarkan pada teknik elektrokimia seperti potensiometri, voltmetri dan konduktivimetri, membran. Penggunaan pengukuran elektrokimia bertujuan untuk menganalisis dan menemukan berbagai kandungan dan konsentrasi baru. Terdapat dua dasar prinsip elektrokimia diantaranya, potensiometri dan voltmetri. Kedua prinsip tersebut untuk dapat memperoleh muatannya dibutuhkan dua elektroda dan larutan elektrolit. Suatu elektroda merespon molekul target dan disebut elektroda kerja. Terdapat dua konstanta potensi yang disebut dengan *reference electrode*. Potensiometri adalah teknik pada saat awal pengambilan sampel, dimana bagian permukaan pada saat alat bekerja dalam pengukuran. Berbagai jenis bahan

membran dikembangkan untuk dapat mengukur benda dengan jenis perangkat yang banyak digunakan dalam pengukuran cairan ion dengan jumlah besar, yang terpenting adalah elektroda pH. Contoh elektroda untuk kalsium, kalium, natrium dan klorida. Dalam teknik voltmetri potensial elektroda yang digunakan untuk menggerakkan kerja membran dan memberikan reaksi dan arus yang dihasilkan pada saat pengukuran (Ahmad, 2006).

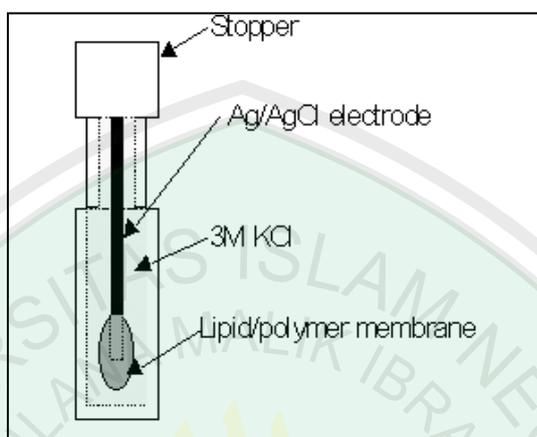


Gambar 2.12 Skema Diagram Buatan, dengan Membran Polimer-Lipid Berbasis Sensor (Ahmad, 2006)

2.14 Sistem Rasa Manusia dan Sistem Buatan

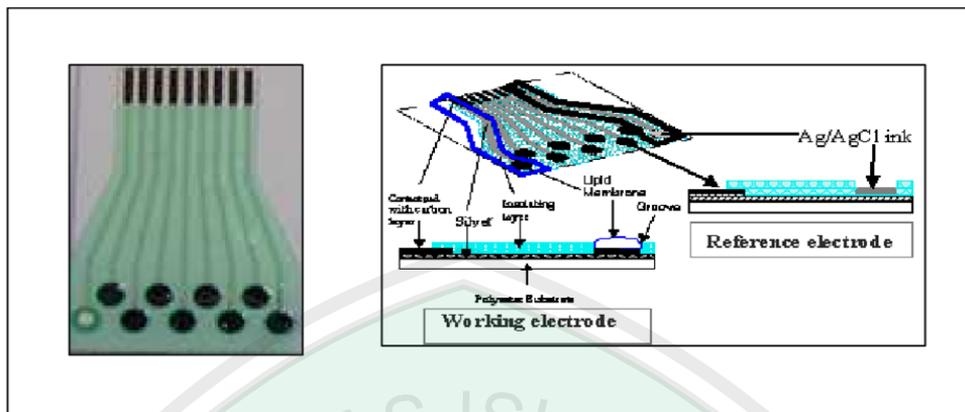
Bentuk data untuk analisis rasa muncul dari jenis dan variasi zat reseptor, yaitu rasa selera, yang terletak di bagian lidah. Interaksi kimia pada reseptor yang menyebabkan perubahan kimia dan menghasilkan aliran lewat saraf. Aliran yang disalurkan lewat saraf akan menuju ke otak yang menyebabkan adanya respon tentang persepsi rasa. Persepsi rasa yang dihasilkan melalui proses pembelajaran dari data yang sudah diatur. Bentuk dari berbagai rasa dari membran sensorik buatan yang disarankan pada prinsip-prinsip biologis rasa sensor pada manusia. Sensor rasa yang bekerja sebagai reseptor dan juga jaringan saraf yang memberikan peran yang mirip dengan otak manusia untuk mengenali rasa .

Gambar 2.7 menunjukkan bagian susunan bentuk sensor untuk mengenali rasa (Shya, 2008).



Gambar 2.13 Diagram Detektor Sensor (Technical Review, 2002)

Lidah elektronik terdiri dari beberapa lipid dan elektroda kerja yang bekerja sama dan salah satu sebagai elektroda reference. Dibuat dengan menggunakan teknologi pencetak pada bidang tipis yang sesuai dengan metode yang berkembang sekarang. Proses yang dilakukan dengan langkah-langkah yang sesuai dengan prosedur dalam pembuatan lidah elektronik diantaranya, jumlah membran yang diperlukan, membuat tempat bagi elektroda aktif. Membuat penempatan jalur ke *interface*. Tambahkan Ag/AgCl sebagai elektroda *reference*. Gambar 2.16 ditunjukkan tampilan tebal tempat membran dan desain pembuatan lidah elektronik (Chang, 2008).



Gambar 2.14 (a).Tampilan depan jalur sensor (b). gambar lintasan dan strip sensor (Chang, 2008)

2.15 Kualitas Membran

Kualitas membran ditentukan oleh besaran-besaran karakteristik yang meliputi selektivitas, batas deteksi, waktu respon dan Faktor Nernst (Evans, 1991):

a. Selektivitas

Selektivitas didefinisikan sebagai kemampuan membran dalam memberikan respon terhadap ion-ion tertentu. Dalam penelitian ini, membran memberikan respon terhadap kation sampel (Evans, 1991).

b. Batas deteksi (deteksi limit)

Batas deteksi merupakan konsentrasi minimum sampel yang dapat dideteksi dengan tingkat kepercayaan tertentu (Skoog, 1985, dalam Aprilita, 2000).

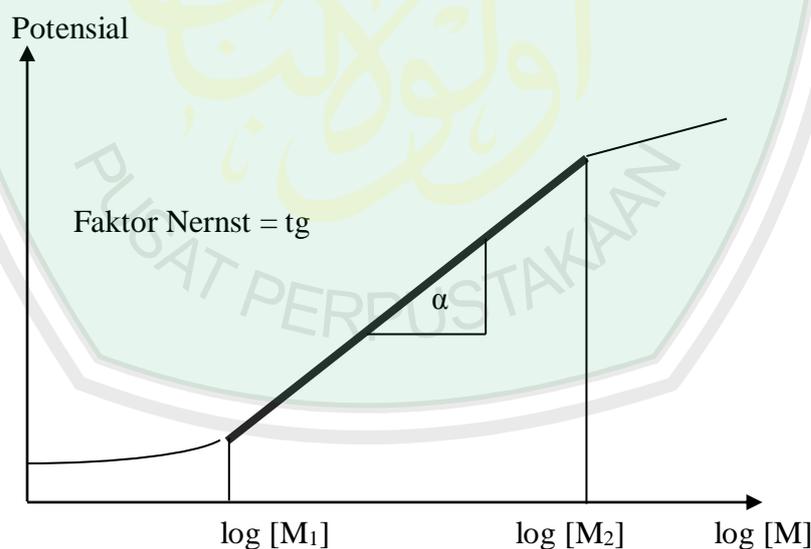
c. Waktu respon

Waktu respon didefinisikan sebagai waktu yang diperlukan bagi suatu elektroda selektif ion untuk memberikan respon potensial yang konstan atau ukuran efisiensi waktu yang diperlukan untuk bekerja dengan ESI. Waktu respon dipengaruhi oleh transfer ion (Morf dan Simon, 1981, dalam Aprilita,

2000), konsentrasi analit dan kecepatan pengadukan (Atikah, 1994, dalam Aprilita, 2000), jenis membran, volume sampel, dan suhu (Evans, 1991).

d. Faktor Nernst

Faktor Nernst merupakan ukuran sensitivitas dari suatu elektroda selektif ion (Buck and Lindner, 1994). Faktor Nernst dapat diperoleh dengan cara membuat kurva potensial sel terukur terhadap logaritma konsentrasi ion seperti pada Gambar 3.7. Pada suatu rentang nilai konsentrasi tertentu akan diperoleh suatu kurva yang linear dengan slope 59,1 mV perdekade (persamaan 3.4). Jadi idealnya suatu ESI dengan sampel yang memiliki muatan satu akan mempunyai slope sebesar $\pm 59,1$. Namun dalam kenyataannya tidak ada ESI yang benar-benar ideal (Evans, 1991).



Gambar 2.15 Kurva respon potensial terhadap logaritma konsentrasi (Evans, 1991)

Berdasarkan kesamaan prinsip kerja antara membran sel dengan membran berbasis sensor rasa, serta meninjau aspek-aspek penentu kualitas membran, maka

dibuat membran lipid/polimer berbasis sensor rasa. Membran ini tersusun atas bahan-bahan kimia dengan rasio tertentu (Evans, 1991).

2.16 Pengenceran

Proses pengenceran adalah mencampur larutan pekat (konsentrasi tinggi) dengan cara menambahkan pelarut agar diperoleh volume akhir yang lebih besar. Jika suatu larutan senyawa kimia yang pekat diencerkan, kadang-kadang sejumlah panas dilepaskan. Hal ini terutama dapat terjadi pada pengenceran asam sulfat pekat. Agar panas ini dapat dihilangkan dengan aman, asam sulfat pekat yang harus ditambahkan ke dalam air, tidak boleh sebaliknya. Jika air ditambahkan ke dalam asam sulfat pekat, panas yang dilepaskan sedemikian besar yang dapat menyebabkan air mendadak mendidih dan menyebabkan asam sulfat memercik. Jika kita berada di dekatnya, percikan asam sulfat ini merusak kulit (Brady, 2000).

Rumus sederhana pengenceran menurut Lansida (2010), sebagai berikut:

$$M_1 \times V_1 = M_2 \times V_2 \dots\dots\dots (2.5)$$

Dimana : M_1 = Molaritas larutan sebelum pelarutan

V_1 = Volume larutan sebelum pelarutan

M_2 = Molaritas larutan sesudah pelarutan

V_2 = Volume Molaritas larutan sesudah pelarutan

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Jenis Penelitian.

Jenis penelitian ini adalah penelitian kualitatif dan kuantitatif. Merupakan penelitian kualitatif karena berdasarkan studi literatur yang berasal dari dokumen maupun media lain yang berhubungan dengan dasar dan pembahasan penelitian, selain itu fokus penelitian berada pada proses penelitian. Dan merupakan penelitian kuantitatif karena berdasarkan pada eksperimen yang dilakukan terdapat perolehan data berupa angka yang kemudian diolah dan dianalisa.

3.2 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada Februari sampai April 2016 di laboratorium Instrumentasi Jurusan Fisika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri (UIN) Maulana Malik Ibrahim Malang.

3.3 Alat dan Bahan Penelitian

3.3.1 Alat Penelitian

1. Elektroda kerja
2. Sensor pH
3. Elektroda pembanding (*refrence electrode*) Ag/AgCl
4. Perangkat PC
5. Pipet volume
6. Beaker glass 250 ml
7. Statif

8. *Magnetic stirrer*
9. Botol semprot
10. Aquades
11. Timbangan digital
12. Pengaduk
13. Gelas membran
14. Arduino Mega 2560
15. Arduino Uno
16. *Software*
 - a. LabVIEW 2014. f.2 32 bit
 - b. Microsoft Exel 2007
 - c. Minitab 2007

3.3.2 Bahan Pembuat Membran

Untuk membuat membran diperlukan bahan sebagai berikut:

1. *Tetrahydrofuran (THF)*
2. *Polyvinyl Clorida (PVC)*
3. Lipid; *Asam Oleat (OA)*, *Trioktil Methyl Ammonium Klorida (TOMA)*,
Desil Alkohol (DA), *Dodesilamin (DDC)*.
4. Plasticizer; *2-NPOE*, *Bis (2 ethylhexyl) phosphate*, *Bis(2-Ethylhexyl) sebacate*, dan *Bis(1-butylpentyl) adipate*.

3.3.3 Bahan yang Digunakan untuk Membuat Probe Sensor

Bahan yang digunakan untuk membuat sensor ini antara lain:

1. Mika (*acrylic*)
2. Perak murni
3. Emas murni
4. Pelapis dan plastisin

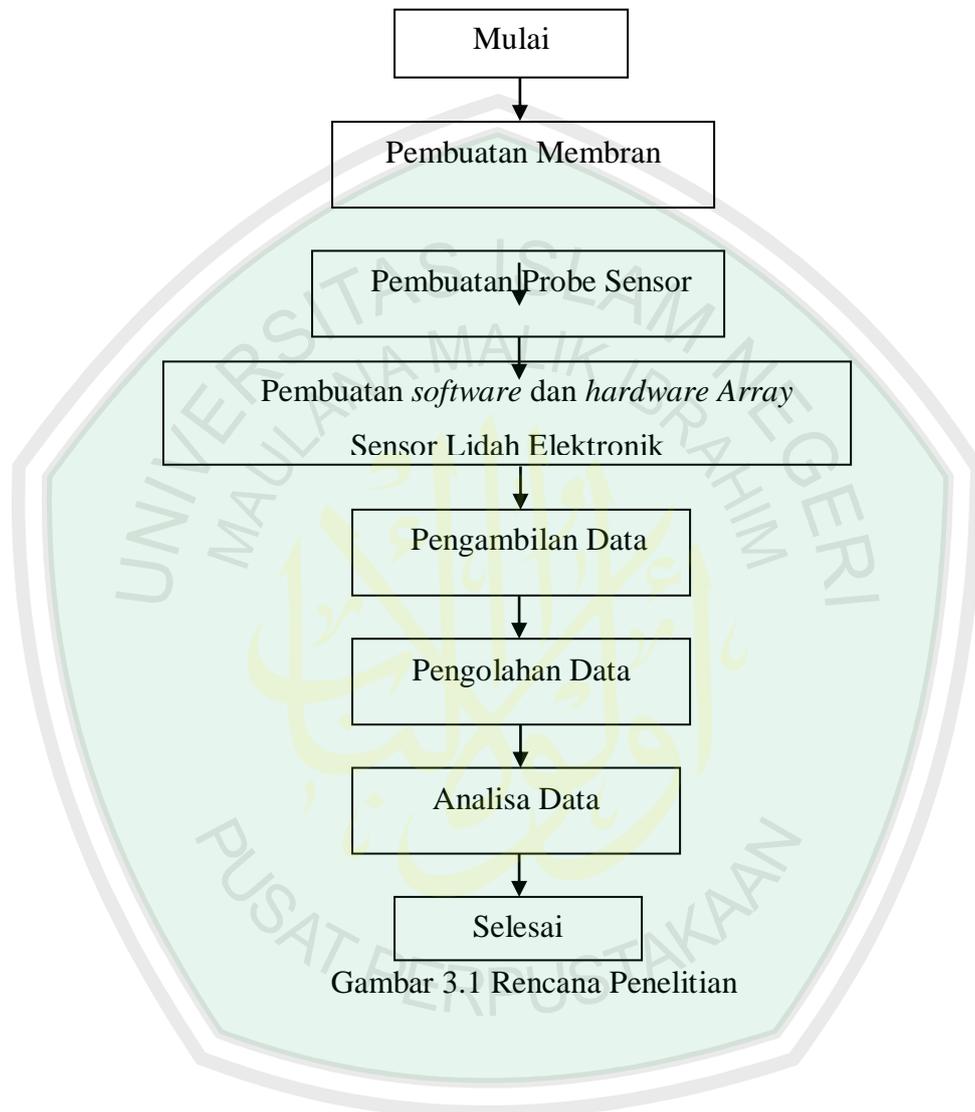
3.3.4 Bahan Uji

Bahan yang digunakan untuk menguji sensor ini antara lain:

1. KCl untuk menguji rasa asam
2. NaCl untuk menguji rasa asin
3. MSG untuk menguji rasa umami
4. Kafein untuk menguji rasa pahit

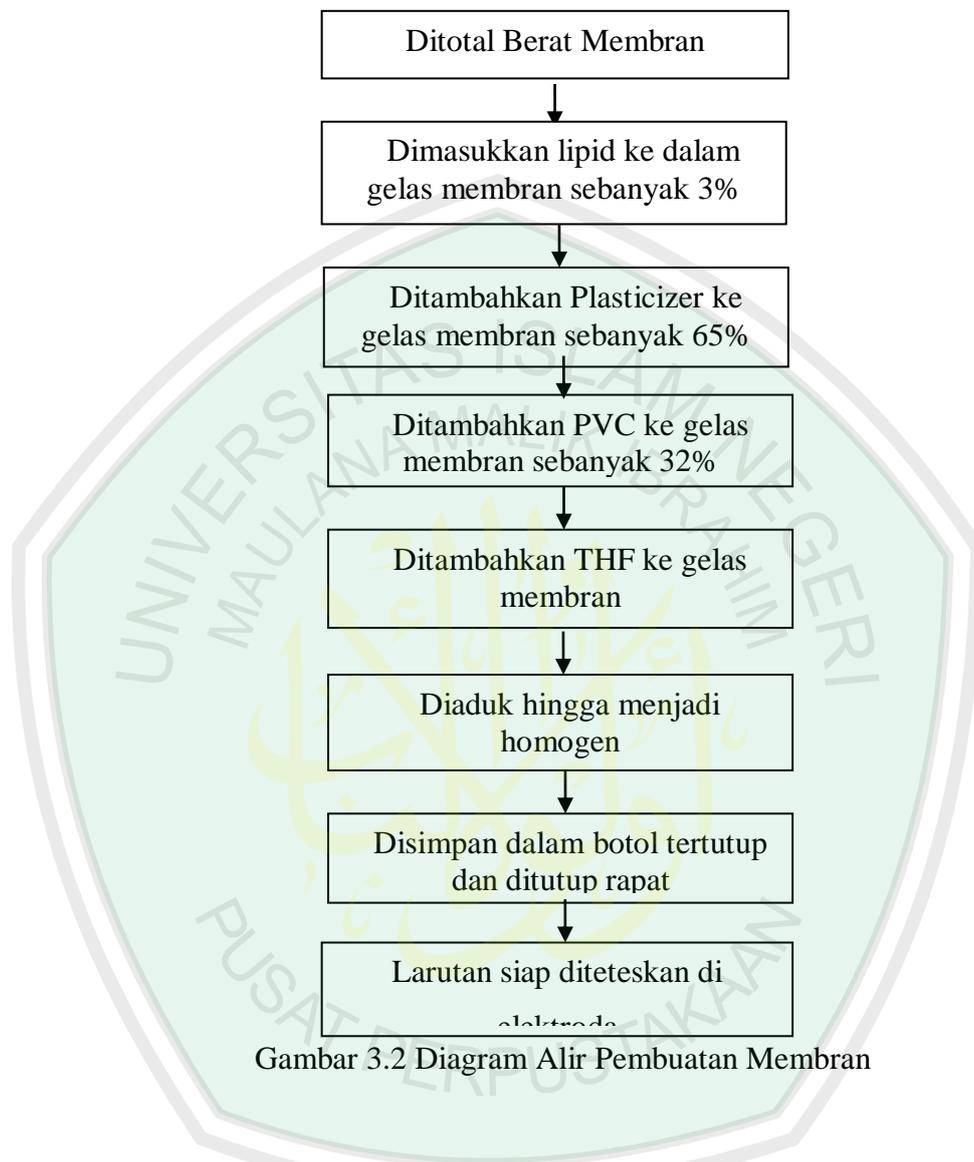
3.4 Tahap dan Alur Penelitian

3.4.1 Rencana Penelitian



Gambar 3.1 Rencana Penelitian

3.4.2 Diagram Alir Proses Pembuatan Membran Sensor.



Gambar 3.2 Diagram Alir Pembuatan Membran

3.4.3 Keterangan Proses Pembuatan Membran

Membran dibuat dengan cara:

1. Ditotal berat membran masing-masing dengan komposisi yang memenuhi jumlah berikut; lipid 3%, plasticizer 65%, Polyvinyl Klorida (PVC) 32%.
2. Bagian Lipid terdiri dari *Dodesilamin (DDC)*, *Trioktil Methyl Ammonium Clorida (TOMA)*, *Asam Oleat (OA)*, *Desil Alkohol (DA)* ditotal beratnya

masing-masing 3% x 15 mg = 4.5 mg. Fungsi lipid adalah sebagai sensor elektrik untuk menentukan rasa.

3. Bagian *plasticizer* yang terdiri dari *2-NPOE*, *Bis (2 ethylhexyl) phosphate*, *Bis(2-Ethylhexyl) sebacate*, dan *Bis(1-butylpentyl)adipate* ditotal beratnya ke gelas membran masing-masing 65% x 150 mg = 97.5 mg. Fungsi *plasticizer* adalah sebagai pelentur membran dan melarutkan zat-zat lain saat pengolahan.
4. Ditambahkan *Polyvinyl Clorida* (PVC) ke gelas membran sebanyak 32% x 150 mg = 48 mg. *Polyvinyl Clorida* (PVC) berfungsi sebagai matrik /pemerkuat membran. Pengaturan jumlah *Polyvinyl Clorida* (PVC) bertujuan untuk menghindari bahan agar dapat memadat sesuai dengan yang diinginkan.
5. Ditambahkan *Tetrahydrofuran* (THF) ke gelas membran secukupnya (3 ml). Fungsi pencampuran *Tetrahydrofuran* (THF) adalah sebagai pelarut, pencampuran jumlah THF perlu diperhatikan karena pencampuran THF yang berlebihan akan mengakibatkan terjadinya pengenceran terhadap membran.
6. Diaduk sampai butiran *Polyvinyl Clorida* (PVC) hilang (homogen), dipastikan tidak dihasilkan banyak endapan PVC untuk menjaga lipid agar bekerja dengan baik.
7. Disimpan dalam botol tertutup dan ditutup rapat.
8. Disiapkan elektroda yang akan digunakan dan larutan siap diteteskan pada elektroda tersebut.

3.4.4 Susunan Membran Sensor dan Proses Pembuatannya

Proses penentuan jumlah membran dilakukan dengan cara penimbangan masa yang dilakukan pada timbangan digital dengan ketentuan sebagai berikut:

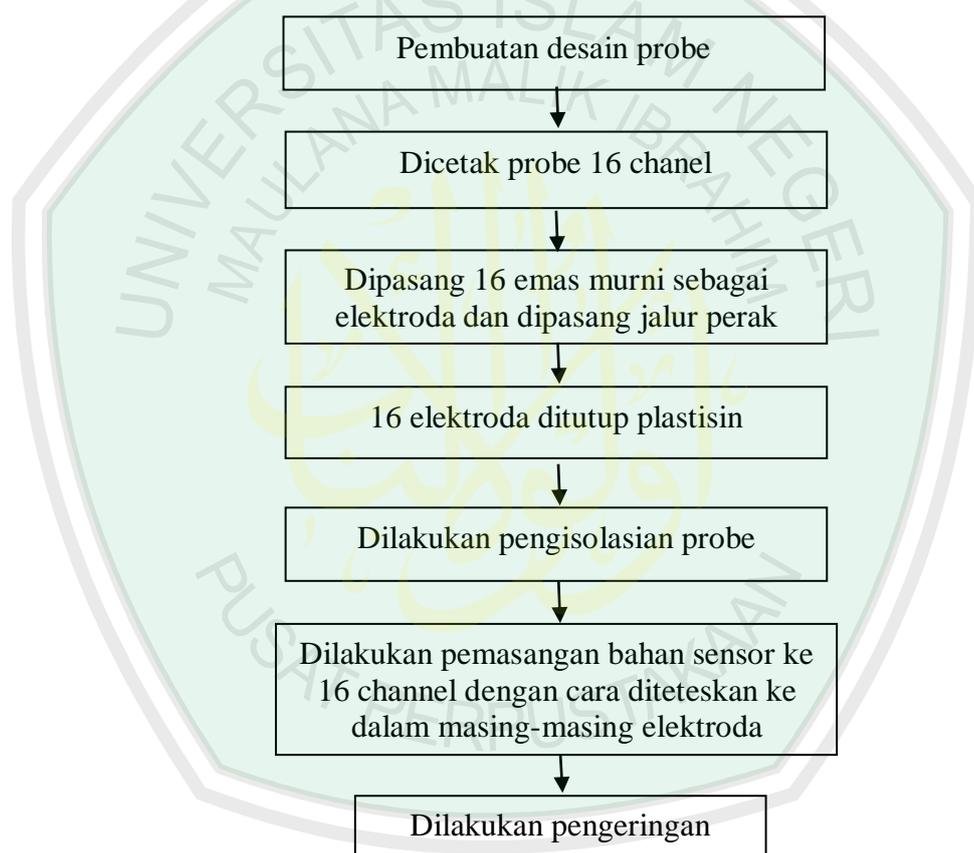
3.1 Tabel Komposisi Susunan Membran

No. Sensor	Material aktif Lipid (3%)	Plastisicer (65%)	Matrik (32%)
S1	Octadecylamine	2-NPOE	PVC
S2	Oleyl alcohol	2-NPOE	PVC
S3	Methyltrioctylammonium chloride	2-NPOE	PVC
S4	Oleic acid	2-NPOE	PVC
S5	Octadecylamine	Bis(2-Ethylhexyl) sebacate	PVC
S6	Oleyl alcohol	Bis(2-Ethylhexyl) sebacate	PVC
S7	Methyltrioctylammonium chloride	Bis(2-Ethylhexyl) sebacate	PVC
S8	Oleic acid	Bis(2-Ethylhexyl) sebacate	PVC
S9	Octadecylamine	Bis(2-Ethylhexyl) Phosphate	PVC
S10	Oleyl alcohol	Bis(2-Ethylhexyl) Phosphate	PVC
S11	Methyltrioctylammonium chloride	Bis(2-Ethylhexyl) Phosphate	PVC
S12	Oleic acid	Bis(2-Ethylhexyl) Phosphate	PVC
S13	Octadecylamine	Bis(1-butylpentyl)adipate	PVC
S14	Oleyl alcohol	Bis(1-butylpentyl)adipate	PVC
S15	Methyltrioctylammonium chloride	Bis(1-butylpentyl)adipate	PVC
S16	Oleic acid	Bis(1-butylpentyl)adipate	PVC

Keterangan :

Setelah masing-masing sensor diukur dan membran sudah tercampur, untuk melakukan pengikatan dilakukan pencampuran bahan dengan Tetrahydrofuran (THF) yang berfungsi sebagai pengikat dan mudah menguap.

3.4.5 Diagram Alir Proses Pembuatan Probe Sensor



Gambar 3.3 Diagram Alir Proses Pembuatan Probe Sensor.

3.4.6 Keterangan Proses Pembuatan Probe Sensor

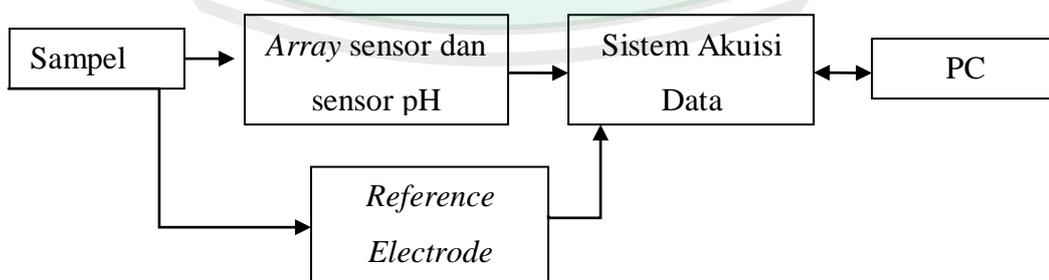
Probe sensor dibuat dengan cara:

1. Dibuat desain ukuran dan bentuk probe sensor pada PC.

2. Dicitak sistem 16 chanel probe sensor dengan menggunakan print khusus akrilik.
3. Dipasangan 16 emas murni pada probe yang disediakan sebagai bahan elektroda. Kemudian dipasang jalur perak untuk menghantarkan informasi yang diterima pada elektroda.
4. Ditempelkan stiker atau plastisin ke bagian bahan dielektrik. Bertujuan untuk menjaga tempat dielektrik tidak tercampur dengan cat.
5. Dilakukan pengisolasian pada probe sensor.
6. Dilakukan pelepasan stiker atau malam pada bagian dielektrik kemudian dilakukan pemasangan membran sensor.
7. Dilakukan pengeringan membran sensor kurang lebih sehari semalam.

3.4.7 Pembuatan *Software* dan *Hardware Array Sensor Lidah Elektronik*

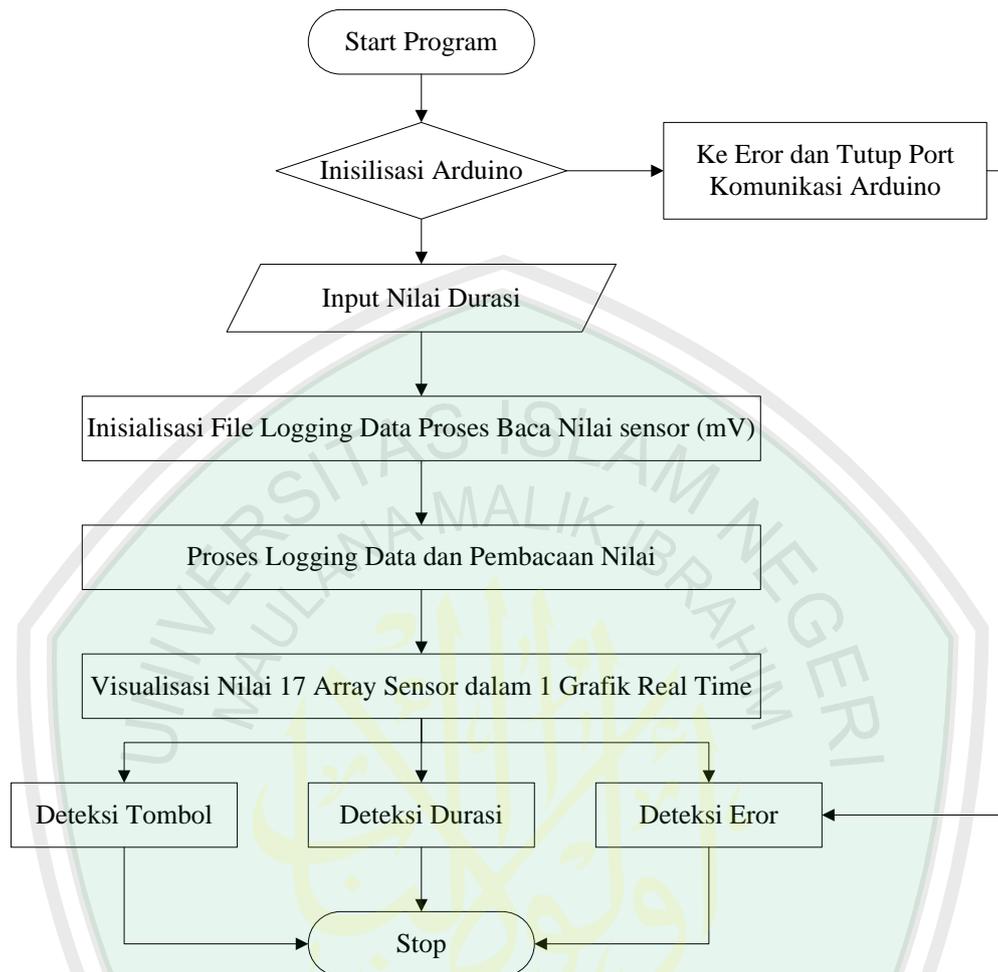
Hardware sistem *array* sensor dibuat sebagai piranti fisik yang akan menjalankan tugas utamanya sebagai prosesor dan aktuator *data logger* sensor lidah elektronik. Berikut adalah diagram *hardware* sensor rasa yang akan di bangun.



Gambar 3.4 *Hardware* sistem *array* sensor

Hardware sistem akuisisi data pada penelitian ini terdiri dari Arduino dan juga Buffer/Orp. Arduino sebagai processor digunakan Arduino Mega 2560 R3. Arduino Mega 2560 R3 merupakan pengembangan *board* mikrokontroler yang menggunakan IC mikrokontroler dari ATMEL, Atmega 256. Arduino Mega 2560 R3 merupakan *Board* pengembangan mikrokontroler 16 bit yang mempunyai kanal ADC (*Analog to Digital Converter*) atau *analog read* (Arduino) sebanyak 16. Dengan jumlah kanal sebanyak 16, *Board* Arduino Mega R3 mampu untuk menjalankan antar muka sensor sebanyak 16 yang disusun secara larik dan dijalankan secara bersamaan. Data dari kanal ADC yang telah dibaca oleh Arduino Mega 2560 R3 akan dikirimkan ke PC melalui komunikasi serial(USB, Bluetooth, XBee). PC digunakan sebagai perangkat *hardware* untuk menjalankan *software* yang mengontrol sensor rasa. Pada sistem *array* sensor rasa persediaan daya diperoleh dari *power supply*. Sedangkan Buffer/Orp digunakan sebagai penyangga sinyal impedansi tinggi.

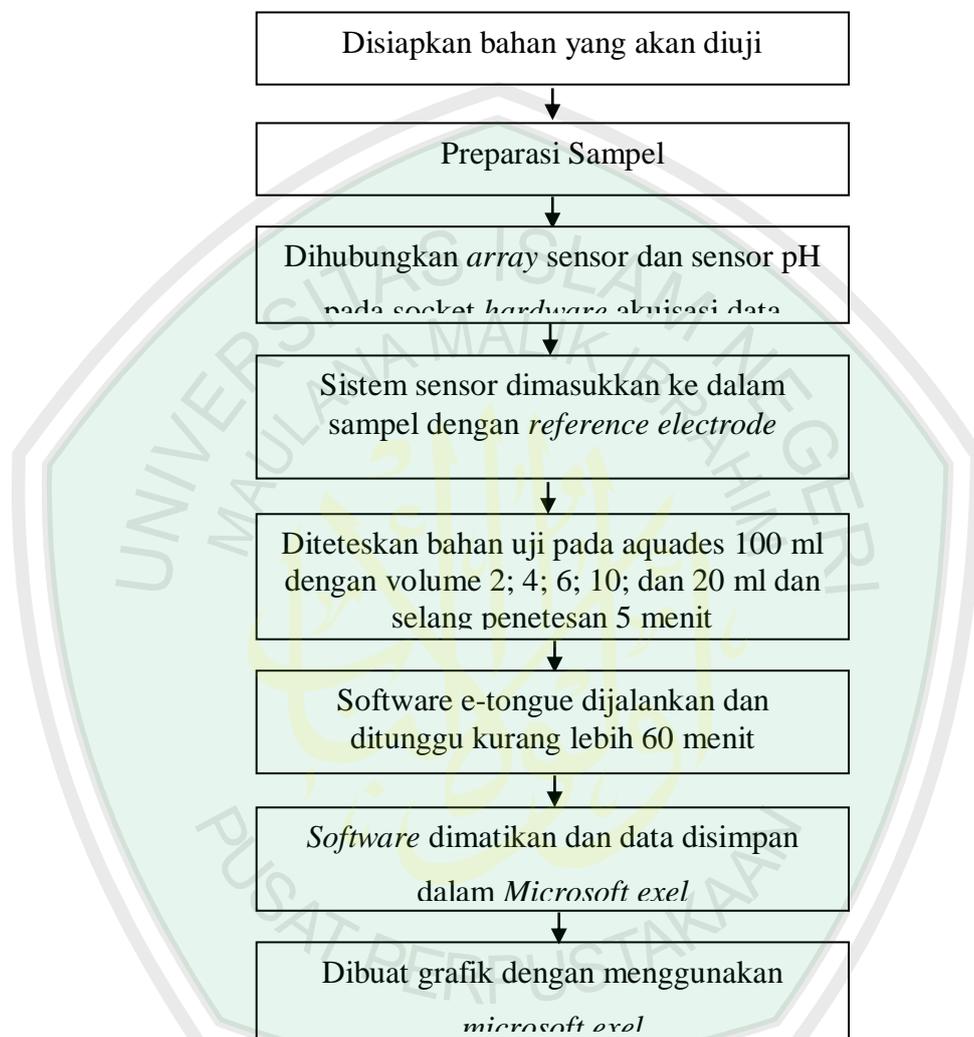
Software sistem *data logger* sensor rasa menggunakan aplikasi dari National Instrumen yaitu NI LabVIEW. Pembuatan *software* digunakan sebagai pengontrol *hardware* sistem sensor rasa. Aplikasi pada NI LabView yang berupa objek-objek blok diagram sebagai aliran programnya yang memudahkan pengguna untuk tidak lagi membuat *script* dalam pemrograman. Jalannya aliran program pada *software* berpengaruh untuk mengontrol *hardware* sensor rasa. Aliran program sensor rasa pada penelitian ini ditunjukkan pada gambar 3.5.



Gambar 3.5 Diagram Aliran Data Sensor Rasa

3.5 Pelaksanaan Penelitian.

3.5.1 Diagram Alir Pelaksanaan Pengambilan Data



Gambar 3.6 Diagram Alir Pengolahan Data

3.5.2 Keterangan Langkah Pengambilan Data

Pengambilan data pada penelitian ini dilakukan dengan cara:

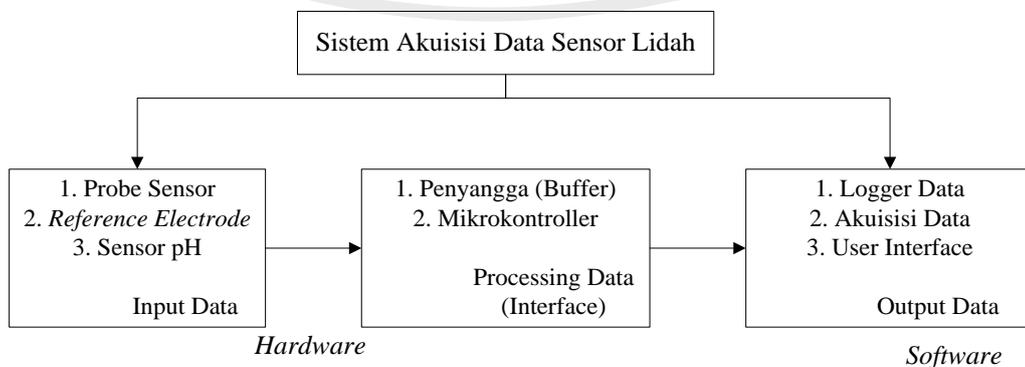
1. Disiapkan sampel dari bahan yang akan di ujikan yaitu KCl, MSG, NaCl, dan Kafein.
2. Untuk preparasi sampel dilakukan langkah berikut:

- a. Disiapkan aquades dengan volume 100 ml pada 3 buah beaker glass 1000 ml.
 - b. Dimasukkan bahan uji pada 2 beaker glass sampai konsentrasinya menjadi 0,001 M dan 0,01 M.
3. Dihubungkan sensor lidah, sensor PH dan *reference electrode* ke interface sensor.
 4. Dimasukkan sistem sensor dan *reference electrode* ke dalam larutan aquades 100 ml yang kemudian akan ditetesi sampel.
 5. Ditetaskan bahan yang diuji pada aquades 100 ml (konsentrasi 0 M) dengan masing-masing sampel menggunakan volume 2; 4; 6; 10; dan 20 ml. Penetesan sampel dilakukan dari konsentrasi yang rendah terlebih dahulu (konsentrasi 0,001 M kemudian konsentrasi 0,01 M). Selang penetesan dari masing-masing sampel adalah 5 menit. Untuk memastikan kehomogenan aquades yang diberi larutan sampel, penetesan sampel dilakukan di atas *magnetic stirrer*.
 6. Dijalankan *software e-tongue* dan ditunggu kurang lebih 60 menit untuk pengambilan data.
 7. Dimatikan *software* dan data yang diperoleh disimpan ke Microsoft excel untuk diketahui hasil dari pengambilan data.
 8. Dari data yang diperoleh kemudian dianalisis.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Lidah elektronik merupakan sensor yang meniru prinsip kerja dari lidah manusia. Sistem akuisisi data dari sensor rasa ini dapat bekerja karena adanya *hardware* dan *software* yang berjalan dengan fungsinya masing-masing. *Hardware* dari sistem akuisisi data sensor lidah elektronik merupakan gabungan dari beberapa komponen elektronika, sensor, dan *processor* berupa mikrokontroler. Sedangkan *software* sistem akuisisi data dibuat dengan menggunakan aplikasi dari National Instruments yaitu LabVIEW. Kinerja dari seluruh sistem sensor akan dikendalikan oleh PC dikarenakan sensor ini menggunakan akuisisi data yang berbasis PC.

Hardware sistem akuisisi data dari sensor rasa ini terdiri dari *probe*, sensor, penyangga (*buffer*), elektroda kerja, elektroda *reference*, sensor pH dan mikrokontroler. Sedangkan *software* PC dibangun menggunakan aplikasi dari National Instruments, LabVIEW yang terdiri dari beberapa komponen antara lain data *logger* dan sistem akuisisi data rasa.



Gambar 4.1 Diagram Keseluruhan Sistem Akuisisi Data Sensor Rasa

4.1 Hardware Sistem Akuisisi Data

Hardware dari sistem akuisisi data sensor rasa ini terdiri dari dua sub bagian, yakni bagian *input* dan bagian *processing* data (*interface*). Bagian *input* merupakan seperangkat alat elektronika yang berhubungan langsung dengan sampel yang terdiri dari *probe* (sensor lidah), elektroda pembanding (*reference electrode*), dan sensor pH. Bagian *input* tersebut kemudian dihubungkan dengan *hardware processing* data (*interface*) yaitu penyangga (*buffer*) serta mikrokontroler.

4.1.1 Bagian Input

Bagian *input* merupakan bagian dari sensor lidah elektronik yang terhubung langsung dengan sampel. Bagian ini menerima sinyal masukan yang kemudian disampaikan ke bagian *processing* data. Ada 3 perangkat elektronika yang terhubung secara langsung dengan sampel yaitu *probe* sensor lidah, elektroda pembanding (*reference electrode*), dan sensor pH. Ketiga perangkat ini saling berhubungan sehingga dalam pengambilan *masukan* data harus ada ketiga perangkat tersebut.

a. Elektroda Kerja

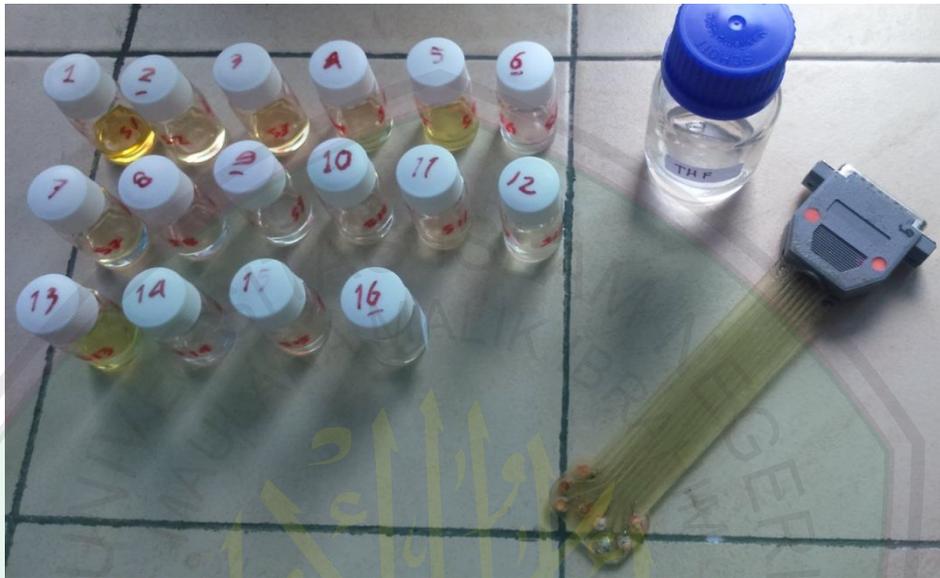
Probe merupakan bagian terpenting dalam *masukan* data sensor. Di dalam *probe* ini terdapat sensor-sensor kimia yang terbuat dari membran lipid berbahan aktif tertentu. Selain membran di dalam *probe* juga terdapat potongan-potongan emas murni yang direkatkan dengan jalur perak. Fungsi dari emas tersebut adalah sebagai elektroda yang menerima sinyal *masukan* dari sampel yang diuji,

sedangkan jalur perak berfungsi untuk menghantarkan sinyal-sinyal listrik yang diterima elektroda emas menuju pada *hardware processing* data. *Probe* yang digunakan menggunakan bahan dasar acrylic yang didesain sedemikian rupa (menyerupai lidah) sehingga membran dapat ditetaskan pada *probe* dengan posisi bolak-balik (8 membran di posisi atas dan 8 sensor lainnya di posisi bawah).

Membran dari sensor lidah ini merupakan kombinasi dari bahan aktif lipid, *plasticizer*, PVC, dan THF. Lipid merupakan material aktif yang berfungsi sebagai sensor yang mendeteksi rasa yang pada penelitian ini digunakan empat material aktif yakni *Dodesilamin* (DDC), *Trioktil Methyl Ammonium Clorida* (TOMA), *Asam Oleat* (OA), *Desil Alkohol* (DA). *Plasticizer* merupakan bahan yang digunakan sebagai pelentur membran yang terdiri dari *2-NPOE*, *Bis (2 ethylhexyl) phosphate*, *Bis(2-Ethylhexyl) sebacate*, dan *Bis(1-butylpentyl)adipate*. *Polyvinyl Clorida* (PVC) merupakan suatu material yang digunakan untuk dapat memadatkan bahan sesuai dengan keinginan. Sedangkan *Tetrahydrofuran* (THF) adalah pelarut dari membran itu sendiri.

Membran dibuat dengan dengan mencampurkan bahan-bahan tersebut dengan komposisi tertentu yakni lipid 3%, *plasticizer* 65%, *Polyvinyl Klorida* (PVC) 32%, sedangkan untuk THF tidak ada konsentrasi yang ditentukan, sehingga hanya menggunakan beberapa tetes hingga membran melunak. Setelah dicampur membran didiamkan terlebih dahulu sampai larut yakni kurang lebih membutuhkan waktu sekitar 24 jam dan kemudian dapat ditetaskan pada *probe* sensor. Proses *dropping* (penetesan membran) dilakukan berulang-ulang sekitar 5-6 kali dengan catatan setiap kali akan mengulang penetesan harus menunggu

membran sebelumnya kering terlebih dahulu. Proses *dropping* dilakukan berulang-ulang agar membran dapat melekat dengan kuat dan memiliki respon yang baik.



Gambar 4.2 *Probe* Sensor dan Bahan Membran Lipid

b. Elektroda Pembanding (*Reference Electrode*)

Elektroda *reference* merupakan *ground* dari sistem sensor lidah ini. *Probe* sensor merupakan sensor yang di dalamnya terdapat elektroda yang bermuatan positif. Ketika *probe* sensor dimasukkan kedalam larutan sampel, diperlukan elektroda pembanding untuk menyeimbangkan tegangan yang berada di dalam larutan sampel. Elektroda pembanding ini disebut elektroda pembanding atau *reference electrode*. Elektroda *reference* ini bermuatan negatif karena mengalirkan arus langsung ke *ground*. Apabila tidak ada elektroda *reference*, maka sensorpun tidak akan dapat bekerja, karena potensial yang tidak seimbang. Nilai dari elektroda *reference* tidak berubah-ubah (konstan) sehingga tidak mempengaruhi muatan dari sampel.

c. Sensor pH

Sensor pH merupakan sensor yang digunakan untuk mendeteksi derajat keasaman hingga kebasaan dari suatu zat. Pada penelitian ini, sensor pH dikombinasikan dengan sensor lidah elektronik yang bertujuan sebagai sensor pembanding dikarenakan sensor ini sudah diakui keakuratannya oleh masyarakat luas. Akan tetapi karena setiap sensor memiliki elektroda *reference* masing-masing (termasuk sensor pH), penggunaan sensor ini dapat jadi menimbulkan interaksi dengan elektroda *reference* sensor lidah itu sendiri. Hal tersebut dikarenakan adanya dua *ground* atau dua muatan negatif dalam satu sampel. Kejadian ini dapat mempengaruhi nilai dari potensial sensor PH itu sendiri yang mengakibatkan adanya ketidakakuratan hasil dari sensor pH.

Sensor pH dikalibrasi dengan menggunakan larutan penyangga khusus pH (*buffer* pH) dengan pH asam, netral, dan basa. Perlunya pengkalibrasian ini adalah untuk menyamakan hasil *output* sensor yang berupa tegangan agar dapat ditampilkan dalam bentuk nilai pH (nilai pH berkisar antara 0-14 dimana nilai dibawah 7 memiliki pH asam, nilai 7 menunjukkan pH netral, dan diatas 7 menunjukkan pH basa).

Pengkolaborasian sensor lidah elektronika dengan sensor pH menyebabkan sensor pH harus selalu diikuti sertakan dalam proses pengambilan data karena software telah di program secara bersamaan antara sensor lidah dengan sensor pH. Akan tetapi, karena penelitian ini hanya menguji karakteristik dari sensor lidah, maka sensor pH di nonaktifkan. Sehingga meskipun sensor ph dipergunakan namun dalam keadaan tidak aktif.

4.1.2 Bagian *Processing Data*

Bagian *Processing Data (interface)* merupakan bagian dari komponen elektronika yang menjadi penghubung antara *hardware input* data dengan *software* pada PC. Sinyal-sinyal yang diterima oleh sistem *input* data kemudian dialirkan menuju sistem *processing data*. Di dalam sistem ini terdapat beberapa bagian penting antara lain penyangga (*buffer*) dan mikrokontroler. Bagian-bagian ini dihubungkan antara satu sama lain dengan memasangkannya pada *board PCB* dengan desain tertentu. Jumlah sensor yang digunakan dalam penelitian ini sebanyak 16 buah, maka *buffer* yang digunakan berjumlah 16 buah. Sehingga desain PCB dibuat menjadi 2 lapis dimana 8 *buffer* dipasangkan di bagian atas dengan 1 mikrokontroler yang berupa arduino uno, dan 8 bagian lainnya dipasang pada bagian bawah dengan 1 mikrokontroler berupa arduino mega. Antara satu lapis *board PCB* dengan lapis lainnya dihubungkan dengan menggunakan sepasang konektor DB25.

a. Penyangga (*Buffer*)

Sinyal *masukan* yang diterima oleh sistem *input* data sensor kemudian dimasukkan menuju *buffer/orp*. *Buffer* (penyangga) biasa dikenal dengan istilah *voltage follower* yang sangat diperlukan untuk meminimalisir adanya sinyal *noise* pada sinyal yang sangat kecil. Proses penyanggan ini dilakukan untuk mengurangi terjadinya *block noise* yang dapat dihasilkan oleh *supplay* daya dari sensor lidah. Sinyal yang diterima dari sistem *input* data sangat kecil sedangkan *noisanya* begitu besar sehingga sulit untuk membaca hasil dari sinyal tersebut. Oleh sebab itu, disetiap sensor diberi *buffer* impedansi tinggi yang bertujuan untuk

memperbesar sinyal *masukan* dan memperkecil bahkan menghilangkan *noise* sehingga sinyal *masukan* dapat dibaca nantinya oleh sistem *output* sensor. Jika sensor tidak memiliki penyangga/*buffer* maka dapat jadi yang dibaca oleh *software* bukanlah nilai tegangan *masukan* dari sensor akan tetapi nilai dari *noise* tersebut.

Buffer yang digunakan merupakan orp/pH adapter Op-Amp seri 1130 keluaran dari Texas Instrumen. *Buffer* ini memiliki fitur *low noise* dan yang terpenting memiliki fitur tegangan kerja yang tidak terlalu lebar yakni berkisar antara 4,5 – 5,25 VDC. Tegangan kerja yang tidak terlalu lebar ini sangat penting dipertimbangkan karena sensor lidah ini hanya menggunakan tegangan 5V saja yang berasal dari mikrokontroler yakni arduino sehingga tidak mungkin menimbulkan *drop voltage* selama menggunakan tegangan yang konstan dari arduino saja.

b. Mikrokontroler

Mikrokontroler merupakan salah satu komponen utama dalam sistem *processing* data sensor lidah. Mikrokontroler memproses perintah dari *user interface* di PC melalui komunikasi serial yang bertindak melakukan proses pada data *input* sinyal analog dari sensor melalui kanal ADC sehingga dapat ditampilkan pada *interface* dan kemudian disimpan.

Sistem akuisisi data sensor lidah menggunakan enam belas sensor dari membran lipid yang memberikan *masukan* berupa sinyal analog yang kemudian diproses pada mikrokontroler. Sehingga dibutuhkan enam belas kanal juga untuk memproses data *masukan* dan ditambah lagi satu kanal sebagai sistem proses dari

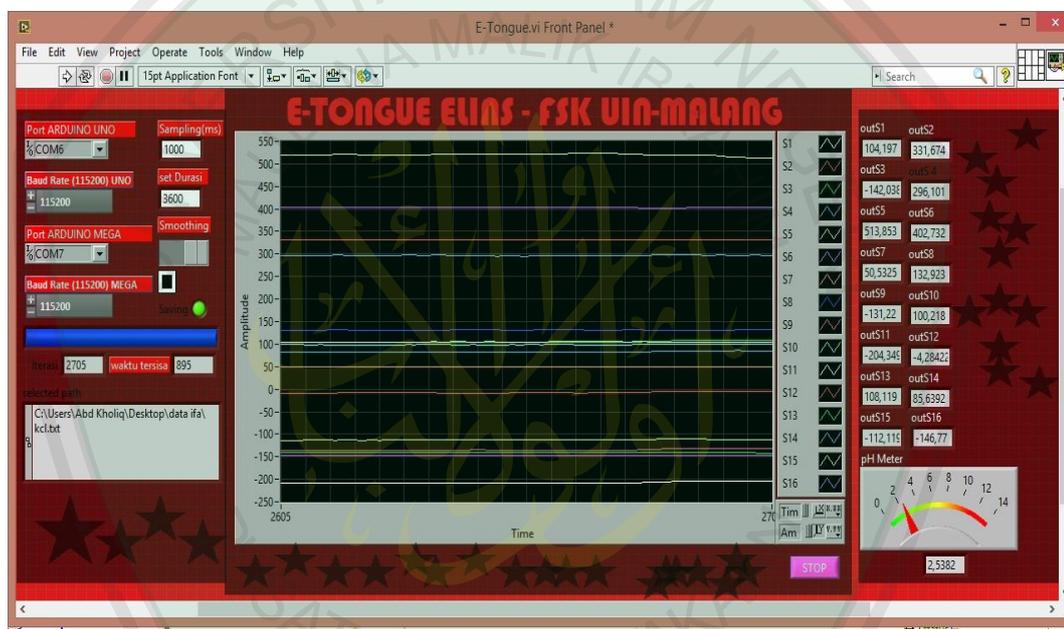
sensor pH, sehingga total diperlukan 17 kanal. ATmega 2560 atau arduino mega, keluaran dari ATMEL dengan kanal ADC sebanyak 16 buah tidak cukup untuk menampung 17 proses dari *masukan*. Sehingga kanal *masukan* dibagi menjadi 2 yakni 15 kanal masuk pada ATmega 2560 dan 2 kanal masuk pada Arduino Uno. Dengan demikian sensor lidah yang menggunakan 16 sensor dan dikombinasikan dengan sensor pH menggunakan 2 buah mikrokontroler yang memiliki kinerja sama namun memiliki perbedaan jumlah kanal *masukan*. Dan yang terpenting, kedua jenis arduino tersebut memiliki *memory flash player* yang besar, yakni sebesar 256 Kbytes. Besarnya *memory flash player* sangat dibutuhkan untuk menjalankan *software* pada PC yang memiliki banyak variabel, sehingga diharapkan dengan pemberian mikrokontroler ini dapat mempermudah komunikasi antara mikrokontroler dan *software* di PC dengan penambahan fitur komunikasi dari mikrokontroler dan *interface* mikrokontroler pada *software* di PC.

Arduino mendukung untuk komunikasi serial berupa USB yang sangat cocok untuk *metherboard* PC yang memiliki *port* USB. Fitur komunikasi yang digunakan berupa LIFA(LabVIEW *Interface* for Arduino). LIFA ini mendukung program LabVIEW untuk mengakses data analog dari ADC arduino secara langsung melalui labVIEW.

4.1.3 Software Sistem Akusisi Data

Software sistem akusisi data merupakan perangkat yang digunakan untuk menampilkan data yang telah diterima sensor dan telah diproses oleh *processing* data. *Software* sistem akusisi data terdiri dari beberapa komponen antara lain data

logger, sistem akuisisi data rasa, serta *interface* PC. Dari semua komponen tersebut telah menjadi satu dalam program “*E-tongue* Elins – Fsk UIN Malang” sehingga kita tinggal *install* program tersebut pada PC dan menjalankannya. Sebelum menjalankan program terlebih dahulu *upload* data program ke dalam arduino dengan menggunakan LIFA, sehingga antara arduino dengan *software* telah terjalin komunikasi dengan baik.



Gambar 4.3 Tampilan Program *E-tongue* Elins – Fsk UIN Malang

Data yang harus dimasukkan saat menjalankan aplikasi tersebut antara lain adalah jumlah *sampling*, durasi, dan *port* arduino. Sedangkan *output* yang ditampilkan berupa grafik dan nilai tegangan serta nilai dari sensor pH. Jumlah *sampling* merupakan jumlah berapa banyak cacahan yang dilakukan pada sinyal data setiap detiknya. Pengujian ini digunakan 1000 *sampling* atau seribu kali cacahan dalam durasi waktu 2700 detik. Durasi merupakan waktu yang

dibutuhkan untuk melakukan pengujian, dan pada program ini data yang disimpan adalah setelah pengujian selama 10 detik. Pemilihan *port* arduino sesuai dengan jenis arduino yang digunakan. Untuk *output*, data disimpan dalam bentuk notepad dan ditampilkan pada program dalam bentuk grafik serta tegangan dalam bentuk tampilan digital. Sedangkan untuk *output* dari sensor pH, ditampilkan dalam bentuk jarum analog dan nilainya dalam digital. Sedangkan untuk penyimpanan data dari sensor pH adalah sama dengan sensor-sensor yang lainnya.

4.2 Preparasi Sampel dan Proses Pengujian Rasa Dasar

Sampel yang diuji dalam penelitian ini adalah empat rasa dasar dari makanan yang diwakili masing-masing oleh satu senyawa analisis. Rasa asin diwakili oleh senyawa *Natrium Klorida* (NaCl), rasa asam diwakili oleh senyawa *Kalium Klorida* (KCl), rasa pahit diwakili oleh senyawa *Magnesium Klorida* (MgCl₂), sedangkan untuk rasa umami diwakili oleh senyawa *Monosodium Glutamat* (MSG).

Preparasi sampel dilakukan dengan cara membuat larutan (dari tiap sampel) masing-masing dengan konsentrasi 0,01 M dan 0,001 M. Alasan menggunakan konsentrasi yang sangat rendah adalah untuk mengetahui sekecil mungkin sensor tersebut dapat merespon terhadap perubahan konsentrasi. Setiap sampel memiliki massa molekul relatif (*Mr*) yang berbeda-beda, maka perlu dilakukan perhitungan massa sampel yang harus dilarutkan dalam tiap 100 ml aquades. Perhitungan tersebut dapat dilakukan dengan menggunakan rumus:

$$M = \frac{\text{massa sampel (gr)}}{Mr} \times \frac{1000}{\text{volume pelarut (ml)}}$$

Sebelumnya sudah diketahui massa molekul relatif (M_r) dari masing-masing sampel yakni $\text{NaCl} = 58,5$; $\text{KCl} = 74,5$; $\text{MgCl}_2 = 95$; dan $\text{MSG} = 169,111$.

Kemudian dilakukan perhitungan sebagai berikut:

$$\text{gr} = \frac{M \times M_r}{10}$$

Setelah dihitung massa dari masing-masing sampel kemudian dilakukan pengenceran larutan sampel. Pengenceran tersebut dilakukan dengan cara menimbang sampel yang telah dihitung pada neraca analitik kemudian diencerkan menggunakan aquades hingga volume 100 ml dan disimpan pada wadah tertutup.

Proses pengujian dapat dilaksanakan apabila sampel telah siap dan kondisi membran pada *probe* sensor telah mengering. Pengujian dilakukan dengan memasukkan *hardware input* data pada sampel. Sinyal-sinyal *input* diterima oleh *hardware input* data kemudian disalurkan menuju *hardware processing* data dan terakhir disimpan dan ditampilkan pada PC.

4.3 Data Hasil Penelitian

Sensor lidah elektronik ini dibuat dengan menggunakan 16 array sensor dari membran lipid yang dikombinasikan dengan sensor pH. Dari 16 data yang diterima diambil delapan hasil terbaik untuk dikaji ulang. Setiap sensor memiliki sensitivitas yang berbeda-beda terhadap masing-masing rasa, oleh sebab itu data yang diterima dari masing-masing rasa adalah berbeda sensor. Berikut adalah data yang respon dari masing-masing sensor:

4.1 Tabel Preparasi dan Perhitungan Data Awal

NO	Vaq (ml)	Vin (ml)	Vtot (ml)	M (mol/l)	Waktu (sekon)	n (mol)	M final (mol/l)	Log M
1.	100	0	100	0	300	0	0	-9
2.	100	2	102	0.001	600	2.00×10^{-6}	1.96×10^{-5}	-4.70757
3.	100	6	108	0.001	900	8.00×10^{-6}	7.41×10^{-5}	-4.13033
4.	100	10	118	0.001	1200	1.80×10^{-5}	1.53×10^{-4}	-3.81661
5.	100	20	138	0.001	1500	3.80×10^{-5}	2.75×10^{-4}	-3.5601
6.	100	2	140	0.01	1800	5.80×10^{-5}	4.14×10^{-4}	-3.3827
7.	100	6	146	0.01	2100	1.18×10^{-4}	8.08×10^{-4}	-3.09247
8.	100	10	156	0.01	2400	2.18×10^{-4}	1.40×10^{-4}	-2.85467
9.	100	20	176	0.01	2700	4.18×10^{-4}	2.38×10^{-4}	-2.62434

Keterangan:

1. Aquades dengan volume 100 ml konsentrasi 0 M diukur selama 300 detik.
2. Ditambahkan sampel sebanyak 2 ml dengan konsentrasi 0.001 M dan diukur sampai detik ke 600.
3. Ditambahkan sampel sebanyak 6 ml dengan konsentrasi 0.001 M dan diukur sampai detik ke 900.
4. Ditambahkan sampel sebanyak 10 ml dengan konsentrasi 0.001 M dan diukur sampai detik ke 1200.
5. Ditambahkan sampel sebanyak 20 ml dengan konsentrasi 0.001 M dan diukur sampai detik ke 1500.
6. Ditambahkan sampel sebanyak 2 ml dengan konsentrasi 0.01 M dan diukur sampai detik ke 1800.
7. Ditambahkan sampel sebanyak 6 ml dengan konsentrasi 0.01 M dan diukur sampai detik ke 2100.
8. Ditambahkan sampel sebanyak 10 ml dengan konsentrasi 0.01 M dan diukur sampai detik ke 2400.

9. Ditambahkan sampel sebanyak 20 ml dengan konsentrasi 0.01 M dan diukur sampai detik ke 2700, dan pengukuran berhenti pada detik tersebut.

Sebelum melakukan analisis, terlebih dahulu dihitung nilai dari mol (n) campuran, hal tersebut digunakan untuk mencari nilai dari molaritas (M) yang kemudian dicari logaritmik dari molaritas tersebut. Rumus yang digunakan antara lain:

$$M = \frac{n}{V} \text{ sehingga } n = M \times V$$

Setelah diketahui mol dari masing-masing penetesan, kemudian dihitung nilai dari molaritas (M) dengan menggunakan rumus:

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

Grafik yang digunakan merupakan hubungan antara tegangan *output* dengan logaritmik dari konsentrasi, maka kemudian nilai M tersebut di loggaritmikkan menjadi $\log M$. Hasil perhitungan dari rumus di atas dapat dilihat pada tabel 4.1 yakni tabel preparasi dan perhitungan data awal. Data yang dihitung tersebut digunakan untuk semua sampel karena meskipun massa molekul relatif (M_r) dari masing-masing sampel berbeda, akan tetapi telah diencerkan menjadi konsentrasi yang sama yakni 0.001 M dan 0.01 M.

4.4 Respon Sensor Lidah terhadap Perubahan Konsentrasi

Sensor lidah elektronik merespon rasa seperti cara kerja lidah manusia. Ketika terjadi perubahan konsentrasi, lidah akan merespon rasa. Sedangkan pada konsentrasi yang sangat tinggi, perubahan rasa sudah tidak teridentifikasi. Hasil respon dari sensor lidah bisa berupa potensial positif dan negatif. Hal tersebut dipengaruhi oleh sampel yang digunakan. Sampel tersebut berinteraksi dengan membran pada probe sensor, yang mengakibatkan potensial pada membran berubah. Perubahan potensial membran ini mempengaruhi nilai dari tegangan outputan. Sehingga dirumaskan dengan rumus $V_{Out} = V_{probe} - V_{probe}$. Nilai dari $V_{reference}$ adalah konstan, sehingga nilai dari V_{probe} yang mempengaruhi nilai dari V_{Out} . Bila nilai dari $V_{probe} > V_{probe}$ maka nilai potensial keluaran akan positif. Jika $V_{probe} < V_{probe}$ maka nilai potensial keluaran adalah negatif. Membran mempunyai dua sifat, yakni membran yang bersifat positif dan membran yang bersifat negatif.

4.5 Pembahasan

Pengujian dengan menggunakan sensor lidah elektronik ini menghasilkan data sebanyak 2690 buah setiap sampelnya. Hal ini dikarenakan 10 data pertama tidak terekam oleh *software*. Penetasan sampel dilakukan setiap 300 detik sekali (setiap 5 menit) dan diperoleh sekitar 300 data tiap kali penetasan. Data yang dipilih merupakan data 10 detik terakhir sebelum penetasan berikutnya dan yang nilainya stabil. Hal tersebut dilakukan untuk mengambil data yang *steady state*. Data-data yang sudah didapat kemudian dipilih 8 data terbaik untuk dianalisis. Analisis yang dilakukan antara lain yaitu mencari deteksi limit, sensitivitas atau

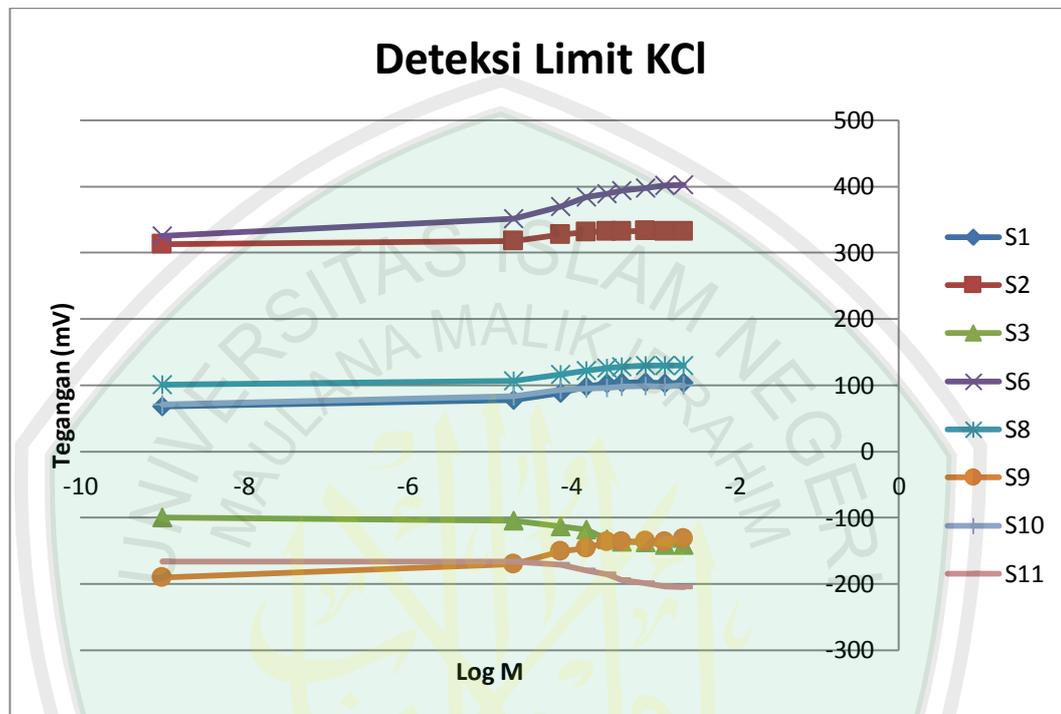
kemampuan sensor menanggapi perubahan konsentrasi, dan *respond time* atau tanggapan waktu sensor.

4.5.1 Deteksi Limit dan Sensitivitas

Deteksi limit atau batas deteksi merupakan kemampuan dari suatu alat (sensor) untuk mendeteksi terjadinya perubahan variabel. Kemampuan alat untuk menanggapi perubahan variabel ini menunjukkan dimana daerah kerja dari alat tersebut. Deteksi limit ini menunjukkan daerah dimana alat tersebut bekerja. Limit dibagi menjadi dua bagian, yakni limit atas dan limit bawah. Limit bawah merupakan daerah dimana sensor mulai tanggap terhadap perubahan variabel, sedangkan limit atas merupakan daerah dimana sensor telah menempuh ambang batas deteksinya sehingga menyebabkan responnya menjadi *steady state*. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui nilai dari limit bawah sensor dimana sensor mulai merespon terhadap perubahan konsentrasi, sehingga tidak membahas tentang limit atas. Tidak dibahasnya limit atas dikarenakan limit atas ini terjadi pada saat sampel mempunyai kepekatan yang tinggi, sedangkan penelitian ini menggunakan konsentrasi yang rendah sehingga kemungkinan untuk munculnya limit atas adalah sangat kecil.

Penelitian menggunakan sensor lidah elektronika ini, dilakukan perlakuan dengan penambahan konsentrasi yang berbeda-beda sehingga semakin lama larutan sampel akan semakin pekat. Karena larutan sampel semakin pekat, maka akan mempengaruhi nilai dari tegangan *output*. Oleh sebab itu untuk melihat nilai dari deteksi limit, maka dibuatlah grafik hubungan antara tegangan (mV) dengan logaritmik konsentrasi (log M). Dari pengujian, diperoleh empat grafik deteksi

limit yang dibuat dengan memplot 8 hasil respon sensor terbaik dengan logaritmik konsentrasi (Log M) pada *software* Microsoft Exel 2007.



Gambar 4.4 Deteksi Limit dari KCl

Delapan hasil respon terbaik dari sensor lidah dalam merasakan rasa asam dapat dilihat pada Gambar 4.6. Grafik tersebut memperlihatkan respon membran terhadap larutan sampel KCl. Respon membran 1, 2, 3, 8, dan 10 sebelum penetasan pertama (konsentrasi log M = -4.70757) adalah *steady*, hal tersebut berarti bahwa sensor tersebut belum merespon terhadap konsentrasi di bawah konsentrasi penetasan pertama. Ketika dilakukan penetasan pertama, sensor-sensor tersebut menunjukkan perubahan. Hal tersebut membuktikan bahwa limit bawah sensor tersebut terjadi setelah penetasan pertama meskipun nilai perubahan antara masing-masing sensor berbeda. Sensor 6, 9, dan 11 menunjukkan terjadi

perubahan sebelum dilakukan penetasan pertama. Hal tersebut membuktikan bahwa limit bawah dari sensor tersebut terjadi sebelum penetasan pertama, sehingga memungkinkan jika diberi penetasan dengan konsentrasi dibawah 0.001 dapat menunjukkan limit bawahnya.

Dilihat dari grafik deteksi limit di atas, tidak semua grafik dari respon sensor menunjukkan hasil yang linier. Sehingga untuk mempermudah dalam proses kalibrasi, dibuatlah grafik regresi linier. Tujuan dicarinya nilai regresi linier adalah untuk mensekankan sensor, sehingga nilai sensor tidak akan berubah pada saat menggunakan sampel yang sama. Hasil regresi berupa nilai desimal yang menunjukkan kelinieran grafik, dan bernilai di bawah 1. Semakin nilai regresi mendekati 1, maka membuktikan bahwa grafik respon dari sensor mendekati linier. Grafik regresi linier dibuat dengan tidak mengikutsertakan data pertama yakni pada saat belum diberi perlakuan. Hal tersebut dikarenakan pada saat tersebut belum terjadi perubahan konsentrasi. Nilai dari regresi respon sensor KCl dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 4.2 Fungsi dan Regresi Linier Respon Sensor KCl

Sensor	Persamaan Gradien	Regresi (R ²)
1	$y = 12.27x + 140.7$	0.79
2	$y = 5.947x + 350.3$	0.678
3	$y = -19.94x - 198.2$	0.933
6	$y = 25.03x + 474.2$	0.945
8	$y = 11.55x + 164.2$	0.913
9	$y = 16.91x - 82.92$	0.852
10	$y = 7.162x + 120.3$	0.851
11	$y = -20.98x - 261.6$	0.962

Setelah diketahui deteksi limit, kemudian dapat dihitung nilai dari sensitivitas sensor terhadap sampel. Sensitivitas merupakan variabel yang menunjukkan kepekaan sensor dalam menanggapi respon sampel. Sensitivitas dihitung dengan cara mengetahui nilai limit dan konsentrasi yang berlaku pada daerah kerja tersebut. Daerah kerja diketahui dari grafik deteksi limit yaitu diantara limit atas dan limit bawah. Sehingga sensitivitas dapat dihitung dengan rumus:

$$\text{Sensitivitas} = \frac{\text{limit atas} - \text{limit bawah}}{\text{konsentrasi limit atas} - \text{konsentrasi limit bawah}} \left(\frac{\text{mV}}{\text{M}} \right)$$

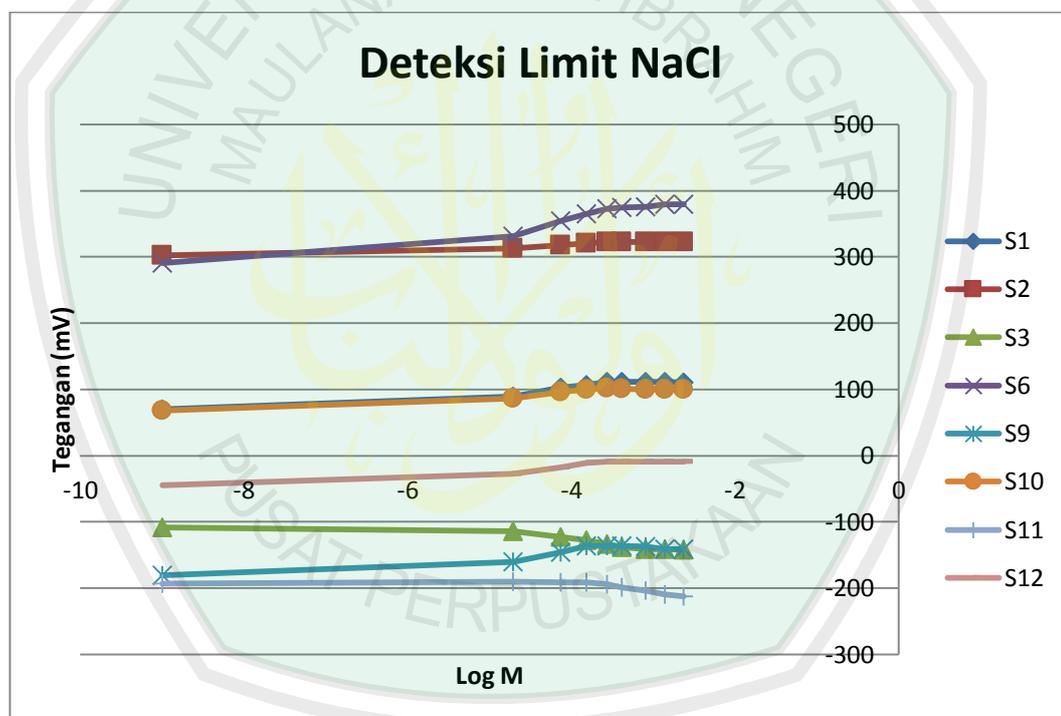
Dari rumus tersebut kemudian dapat dihitung nilai dari sensitivitas dengan cara menganalisis grafik untuk mengetahui limit sensor (baik limit atas maupun bawah) dan memasukkan nilai respon dari titik-titik limit tersebut.

Tabel 4.3 Sensitivitas Sensor Terhadap KCl

Sensor	Limit Atas	Limit Bawah	Delta limit (mV)	Delta Konsentrasi (M)	Sensitivitas (mV/M)
1	102.34621	77.822739	24.523471	1.14747469	21.37168795
2	331.212925	317.84984	13.363084	0.89096068	14.99851149
3	-141.57088	-104.18976	-37.38112	1.85290208	-20.1743635
6	401.324749	351.13351	50.191239	1.61509933	31.07625523
8	130.12413	106.80258	23.32155	1.61509933	14.43970013
9	-136.01686	-163.59313	33.57627	1.14747469	29.26101141
10	95.60456	83.147192	12.457368	1.14747469	10.85633357
11	-198.72434	-165.91296	-32.81138	1.61509933	-20.3153945

Hasil sensitivitas sensor lidah terhadap sampel KCl dapat dilihat pada tabel 4.3. Tabel tersebut menunjukkan bahwa nilai sensitivitas yang paling besar

ditunjukkan oleh sensor 6, dan nilai sensitivitas yang paling kecil ditunjukkan oleh sensor 3. Tanda positif atau negatif dalam perhitungan sensitivitas tidaklah berlaku karena tidak ada nilai sensitivitas yang bernilai negatif. Tanda negatif hanya menunjukkan arah grafik limit turun (akibat membran negatif), dan tanda positif menunjukkan grafik limit naik (membran positif). Sehingga dapat disimpulkan bahwa sensor 6 memiliki sensitivitas paling baik terhadap KCl dan sensor 11 memiliki sensitivitas paling buruk dalam merespon KCl.



Gambar 4.5 Deteksi Limit dari NaCl

Delapan hasil respon terbaik dari sensor lidah dalam merasakan rasa asin dapat dilihat pada Gambar 4.7. Grafik tersebut memperlihatkan respon membran terhadap larutan sampel NaCl. Respon membran 2 dan 12 sebelum penetasan pertama (konsentrasi log M = -4.70757) adalah *steady state*, hal tersebut berarti

bahwa sensor tersebut belum merespon terhadap konsentrasi di bawah konsentrasi penetasan pertama. Ketika dilakukan penetasan pertama, sensor-sensor tersebut menunjukkan perubahan. Hal tersebut membuktikan bahwa limit bawah sensor tersebut terjadi setelah penetasan pertama meskipun nilai perubahan antara masing-masing sensor berbeda. Sensor 1, 3, 6, 9, 10, dan 11 menunjukkan terjadi perubahan sebelum dilakukan penetasan pertama. Hal tersebut membuktikan bahwa limit bawah dari sensor tersebut terjadi sebelum penetasan pertama, sehingga memungkinkan jika diberi penetasan dengan konsentrasi dibawah 0,001 dapat menunjukkan limit bawahnya.

Dilihat dari drafik deteksi limit di atas, tidak semua grafik dari respon sensor menunjukkan hasil yang linier. Sehingga untuk mempermudah dalam proses kalibrasi, dibuatlak grafik regresi linier. Nilai dari regresi respon sensor KCl dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 4.4 Fungsi dan Regresi Linier Respon Sensor NaCl

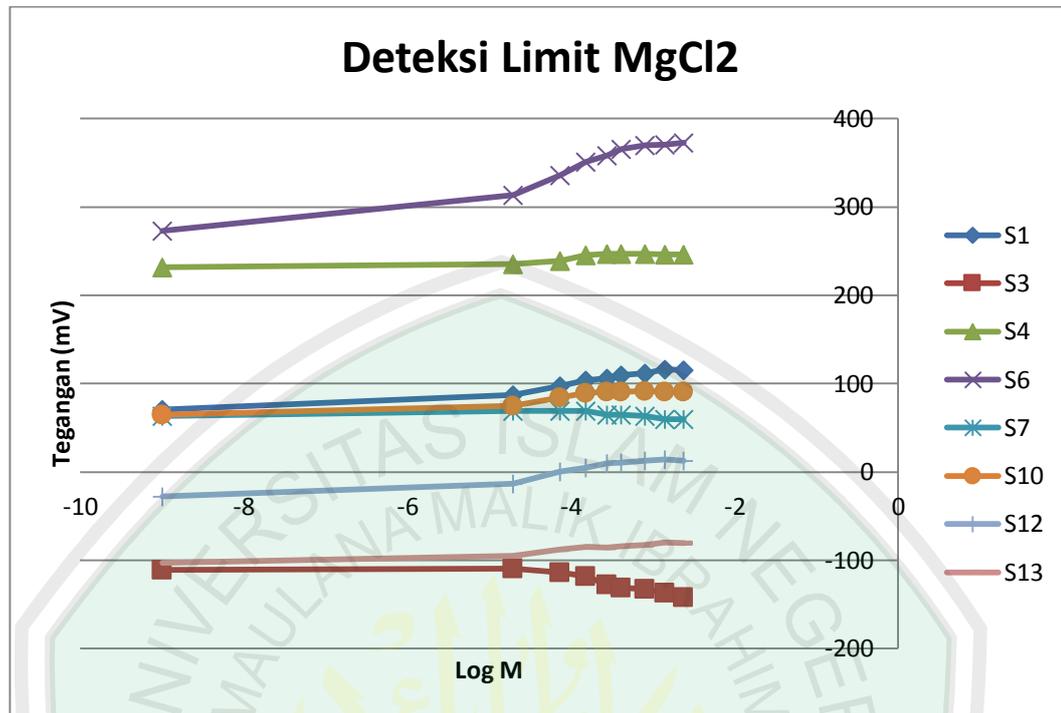
Sensor	Persamaan Gradien	Regresi (R ²)
1	$y = 9.707x + 141.1$	0.734
2	$y = 4.304x + 335.6$	0.779
3	$y = -14.39x - 183.4$	0.951
6	$y = 22.22x + 444.7$	0.873
9	$y = 7.864x - 113.9$	0.441
10	$y = 5.832x + 118.6$	0.584
11	$y = -11.70x - 240.1$	0.839
12	$y = 8.465x + 17.21$	0.741

Setelah diketahui deteksi limit seperti pada proses perhitungan sebelumnya, kemudian dapat dihitung nilai dari sensitivitas sensor terhadap sampel. Nilai dari sensitivitas tersebut dapat dihitung sebagai berikut:

Tabel 4.5 Sensitivitas Sensor Terhadap NaCl

Sensor	Limit Atas	Limit Bawah	Delta limit (mV)	Delta Konsentrasi (M)	Sensitivitas (mV/M)
1	111.60035	89.390414	22.209936	1.14747469	19.35549097
2	322.4578	313.24188	9.21592	1.14747469	8.03147998
3	-141.57088	-114.46957	-27.10131	1.61509933	-16.7799661
6	374.58736	331.432276	44.093238	1.61509933	27.30063544
9	-136.49652	-159.99991	23.503389	0.89096068	26.37982745
10	100.2184	85.915496	16.14844	1.14747469	14.073025
11	-212.78636	-190.28712	-21.561764	1.19227311	-18.0845847
12	-8.90345	-27.38037	18.47692	1.14747469	16.10224623

Hasil sensitivitas sensor lidah terhadap sampel NaCl dapat dilihat pada tabel 4.5. Tabel tersebut menunjukkan bahwa nilai sensitivitas yang paling besar ditunjukkan oleh sensor 6, dan nilai sensitivitas yang paling kecil ditunjukkan oleh sensor 11. Tanda positif atau negatif dalam perhitungan sensitivitas tidaklah berlaku karena tidak ada nilai sensitivitas yang bernilai negatif. Sehingga dapat disimpulkan bahwa sensor 6 memiliki sensitivitas paling baik terhadap NaCl dan sensor 11 memiliki sensitivitas paling buruk dalam merespon NaCl.



Gambar 4.6 Deteksi Limit dari MgCl₂

Delapan hasil respon terbaik dari sensor lidah dalam merasakan rasa pahit dapat dilihat pada Gambar 4.8. Grafik tersebut memperlihatkan respon membran terhadap larutan sampel MgCl₂. Respon membran 3, 4, 7, 10 dan 13 sebelum penetesan pertama (konsentrasi log M = -4.70757) adalah *steady state*, hal tersebut berarti bahwa sensor tersebut belum merespon terhadap konsentrasi di bawah konsentrasi penetesan pertama. Ketika dilakukan penetesan pertama, sensor-sensor tersebut menunjukkan perubahan. Hal tersebut membuktikan bahwa limit bawah sensor tersebut terjadi setelah penetesan pertama meskipun nilai perubahan antara masing-masing sensor berbeda. Sensor 1, 6, dan 12 menunjukkan terjadi perubahan sebelum dilakukan penetesan pertama. Hal tersebut membuktikan bahwa limit bawah dari sensor tersebut terjadi sebelum

penetesan pertama, sehingga memungkinkan jika diberi penetesan dengan konsentrasi dibawah 0,001 dapat menunjukkan limit bawahnya.

Dilihat dari drafik deteksi limit di atas, tidak semua grafik dari respon sensor menunjukkan hasil yang linier. Sehingga untuk mempermudah dalam proses kalibrasi, dibuatlak grafik regresi linier. Nilai dari regresi respon sensor $MgCl_2$ dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 4.6 Fungsi dan Regresi Linier Respon Sensor $MgCl_2$

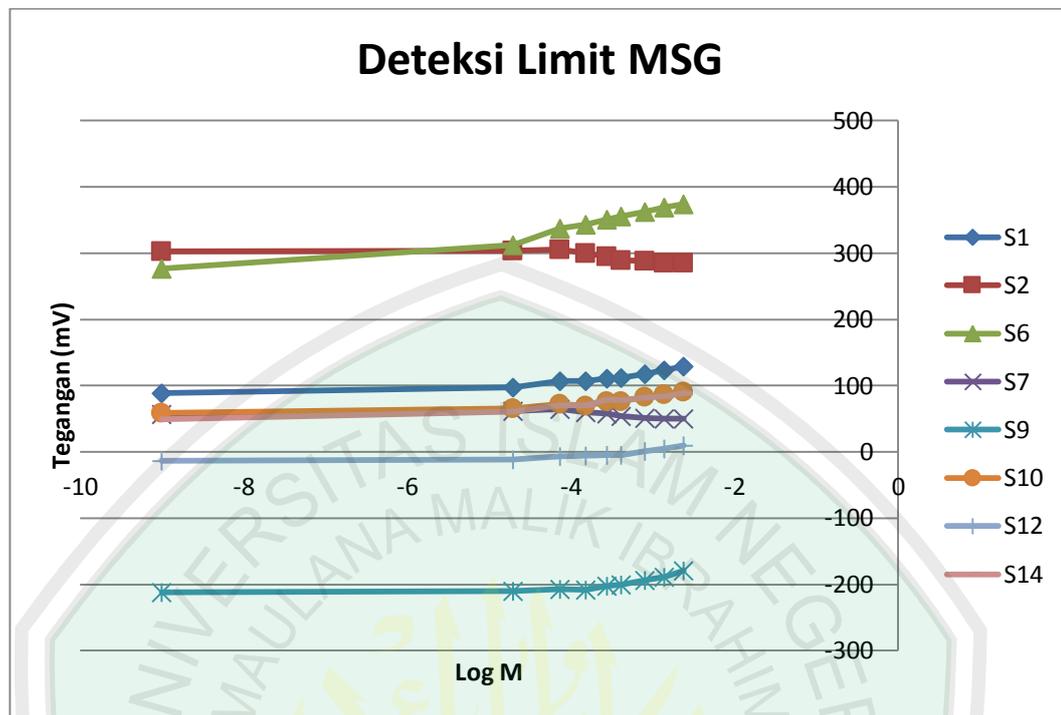
Sensor	Persamaan Gradien	Regresi (R^2)
1	$y = 14.07x + 155.6$	0.966
3	$y = -16.34x - 183.8$	0.959
4	$y = 5.488x + 263.4$	0.703
6	$y = 28.87x + 456.4$	0.926
7	$y = -5.318x + 46.21$	0.857
10	$y = 7.226x + 113.4$	0.725
12	$y = 12.47x + 50.49$	0.873
13	$y = 6.806x - 60.97$	0.913

Setelah diketahui deteksi limit seperti pada proses perhitungan sebelumnya, kemudian dapat dihitung nilai dari sensitivitas sensor terhadap sampel. Nilai dari sensitivitas tersebut dapat dihitung sebagai berikut:

Tabel 4.7 Sensitivitas Sensor Terhadap $MgCl_2$

Sensor	Limit Atas	Limit Bawah	Delta limit (mV)	Delta Konsentrasi (M)	Sensitivitas (mV/M)
1	116.22742	87.076879	29.150541	1.85290208	15.73236995
3	-141.57088	-109.32966	-32.241216	2.08323379	-15.4765232
4	245.799822	235.185736	10.614086	0.89096068	11.91308016
6	369.89659	313.60735	56.28924	1.61509933	34.85187502
7	59.865	69.19754	-9.33254	0.9619414	-9.70177602
10	90.99072	74.84228	16.14844	1.14747469	14.073025
12	12.806931	-13.060757	25.867688	1.61509933	16.0161592
13	-79.50499	-95.100955	15.595965	1.85290208	8.417047597

Hasil sensitivitas sensor lidah terhadap sampel $MgCl_2$ dapat dilihat pada tabel 4.7. Tabel tersebut menunjukkan bahwa nilai sensitivitas yang paling besar ditunjukkan oleh sensor 6, dan nilai sensitivitas yang paling kecil ditunjukkan oleh sensor 2. Tanda positif atau negatif dalam perhitungan sensitivitas tidaklah berlaku karena tidak ada nilai sensitivitas yang bernilai negatif. Sehingga dapat disimpulkan bahwa sensor 6 memiliki sensitivitas paling baik terhadap $MgCl_2$ dan sensor 2 memiliki sensitivitas paling buruk dalam merespon $MgCl_2$.



Gambar 4.7 Deteksi Limit dari MSG

Delapan hasil respon terbaik dari sensor lidah dalam merasakan rasa umami dapat dilihat pada Gambar 4.7. Grafik tersebut memperlihatkan respon membran terhadap larutan sampel MSG. Respon membran 2, 9, 10 dan 12 sebelum penetesan pertama (konsentrasi log M = -4.70757) adalah *steady state*, hal tersebut berarti bahwa sensor tersebut belum merespon terhadap konsentrasi di bawah konsentrasi penetesan pertama. Ketika dilakukan penetesan pertama, sensor-sensor tersebut menunjukkan perubahan. Hal tersebut membuktikan bahwa limit bawah sensor tersebut terjadi setelah penetesan pertama meskipun nilai perubahan antara masing-masing sensor berbeda. Sensor 1, 6, 7 dan 14 menunjukkan terjadi perubahan sebelum dilakukan penetesan pertama. Hal tersebut membuktikan bahwa limit bawah dari sensor tersebut terjadi sebelum

penetasan pertama, sehingga memungkinkan jika diberi penetasan dengan konsentrasi dibawah 0,001 dapat menunjukkan limit bawahnya.

Dilihat dari drafik deteksi limit di atas, tidak semua grafik dari respon sensor menunjukkan hasil yang linier. Sehingga untuk mempermudah dalam proses kalibrasi, dibuatlak grafik regresi linier. Nilai dari regresi respon sensor KCl dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 4.8 Fungsi dan Regresi Linier Respon Sensor MSG

Sensor	Persamaan Gradien	Regresi (R ²)
1	$y = 14.29x + 163.5$	0.938
2	$y = -11.13x + 254.7$	0.882
6	$y = 28.57x + 451.3$	0.985
7	$y = -7.38x + 30.14$	0.836
9	$y = 14.34x - 148.2$	0.840
10	$y = 11.77x + 119.0$	0.901
12	$y = 9.403x + 31.02$	0.901
14	$y = 12.89x + 122.1$	0.974

Setelah diketahui deteksi limit seperti pada proses perhitungan sebelumnya, kemudian dapat dihitung nilai dari sensitivitas sensor terhadap sampel. Nilai dari sensitivitas tersebut dapat dihitung sebagai berikut:

Tabel 4.9 Sensitivitas Sensor Terhadap MSG

Sensor	Limit Atas	Limit Bawah	Delta limit (mV)	Delta Konsentrasi (M)	Sensitivitas (mV/M)
1	129.645923	97.71914	31.926783	2.08323379	15.32558811
2	285.59412	304.02596	-18.43184	1.85290208	-9.94755211
6	374.118283	312.669196	61.449087	2.08323379	29.49697115
7	50.53246	61.731508	-11.199048	1.85290208	-6.04405819
9	-179.18635	-209.88465	30.698300	2.08323379	14.73589000
10	90.99072	69.305672	21.685048	1.19227311	18.18798715
12	9.57347	-11.674988	21.248458	2.08323379	10.19974719
14	88.418945	60.621245	27.7977	2.08323379	13.34353356

Hasil sensitivitas sensor lidah terhadap sampel MSG dapat dilihat pada tabel 4.9. Tabel tersebut menunjukkan bahwa nilai sensitivitas yang paling besar ditunjukkan oleh sensor 6, dan nilai sensitivitas yang paling kecil ditunjukkan oleh sensor 2. Tanda positif atau negatif dalam perhitungan sensitivitas tidaklah berlaku karena tidak ada nilai sensitivitas yang bernilai negatif. Sehingga dapat disimpulkan bahwa sensor 6 memiliki sensitivitas paling baik terhadap MSG dan sensor 2 memiliki sensitivitas paling buruk dalam merespon MSG.

Tujuan dari pengujian deteksi limit dan sensitivitas adalah untuk mengetahui respon dari sensor saat pemberian penambahan konsentrasi. Deteksi limit yang dilihat merupakan limit bawah, yaitu saat dimana sensor mulai merespon terhadap perubahan konsentrasi. Sedangkan sensitivitas merupakan perbandingan dari selisih limit atas dan limit bawah dengan perubahan konsentrasi yang terjadi antara limit atas dan limit bawah. Untuk mempermudah dalam menyimpulkan, maka dibuatlah tabel hasil keseluruhan untuk nilai deteksi limit dan sensitivitas sensor lidah.

Tabel 4.10 Kesimpulan Pengujian Deteksi Limit dan Sensitivitas

Jenis Sampel	Sensor Terbaik	Limit Sebelum 1.96×10^{-5} M	Limit Setelah 1.96×10^{-5} M	Sensitivitas Terbaik	Sensitivitas Terburuk
KCl	1, 2, 3, 6, 8, 9, 10, dan 11	S1, S2, S3, S8, dan S10	S6, S9, dan S11	S6	S11
NaCl	1, 2, 3, 6, 9, 10, 11, dan 12	S2 dan S12	S1, S3, S6, S9, S10, dan S11	S6	S11
MgCl ₂	1, 3, 4, 6, 7, 10, 12, dan 13	S3, S4, S7, S10 dan S13	S1, S6, dan S12	S6	S3
MSG	1, 2, 6, 7, 9, 10, 12, dan 14	S2, S9, S10 dan S12	S1, S6, S7 dan S14	S6	S2

Melihat kesimpulan data di atas dapat diketahui bahwa sensor 6 dapat merespon keempat rasa dengan respon yang sama yaitu setelah penetasan pertama. Sensor 10 dapat merespon keempat rasa akan tetapi memiliki respon yang berbeda. Sensor 10 merespon KCl, MgCl₂, dan MSG sebelum penetasan pertama dan NaCl setelah dilakukan penetasan pertama. Sensor 6 memiliki sensitivitas terbaik dalam merespon ke empat rasa dasar, sedangkan sensor 11 memiliki sensitivitas buruk terhadap rasa asam dan asin begitu pula sensor 3 memiliki sensitivitas buruk terhadap rasa pahit dan sensor 2 memiliki sensitivitas yang buruk juga terhadap rasa umami.

Prinsip kerja dari sensor lidah elektronika adalah sama seperti lidah manusia. Didalam lidah terdapat papilla-papilla yang berfungsi sebagai reseptor rasa makanan. Setiap sensor rasa dapat mengidentifikasi masing-masing rasa akan

tetapi memiliki kepekaan yang lebih terhadap rasa tertentu begitu juga dengan sensor lidah. Sifat dari sensor lidah adalah ketidakselektifannya. Suatu sensor tidak dapat langsung mengidentifikasi satu rasa. Sensor tersebut dapat mengidentifikasi hampir kesemua rasa akan tetapi ada rasa-rasa tertentu yang lebih dominan.

Pada grafik deteksi limit menunjukkan dua hasil yaitu limit yang mengarah ke atas dan limit yang mengarah ke bawah hal tersebut disebabkan oleh adanya dua tipe membran. Membran positif adalah membran yang menunjukkan perubahan limit ke atas. Dan membran negatif adalah membran yang menunjukkan perubahan limit ke bawah. Saat membran berinteraksi dengan sampel, hal tersebut memunculkan nilai tegangan output yaitu positif dan negatif. Nilai output positif berarti potensial membran bernilai positif, begitu juga sebaliknya. Jika nilai tegangan output negatif nilai dari potensial membran adalah negatif. Namun berbeda dengan membran positif atau membran negatif. Karena membran positif dan negatif hanya ditunjukkan oleh grafik deteksi limit.

4.5.2 Respond Time

Respond Time atau waktu tanggap merupakan pengaruh waktu yang dibutuhkan sensor dalam berinteraksi dengan perubahan variabel. Perubahan variabel dalam percobaan ini yaitu dengan memberikan perubahan konsentrasi. Perubahan konsentrasi dilakukan dengan memberikan delapan kali penetesan dengan durasi antar penetesan yaitu 300 detik. Sehingga untuk mengetahui waktu respon dari sensor lidah, sibuatlah grafik hubungan antara tegangan (sebagai output dari perubahan variabel) dengan durasi waktu penetesan. Waktu tanggap ini

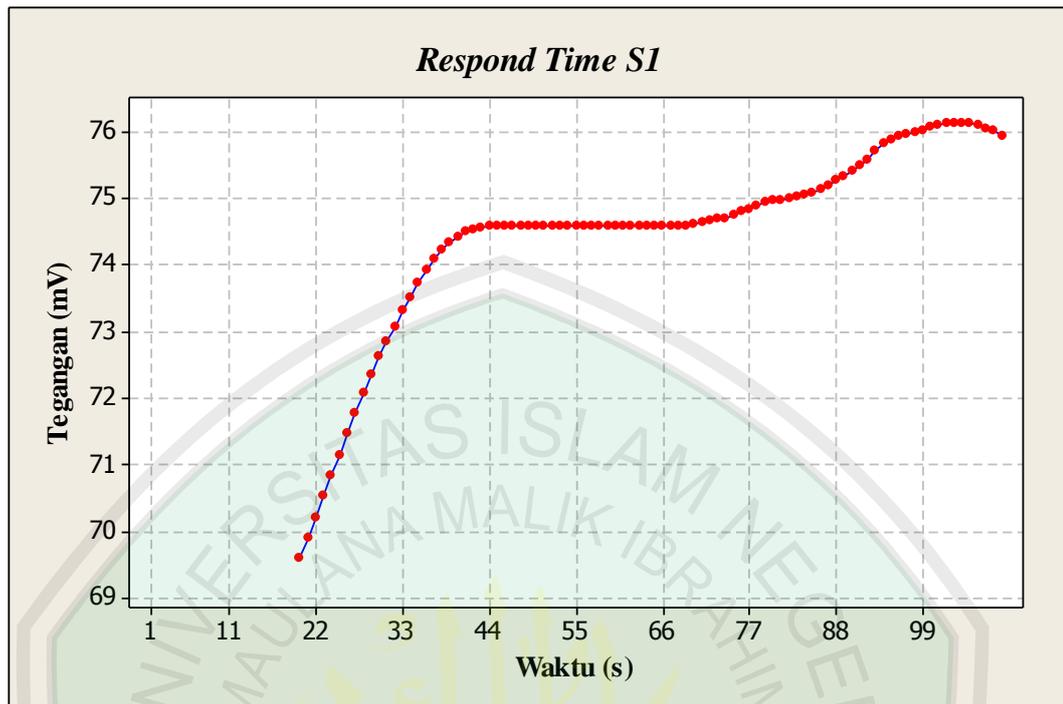
dianggap berada setelah penetasan pertama, karena penetasan pertama memberikan konsentrasi terendah sehingga kemungkinan besar sensor merespon pada konsentrasi tersebut. Jadi, data yang diambil untuk mengetahui *respond time* adalah data ke 300 hingga ke 600 yang kemudian dibuat grafik hubungan antara waktu dengan tegangan output.

Karakteristik yang menunjukkan bahwa *respond time* menunjukkan nilai baik adalah bahwa ia melakukan penyimpangan terhadap titik *steady state* sebesar -4,8 V hingga +4,8 mV. Karena meskipun tegangan yang *masuk* sangat baik (ADC 10 bit dan $V_{input} = 5\text{ V}$) tetap saja mengalami penyimpangan karena adanya hambatan dalam sebesar 4,8 mV tersebut.

Setiap sampel memiliki 16 *respond time* karena sensor lidah menggunakan 16 membran lipid sebagai sensor. Kemudian dari ke 16 hasil respon tersebut dipilih 8 respon terbaik sensor terhadap masing-masing sampel dan dibuat grafik hubungan waktu dan konsentrasi menggunakan program mini tab 2006. Hasil 8 respon terbaik tersebut yaitu:

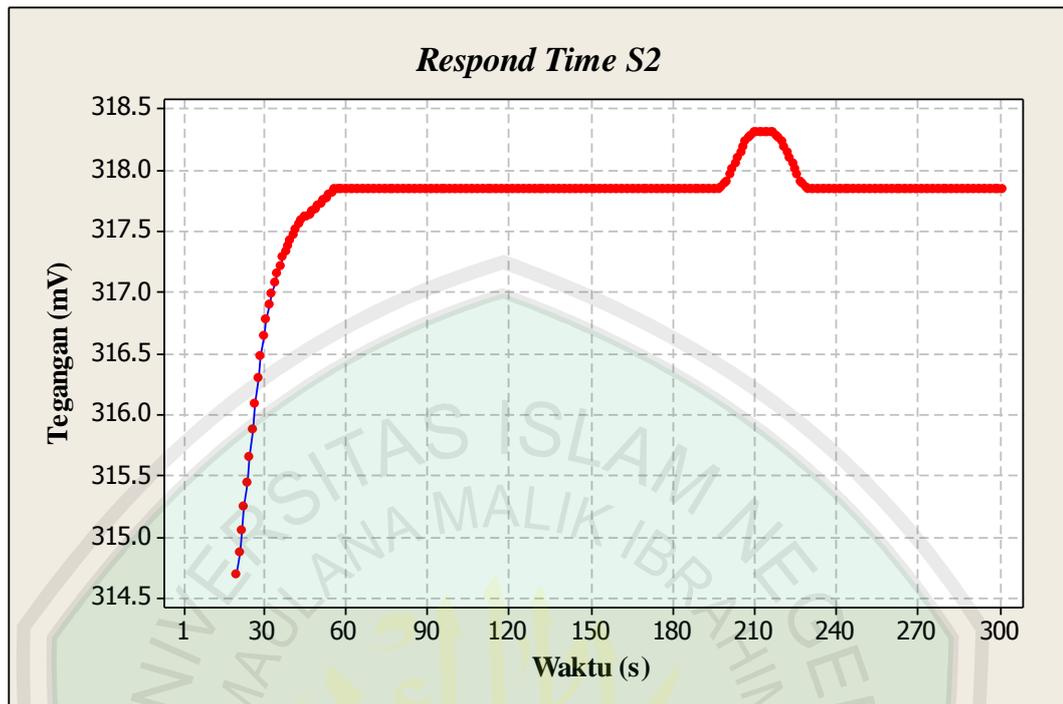
1. *Respond time* terhadap Sampel KCl

Hasil terbaik sensor lidah dalam merespon KCl ditunjukkan oleh sensor 1, 2, 8, 9, 10, 12, 14, dan 16.



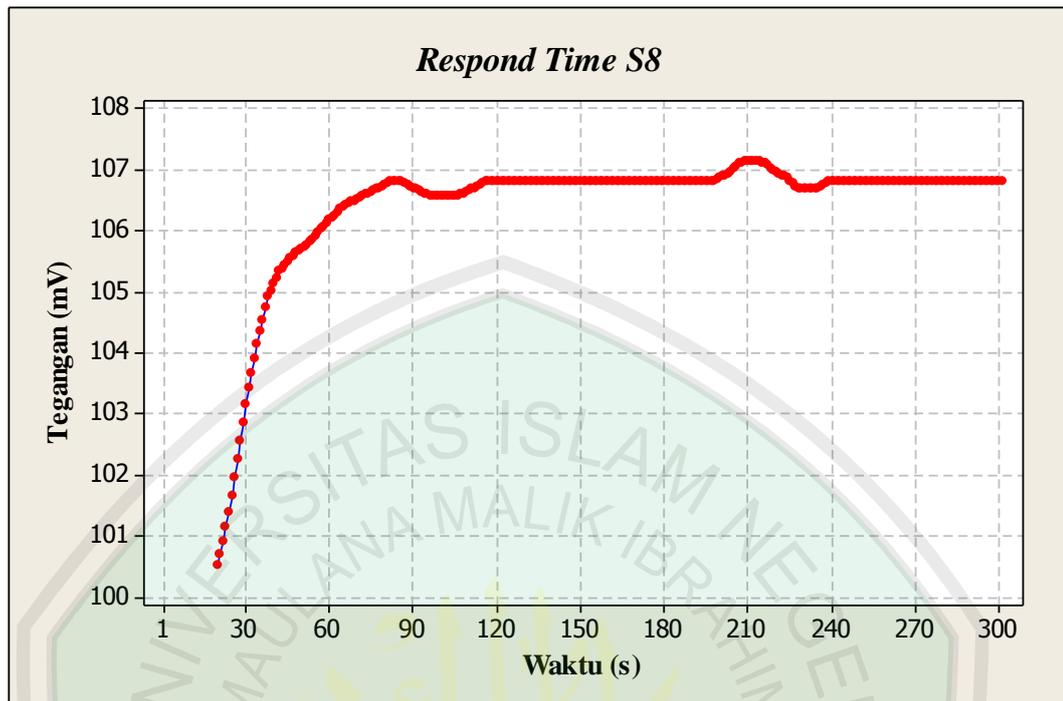
Gambar 4.8 *Respond Time* sensor 1 terhadap KCl

Gambar 4.8 memperlihatkan *respond time* dari sensor 1 terhadap KCl. Dari grafik tersebut terlihat bahwa Sensor mulai merespon sampel pada detik ke 20 dan tegangan 69.7 mV kemudian mengalami kenaikan sampai tegangan 74.5 mV dan *steady state* setelah detik ke 40. Dan setelah detik ke 62 terjadi kenaikan tegangan lagi sebesar 2 mV. Jadi, *steady state* terletak antara detik 40-62. Karena penyimpangan tegangan kurang dari 4.8 maka dapat disimpulkan bahwa respon dari sensor tersebut memenuhi kriteria *steady state*.



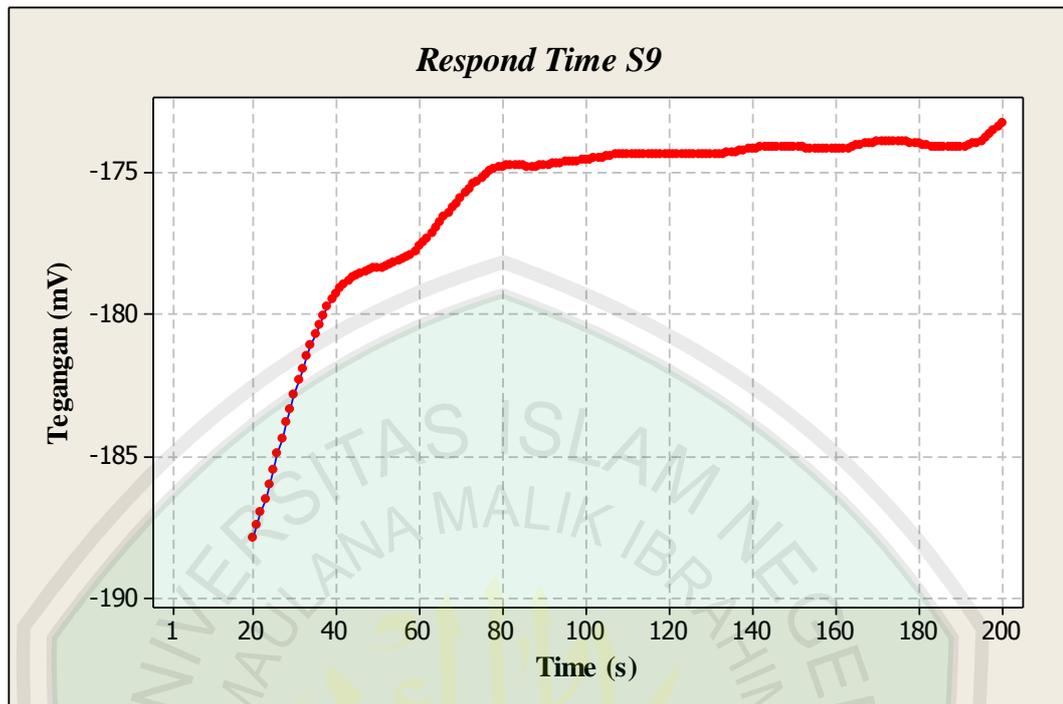
Gambar 4.9 *Respond Time* sensor 2 terhadap KCl

Gambar 4.9 memperlihatkan *respond time* dari sensor 2 terhadap KCl. Dari grafik tersebut terlihat bahwa sensor merespon setelah detik ke 20 pada tegangan 314.7 mV kemudian mengalami kenaikan sampai tegangan 317,8 mV dan *steady state* setelah detik ke 70. Pada detik-detik tertentu grafik *steady state* menunjukkan adanya gangguan (*noise*) hingga menimbulkan kenaikan sampai 318.8 mV. Tapi hasil *respond time* dari sensor 2 ini menunjukkan nilai yang baik, karena menunjukkan nilai *steady state* yang stabil dan nilai dari penyimpangan tegangan saat *steady state* tidak lebih dari 4.8 mV.



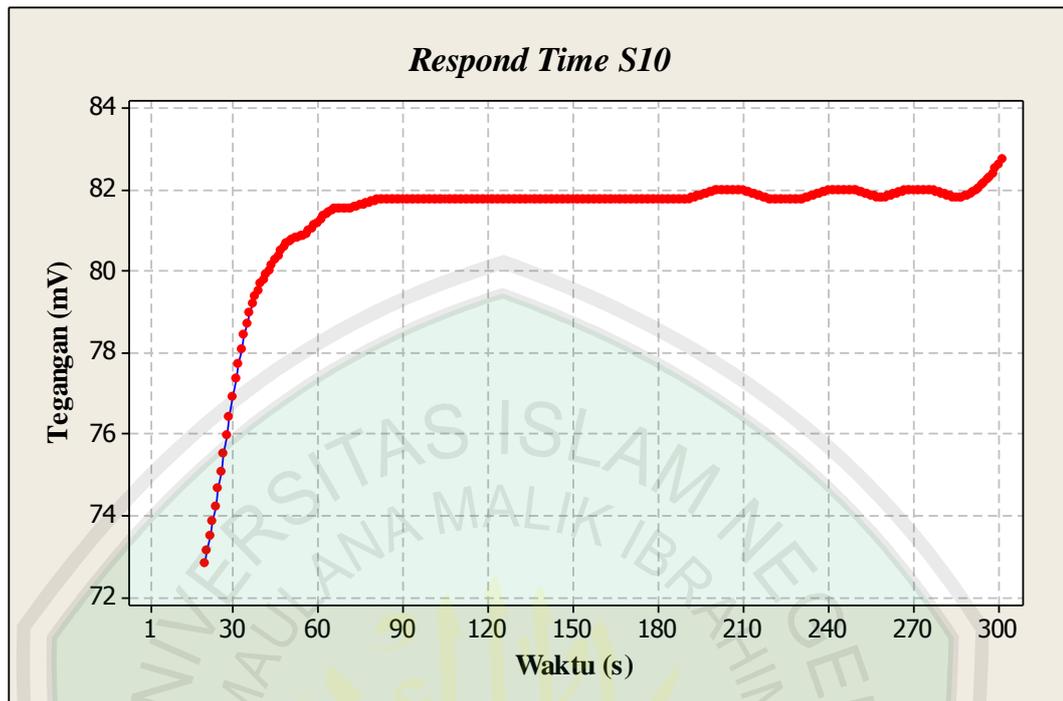
Gambar 4.10 *Respond Time* sensor 8 terhadap KCl

Gambar 4.10 memperlihatkan *respond time* dari sensor 8 terhadap KCl. Dari grafik tersebut terlihat bahwa sensor merespon setelah detik ke 20 pada tegangan 100.5 mV kemudian mengalami kenaikan sampai tegangan 106,8 mV dan *steady state* setelah detik ke 80. Pada detik-detik tertentu grafik *steady state* menunjukkan adanya gangguan (*noise*) hingga menimbulkan kenaikan sampai 107.2 mV dan penurunan hingga 106.3 mV. Tapi hasil *respond time* dari sensor 8 ini menunjukkan nilai yang baik, karena menunjukkan nilai *steady state* yang stabil dan nilai dari penyimpangan tegangan saat *steady state* tidak lebih dari 4.8 mV.



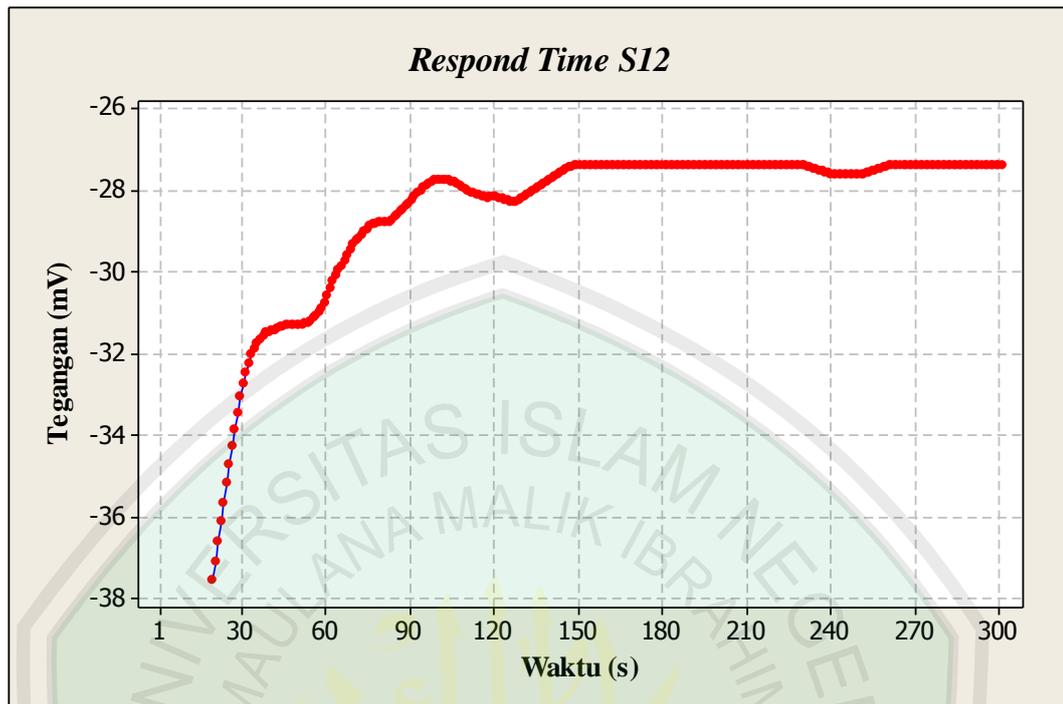
Gambar 4.11 *Respond Time* sensor 9 terhadap KCl

Gambar 4.11 memperlihatkan *respond time* dari sensor 9 terhadap KCl. Dari grafik tersebut terlihat bahwa sensor merespon setelah detik ke 20 pada tegangan -188 mV kemudian mengalami kenaikan sampai tegangan -175 mV dan *steady state* setelah detik ke 80. Pada detik-detik tertentu grafik *steady state* menunjukkan adanya gangguan (*noise*) hingga menimbulkan kenaikan sampai 175.8 mV. Tapi hasil *respond time* dari sensor 9 ini menunjukkan nilai yang baik, karena menunjukkan nilai *steady state* yang stabil dan nilai dari penyimpangan tegangan saat *steady state* tidak lebih dari 4.8 mV.



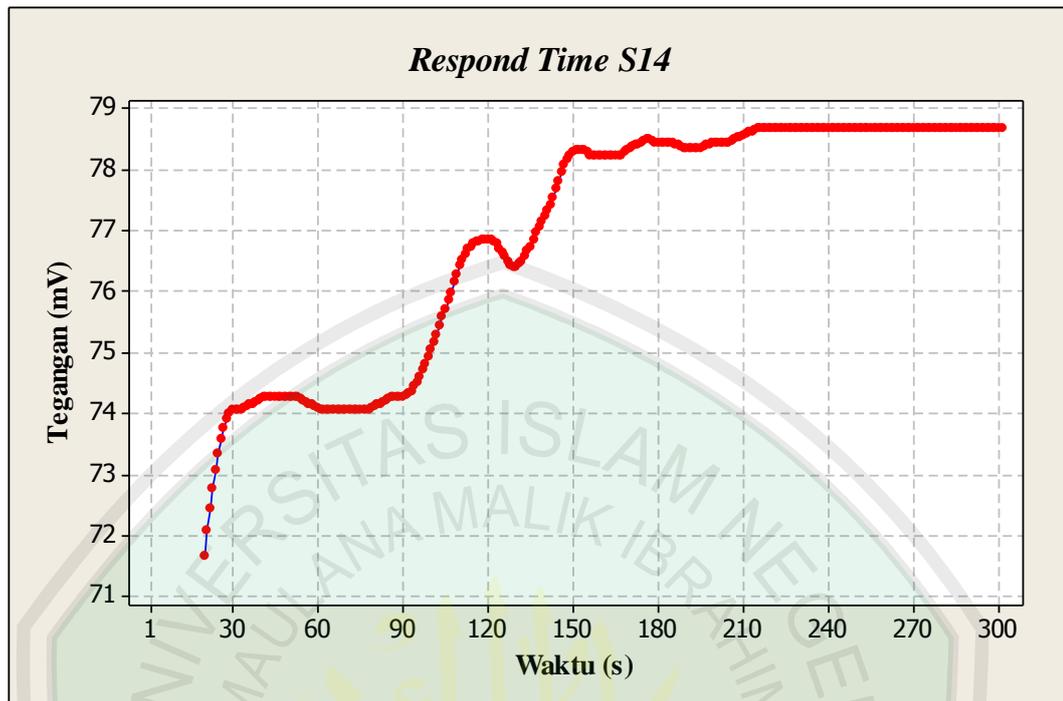
Gambar 4.12 *Respond Time* sensor 10 terhadap KCl

Gambar 4.12 memperlihatkan *respond time* dari sensor 10 terhadap KCl. Dari grafik tersebut terlihat bahwa sensor merespon setelah detik ke 20 pada tegangan 73 mV kemudian mengalami kenaikan sampai tegangan 81.9 mV dan *steady state* setelah detik ke 80. Pada detik-detik tertentu grafik *steady state* menunjukkan adanya gangguan (*noise*) hingga menimbulkan kenaikan sampai 83 mV. Tapi hasil *respond time* dari sensor 10 ini menunjukkan nilai yang baik, karena menunjukkan nilai *steady state* yang stabil dan nilai dari penyimpangan tegangan saat *steady state* tidak lebih dari 4.8 mV.



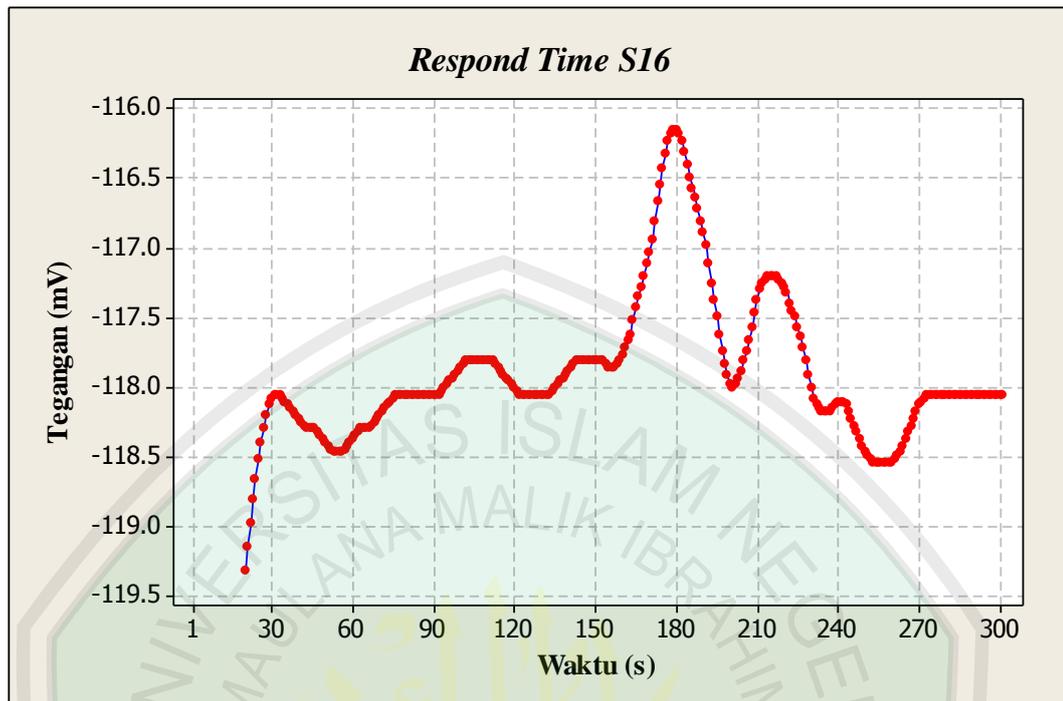
Gambar 4.13 *Respond Time* sensor 12 terhadap KCl

Gambar 4.13 memperlihatkan *respond time* dari sensor 12 terhadap KCl. Dari grafik tersebut terlihat bahwa sensor merespon setelah detik ke 20 pada tegangan -38.5 mV kemudian mengalami kenaikan sampai tegangan -27.8 mV dan *steady state* setelah detik ke 150. Pada detik-detik tertentu grafik *steady state* menunjukkan adanya gangguan (*noise*) hingga menimbulkan penurunan sampai -27.9 mV. Tapi hasil *respond time* dari sensor 12 ini menunjukkan nilai yang baik, karena menunjukkan nilai *steady state* yang stabil dan nilai dari penyimpangan tegangan saat *steady state* tidak lebih dari 4.8 mV.



Gambar 4.14 *Respond Time* sensor 14 terhadap KCl

Gambar 4.14 memperlihatkan *respond time* dari sensor 14 terhadap KCl. Dari grafik tersebut terlihat bahwa sensor merespon setelah detik ke 20 pada tegangan 71.6 mV kemudian mengalami kenaikan sampai tegangan 78.8 mV dan *steady state* setelah detik ke 210. Setelah *steady state* respon sensor ini tidak menunjukkan adanya *noise*. Hal tersebut berarti respon sensor ini sangat bagus akan tetapi membutuhkan waktu yang lebih lama dibandingkan dengan sensor-sensor yang berespon baik lainnya (*low respond*)

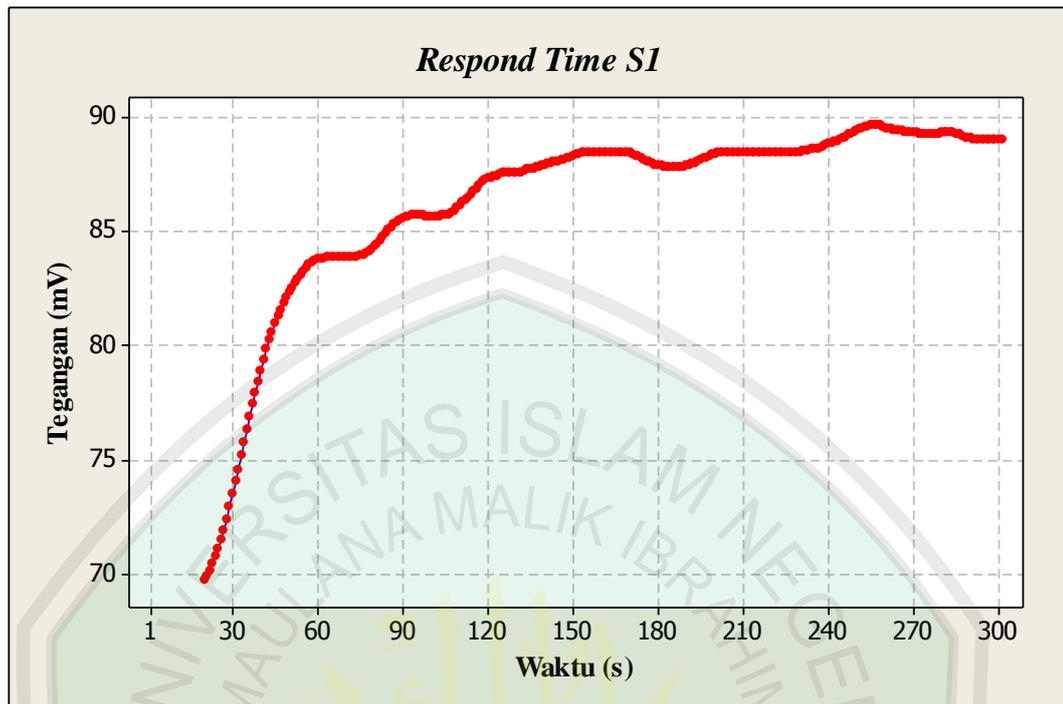


Gambar 4.15 *Respond Time* sensor 16 terhadap KCl

Gambar 4.15 memperlihatkan *respond time* dari sensor 16 terhadap KCl. Dari grafik tersebut terlihat bahwa sensor merespon setelah detik ke 20 pada tegangan -119.3 mV kemudian mengalami kenaikan sampai tegangan -118 mV dan *steady state* setelah detik ke 30. Pada detik-detik tertentu grafik *steady state* menunjukkan adanya gangguan (*noise*) hingga menimbulkan kenaikan sampai -116,2 mV. Tapi hasil *respond time* dari sensor 16 masih ini menunjukkan nilai yang baik, karena nilai dari penyimpangan tegangan saat *steady state* tidak lebih dari 4.8 mV meskipun terdapat banyak *noise*.

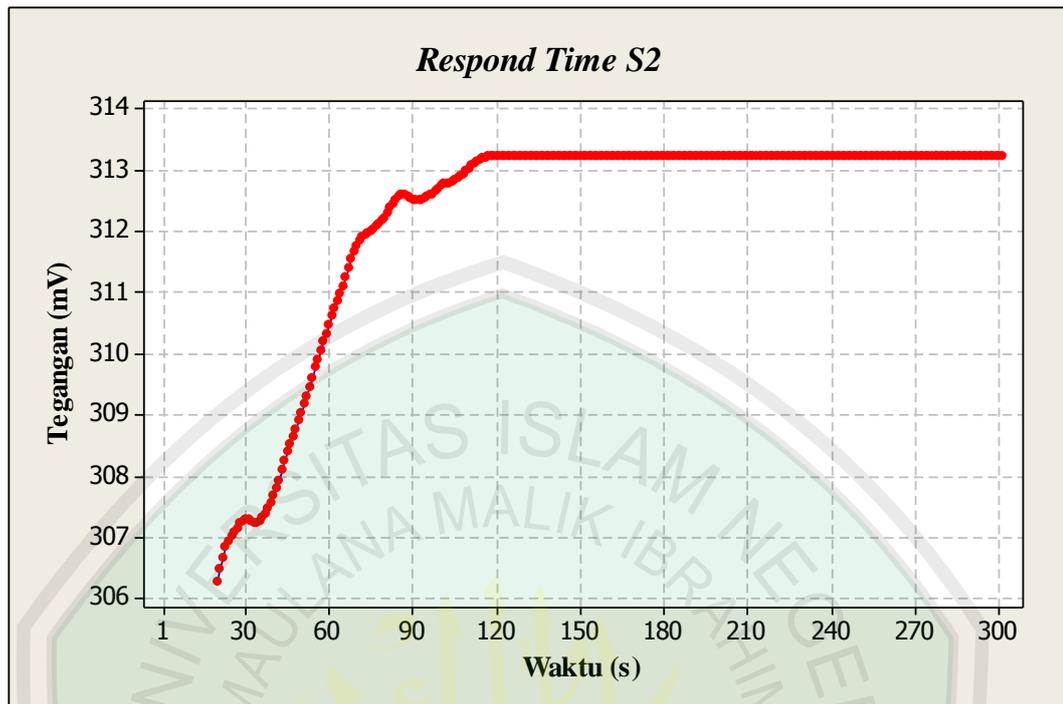
2. *Respond time* terhadap Sampel NaCl

Hasil terbaik sensor lidah dalam merespon KCl ditunjukkan oleh sensor 1, 2, 3, 7, 8, 9, 10, dan 12



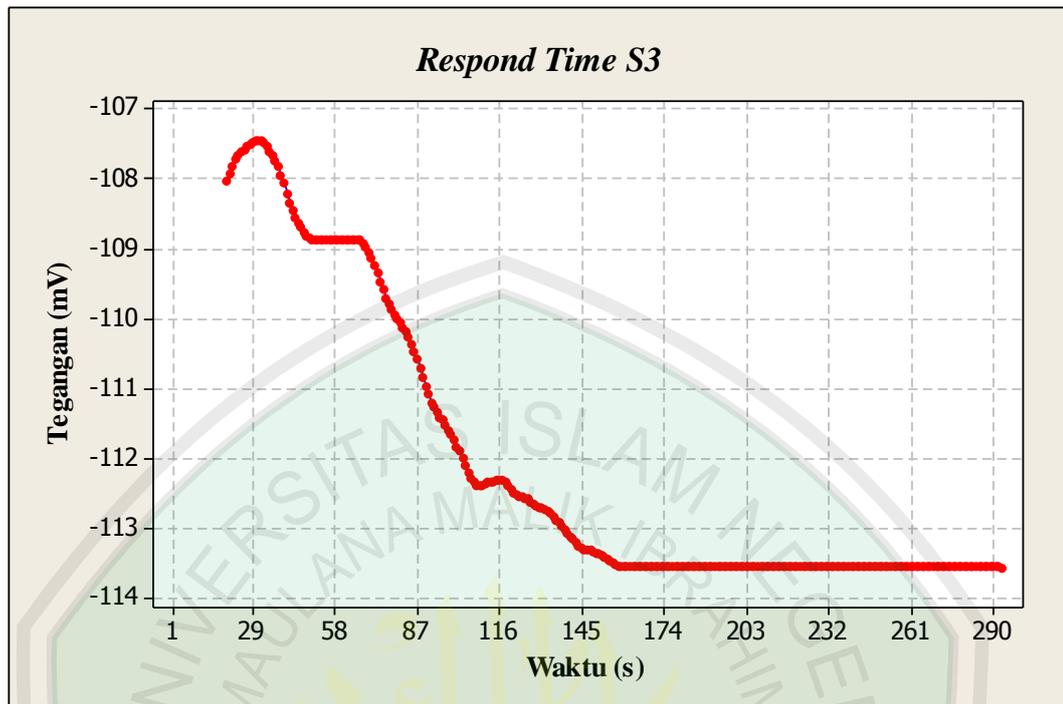
Gambar 4.16 *Respond Time* sensor 1 terhadap NaCl

Gambar 4.16 memperlihatkan *respond time* dari sensor 1 terhadap NaCl. Dari grafik tersebut terlihat bahwa sensor merespon setelah detik ke 20 pada tegangan 70 mV kemudian mengalami kenaikan sampai tegangan 88 mV dan *steady state* setelah detik ke 150. Pada detik-detik tertentu grafik *steady state* menunjukkan adanya gangguan (*noise*) hingga menimbulkan kenaikan sampai 90 mV. Tapi hasil *respond time* dari sensor 1 ini menunjukkan nilai yang baik, karena nilai dari penyimpangan tegangan saat *steady state* tidak lebih dari 4.8 mV meskipun grafik dari *steady state* tidak linier dan memiliki banyak gangguan.



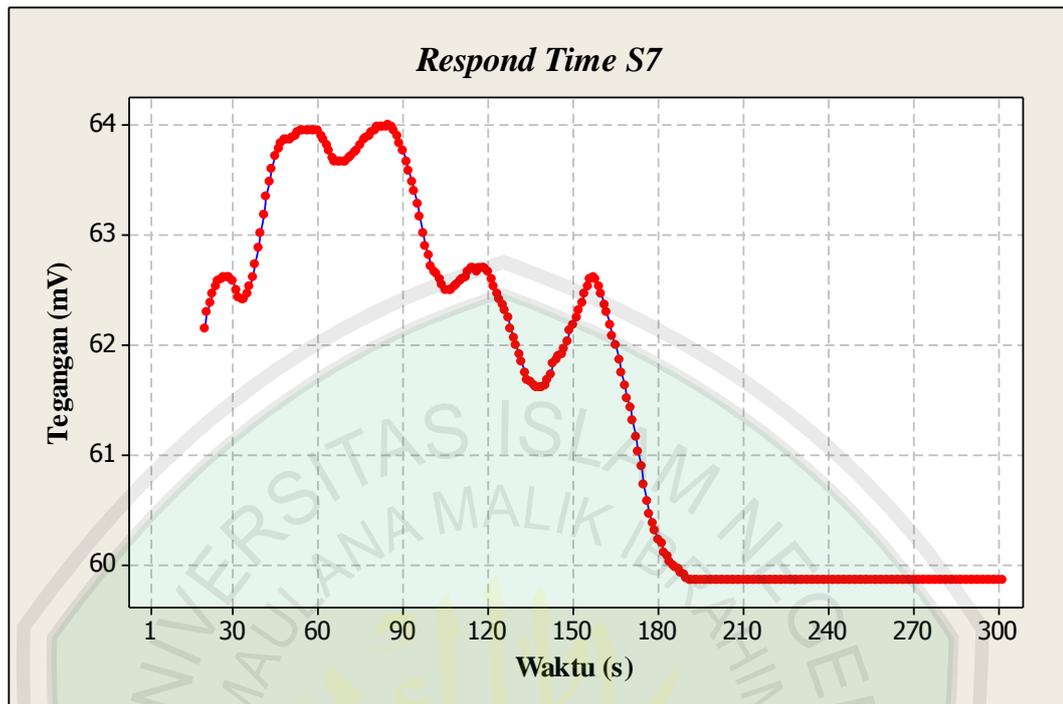
Gambar 4.17 *Respond Time* sensor 2 terhadap NaCl

Gambar 4.17 memperlihatkan *respond time* dari sensor 2 terhadap NaCl. Dari grafik tersebut terlihat bahwa sensor merespon setelah detik ke 20 pada tegangan 306.3 mV kemudian mengalami kenaikan sampai tegangan 313.2 mV dan *steady state* setelah detik ke 118. Setelah *steady state* grafik menunjukkan grafik yang linier tanpa *noise*, hal tersebut menunjukkan bahwa sensor 2 ini merespon sangat baik terhadap NaCl meskipun membutuhkan waktu yang cukup; lama untuk mencapai kondisi *steady state*.



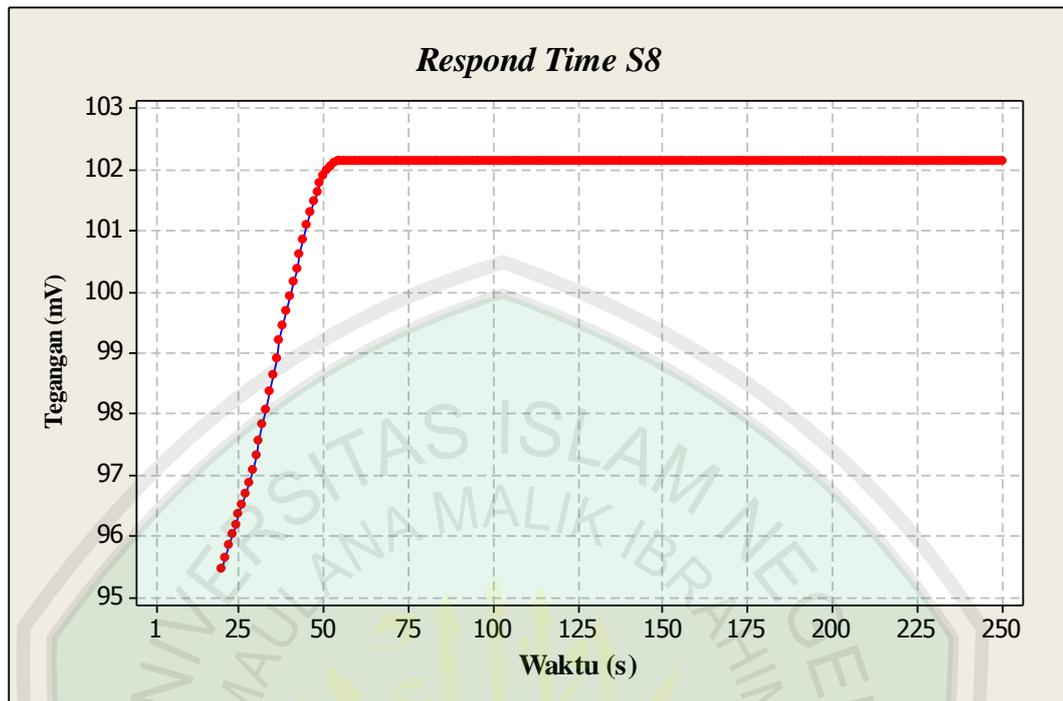
Gambar 4.18 *Respond Time* sensor 3 terhadap NaCl

Gambar 4.18 memperlihatkan *respond time* dari sensor 3 terhadap NaCl. Dari grafik tersebut terlihat bahwa sensor merespon setelah detik ke 20 pada tegangan -108 mV kemudian mengalami penurunan sampai tegangan -113.5 mV dan *steady state* setelah detik ke 160. Grafik menunjukkan fungsi turun, akan tetapi nilai dari *steady state* menunjukkan nilai yang sangat bagus yakni linier tanpa *noise* meskipun membutuhkan waktu yang sedikit lama untuk mencapai titik setimbang tersebut. Namun secara garis besar respon sensor 3 ini bagus dalam merespon NaCl.



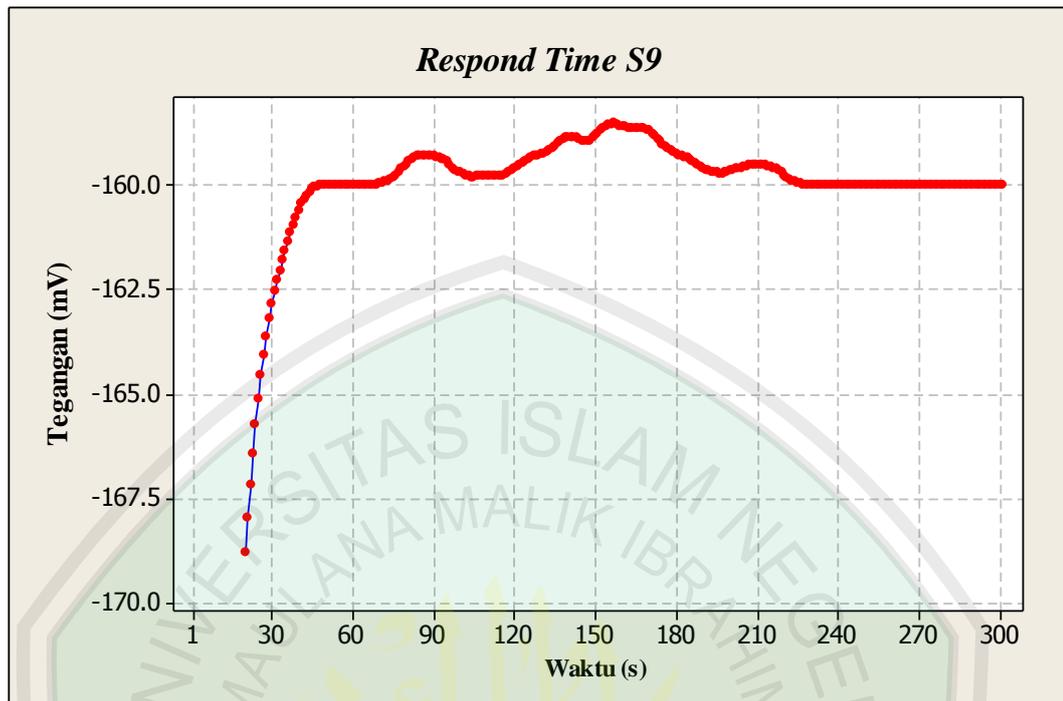
Gambar 4.19 Respond Time sensor 7 terhadap NaCl

Gambar 4.19 memperlihatkan *respond time* dari sensor 7 terhadap NaCl. Dari grafik tersebut terlihat bahwa sensor merespon setelah detik ke 20 pada tegangan 62.2 mV kemudian mengalami ketidakstabilan tegangan dan *steady state* pada detik ke 190 dan tegangan 59 mV. Grafik tersebut menunjukkan respon yang baik antara sensor 7 terhadap sampel NaCl. Hasil grafik *steady state* menunjukkan nilai yang baik yakni linier tanpa *noise*. Akan tetapi untuk mencapai titik setimbang tersebut sensor membutuhkan waktu yang lama terhadap sampel. akan tetapi secara garis besar, respon sensor 7 terhadap sampel menunjukkan hasil yang baik.



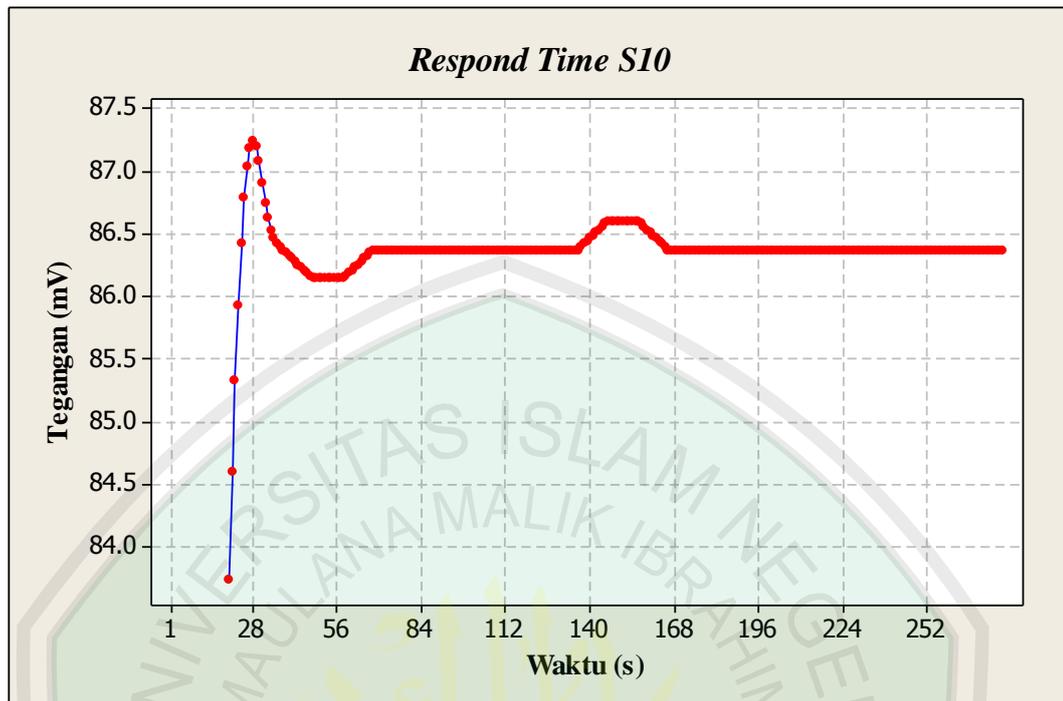
Gambar 4.20 *Respond Time* sensor 8 terhadap NaCl

Gambar 4.20 memperlihatkan *respond time* dari sensor 8 terhadap NaCl. Dari grafik tersebut terlihat bahwa sensor merespon setelah detik ke 20 pada tegangan 95.5 mV kemudian mengalami kenaikan sampai tegangan 102 mV dan *steady state* setelah detik ke 50. Sensor 8 ini menunjukkan nilai yang sangat baik dalam merespon sampel NaCl. Dalam waktu singkat sensor bisa merespon sampel dan hasil nilai *steady state* menunjukkan nilai yang sangat baik yakni linier tanpa adanya *noise* (gangguan).



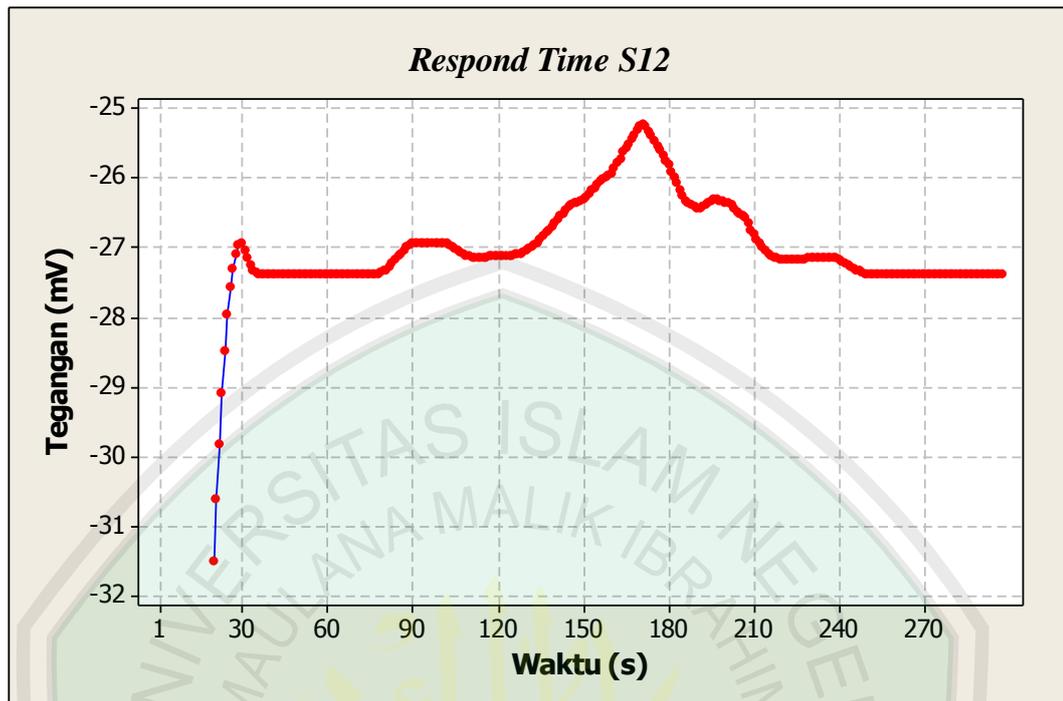
Gambar 4.21 *Respond Time* sensor 9 terhadap NaCl

Gambar 4.21 memperlihatkan *respond time* dari sensor 9 terhadap NaCl. Dari grafik tersebut terlihat bahwa sensor merespon setelah detik ke 20 pada tegangan -167.8 mV kemudian mengalami kenaikan sampai tegangan -160 mV dan *steady state* setelah detik ke 40. Pada detik-detik tertentu grafik *steady state* menunjukkan adanya gangguan (*noise*) hingga menimbulkan kenaikan sampai -158,2 mV. Meskipun terdapat *noise*, akan tetapi hasil *respond time* dari sensor 9 masih ini menunjukkan nilai yang baik, karena nilai dari penyimpangan tegangan saat *steady state* tidak lebih dari 4.8 mV.



Gambar 4.22 *Respond Time* sensor 10 terhadap NaCl

Gambar 4.22 memperlihatkan *respond time* dari sensor 10 terhadap NaCl. Dari grafik tersebut terlihat bahwa sensor merespon setelah detik ke 20 pada tegangan 83.7 mV kemudian mengalami kenaikan sampai tegangan 87.7 mV dan *steady state* setelah detik ke 30 pada tegangan 86.4. Pada detik-detik tertentu grafik *steady state* menunjukkan adanya gangguan (*noise*) hingga menimbulkan kenaikan sampai 85.6 mV. Tapi hasil *respond time* dari sensor 10 masih ini menunjukkan nilai yang baik, karena nilai dari penyimpangan tegangan saat *steady state* tidak lebih dari 4.8 mV dan jumlah *noise* hanyalah sedikit.

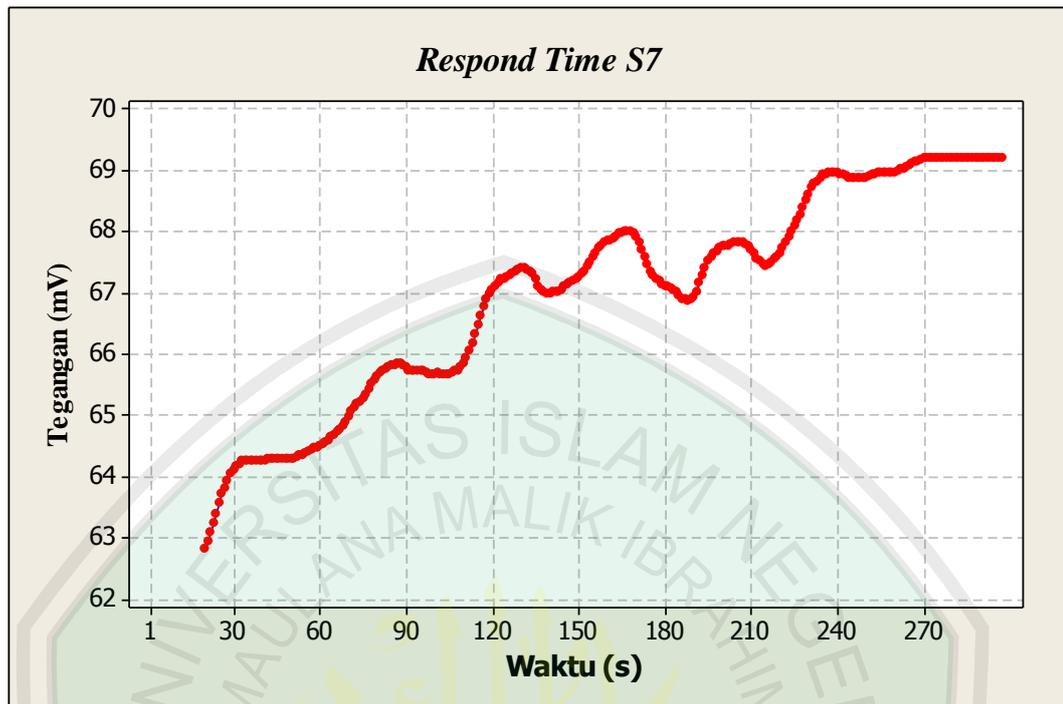


Gambar 4.23 *Respond Time* sensor 12 terhadap NaCl

Gambar 4.23 memperlihatkan *respond time* dari sensor 12 terhadap NaCl. Dari grafik tersebut terlihat bahwa sensor merespon setelah detik ke 20 pada tegangan -31.7 mV kemudian mengalami kenaikan sampai tegangan -27.3 mV dan *steady state* setelah detik ke 35. Pada detik-detik tertentu grafik *steady state* menunjukkan adanya gangguan (*noise*) hingga menimbulkan kenaikan sampai -25.2 mV. Tapi hasil *respond time* dari sensor 10 masih ini menunjukkan nilai yang baik, karena nilai dari penyimpangan tegangan saat *steady state* tidak lebih dari 4.8 mV dan jumlah *noise* hanyalah sedikit.

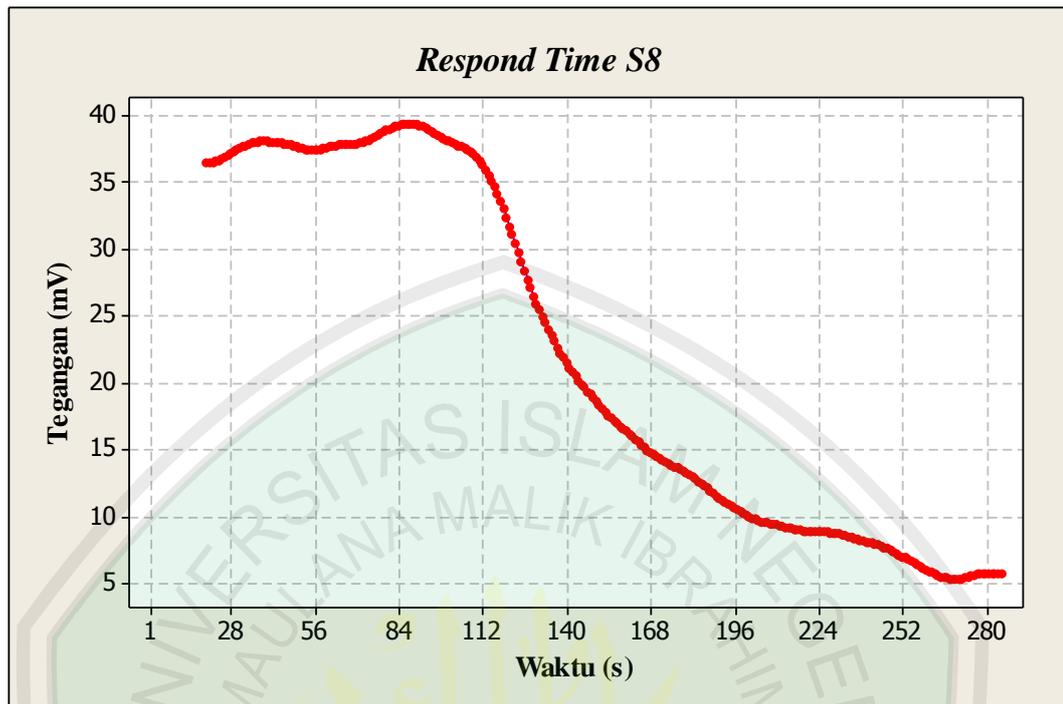
3. *Respond time* terhadap Sampel MgCl₂

Hasil terbaik sensor lidah dalam merespon MgCl₂ ditunjukkan oleh sensor 7, 8, 10, 12, 13, 14, 15, dan 16



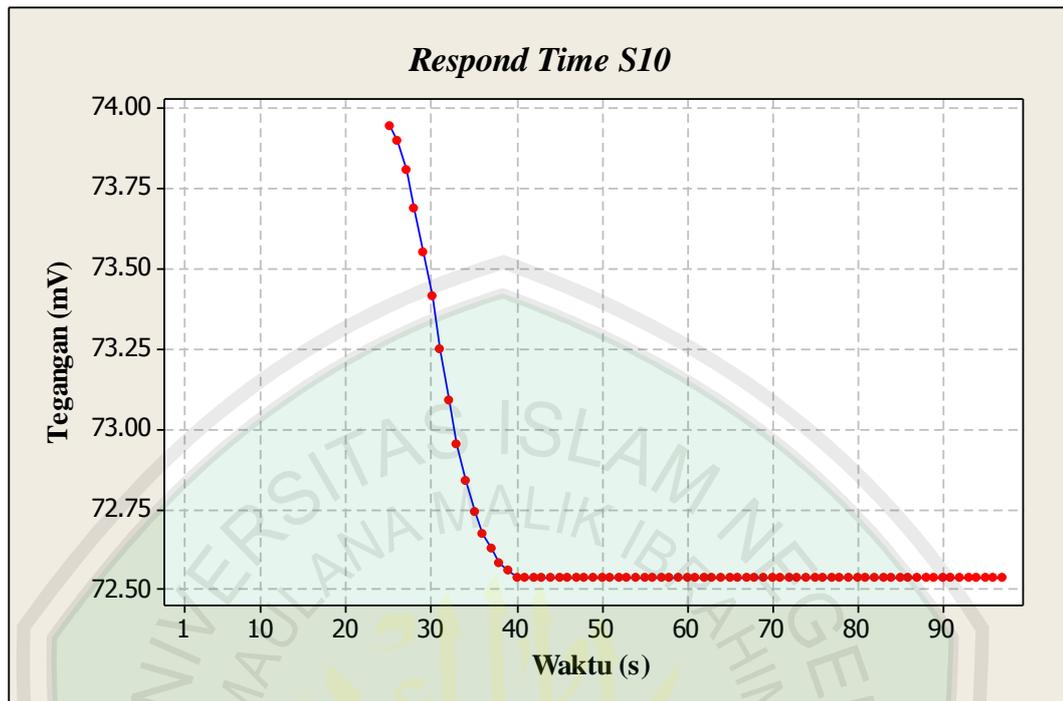
Gambar 4.24 *Respond Time* sensor 7 terhadap MgCl₂

Gambar 4.24 memperlihatkan *respond time* dari sensor 7 terhadap MgCl₂. Dari grafik tersebut terlihat bahwa sensor merespon setelah detik ke 20 pada tegangan 32.8 mV kemudian mengalami kenaikan sampai tegangan 69.2 mV dan *steady state* pada detik ke 270. Setelah mencapai titik *steady state*, grafik menunjukkan fungsi linier tanpa *noise*. Akan tetapi waktu yang dibutuhkan untuk mencapai titik stabil tersebut membutuhkan waktu yang lama karena interaksi antara membran dan sampel yang cukup lama. Akan tetapi secara garis besar respon sensor ini bagus meskipun *low respond*.



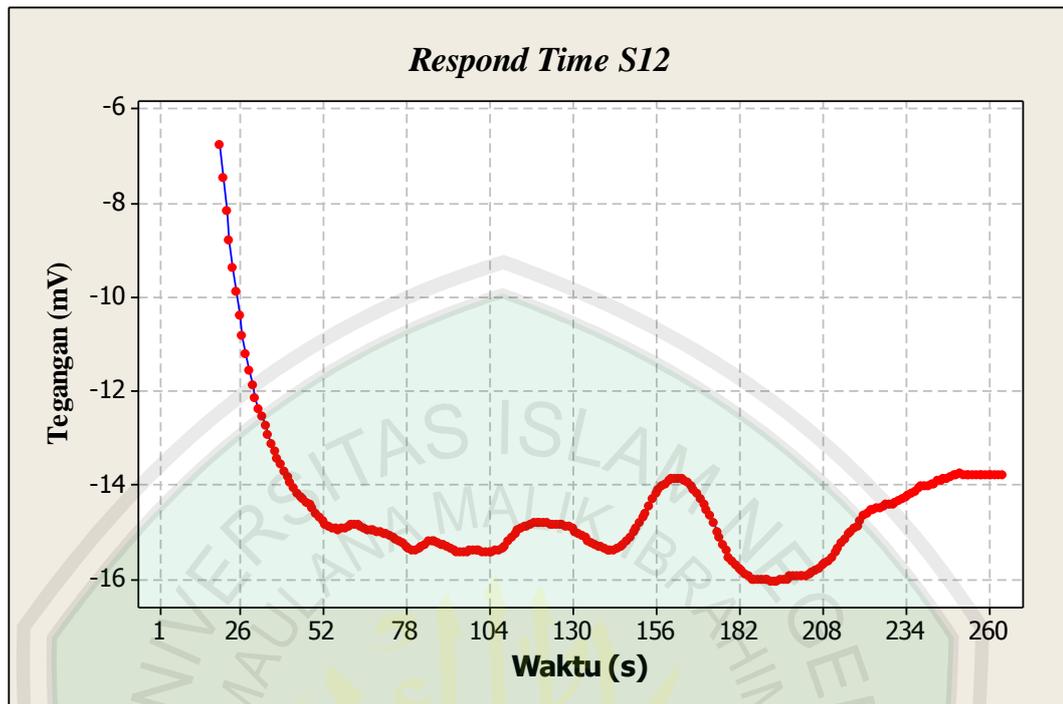
Gambar 4.25 *Respond Time* sensor 8 terhadap $MgCl_2$

Gambar 4.25 memperlihatkan *respond time* dari sensor 8 terhadap $MgCl_2$. Dari grafik tersebut terlihat bahwa sensor merespon setelah detik ke 20 pada tegangan 35.6 mV kemudian mengalami kenaikan sampai tegangan 35.9 mV kemudian turun sampai tegangan 4 mV dan berakhir *steady state* setelah detik ke 270 dan tegangan 5 V. Dari grafik tersebut belum terlihat jelas nilai kelinieran dari grafik karena respon yang cukup lambat untuk menuju *steady state*.



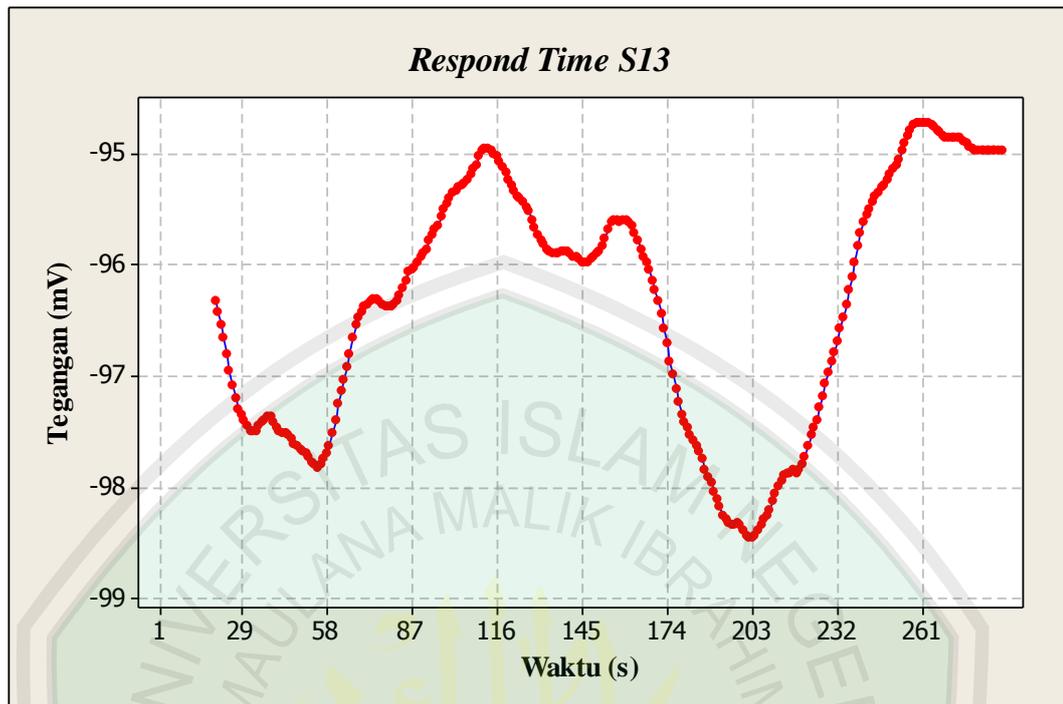
Gambar 4.26 Respond Time sensor 10 terhadap $MgCl_2$

Gambar 4.26 memperlihatkan *respond time* dari sensor 10 terhadap $MgCl_2$. Dari grafik tersebut terlihat bahwa sensor merespon setelah detik ke 25 pada tegangan 73.95 mV kemudian mengalami penurunan sampai tegangan 72.55 mV dan *steady state* pada detik ke 40. Dari grafik tersebut menunjukkan adanya fungsi turun yang berarti grafik mengarah ke bawah. nilai dari *steady state* grafik ini menunjukkan nilai yang sangat bagus karena nilai dari *steady state* yang bagus dan menunjukkan hasil yang linier.



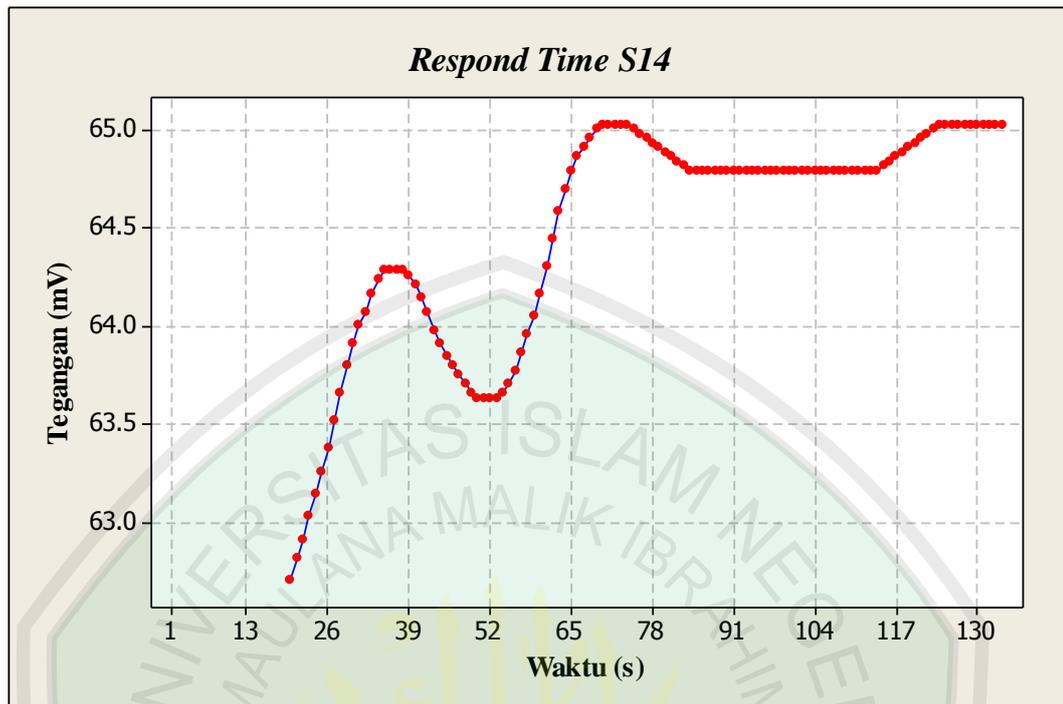
Gambar 4.27 Respond Time sensor 12 terhadap MgCl₂

Gambar 4.27 memperlihatkan *respond time* dari sensor 12 terhadap MgCl₂. Dari grafik tersebut terlihat bahwa sensor merespon setelah detik ke 20 pada tegangan -6.8 mV kemudian mengalami ketidakstabilan tegangan dan berakhir *steady state* pada detik ke 245 dan tegangan -138 Mv. Karena grafik merespon sampel sangat lambat, nilai dari *steady state* belum bisa diidentifikasi lebih jauh. Sensor 9 ini merespon MgCl₂ dengan tidak stabil. Nilai dari grafik *steady state* dikatakan bagus bila *noise* atau gangguan yang tidak melebihi 4.8 mV. Sehingga dapat disimpulkan respon dari sensor ini memenuhi kriteria *steady state*.



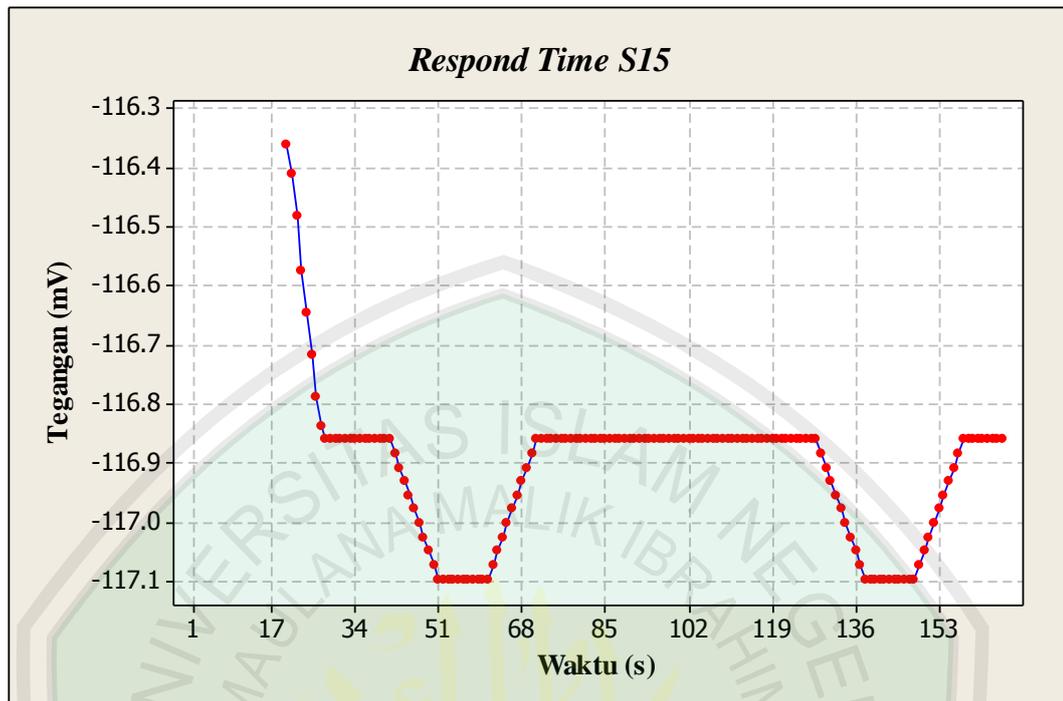
Gambar 4.28 Respond Time sensor 13 terhadap MgCl₂

Gambar 4.28 memperlihatkan *respond time* dari sensor 13 terhadap MgCl₂. Dari grafik tersebut terlihat bahwa sensor merespon setelah detik ke 20 pada tegangan -96.3 mV. kemudian mengalami ketidakstabilan tegangan (tegangan naik turun) dan *steady state* pada tegangan -95 mV pada detik ke 290. Nilai dari grafik *steady state* dikatakan bagus bila *noise* atau gangguan yang tidak melebihi 4.8 mV. Sehingga dapat disimpulkan respon dari sensor ini memenuhi kriteria *steady state*.



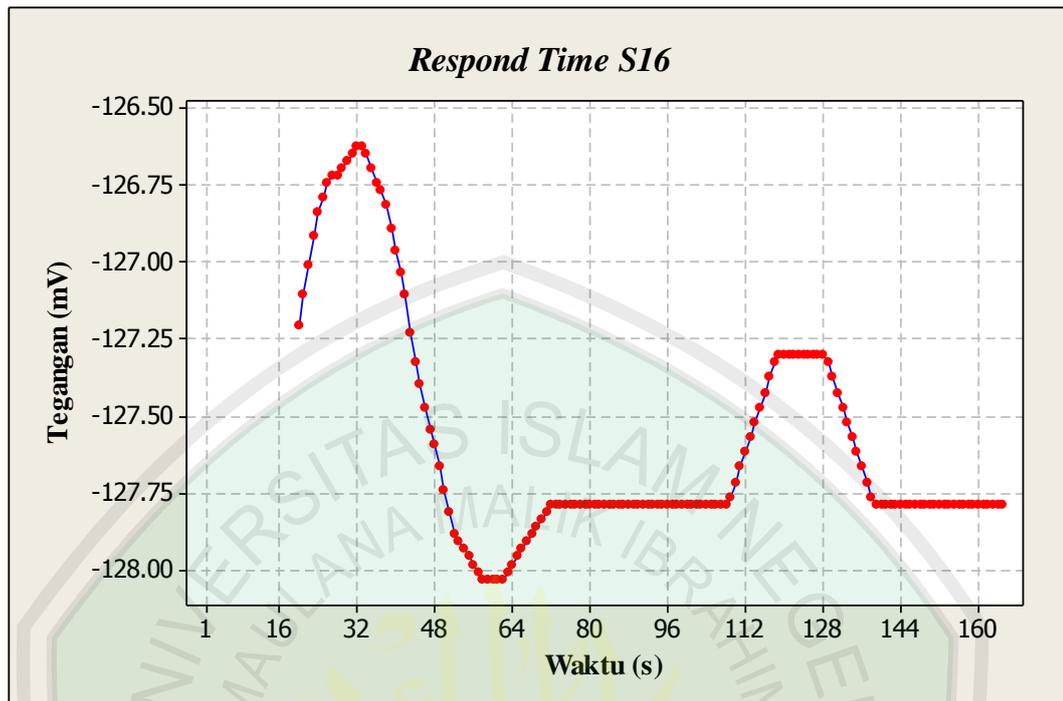
Gambar 4.29 Respond Time sensor 14 terhadap MgCl₂

Gambar 4.29 memperlihatkan *respond time* dari sensor 14 terhadap MgCl₂. Dari grafik tersebut terlihat bahwa sensor merespon setelah detik ke 20 pada tegangan 62.7 mV kemudian mengalami ketidakstabilan tegangan dan *steady state* setelah detik ke 79 pada tegangan 64.8 mV. Pada detik-detik tertentu grafik *steady state* menunjukkan adanya gangguan (*noise*) hingga menimbulkan kenaikan sampai 65 mV. Tapi hasil *respond time* dari sensor 14 masih ini menunjukkan nilai yang baik, karena nilai dari penyimpangan tegangan saat *steady state* tidak lebih dari 4.8 mV dan jumlah *noise* hanyalah sedikit.



Gambar 4.30 *Respond Time* sensor 15 terhadap MgCl_2

Gambar 4.30 memperlihatkan *respond time* dari sensor 15 terhadap MgCl_2 . Dari grafik tersebut terlihat bahwa sensor merespon setelah detik ke 20 pada tegangan -116.35 mV kemudian mengalami penurunan sampai tegangan -116.86 mV dan *steady state* pada detik ke 27. Pada detik-detik tertentu grafik *steady state* menunjukkan adanya gangguan (*noise*) hingga menimbulkan penurunan sampai -117.1 mV. Meskipun terdapat *noise* dalam sinyal *steady state*, Tapi hasil *respond time* dari sensor 15 masih ini menunjukkan nilai yang baik, karen nilai dari penyimpangan tegangan saat *steady state* tidak lebih dari 4.8 mV.

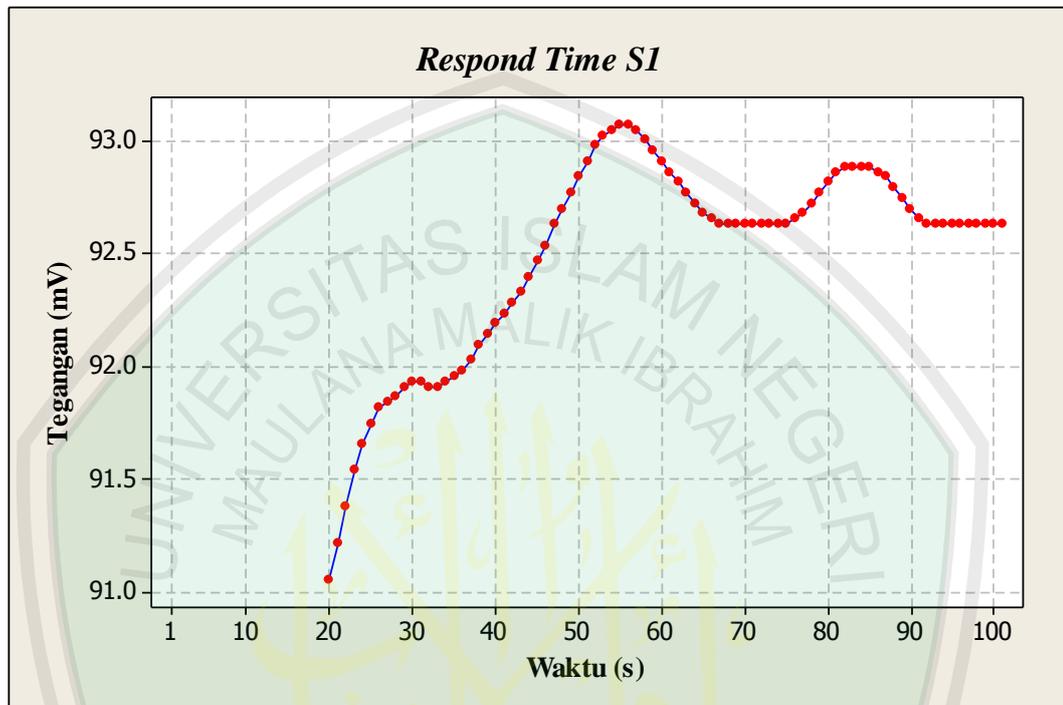


Gambar 4.31 *Respond Time* sensor 16 terhadap MgCl_2

Gambar 4.31 memperlihatkan *respond time* dari sensor 16 terhadap MgCl_2 . Dari grafik tersebut terlihat bahwa sensor merespon setelah detik ke 20 pada tegangan -127.2 mV kemudian mengalami ketidakstabilan tegangan (tegangan yang naik turun) dan *steady state* pada detik ke 73 dan tegangan -116.85 mV. Pada detik-detik tertentu grafik *steady state* menunjukkan adanya gangguan (*noise*) hingga menimbulkan kenaikan tegangan sampai -127.3 mV. Meskipun terdapat *noise* dalam sinyal *steady state*, Tapi hasil *respond time* dari sensor 15 masih ini menunjukkan nilai yang baik, karen nilai dari penyimpangan tegangan saat *steady state* tidak lebih dari 4.8 mV.

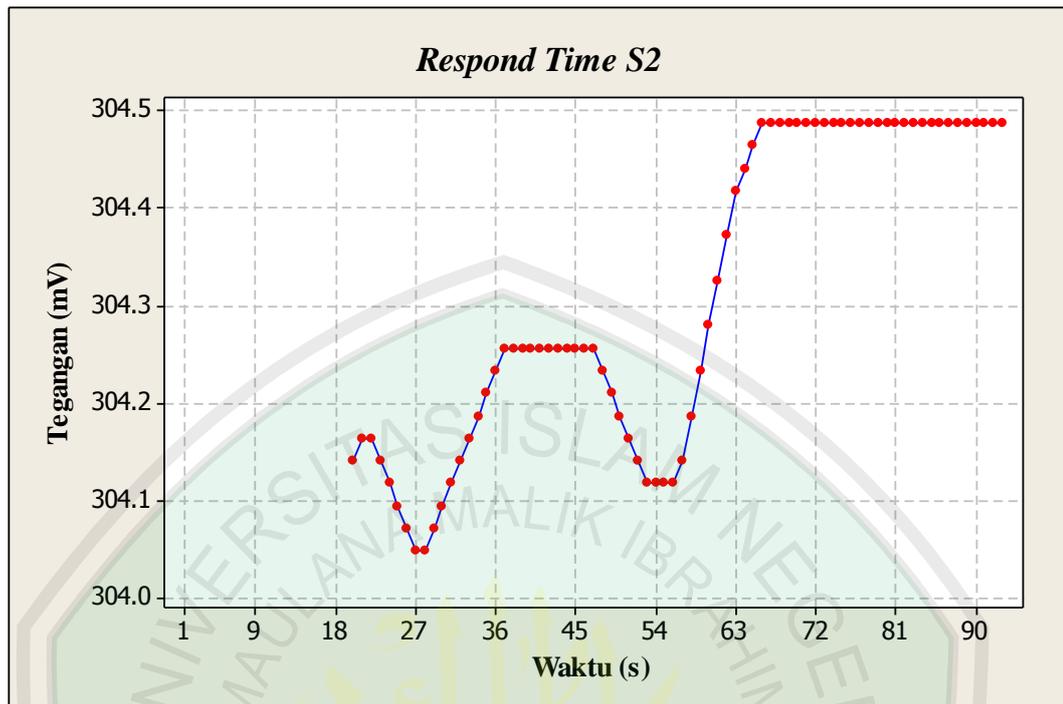
4. *Respond time* terhadap Sampel MSG

Hasil terbaik sensor lidah dalam merespon MSG ditunjukkan oleh sensor 1, 1, 2, 7, 8, 10, 12, 13, dan 16.



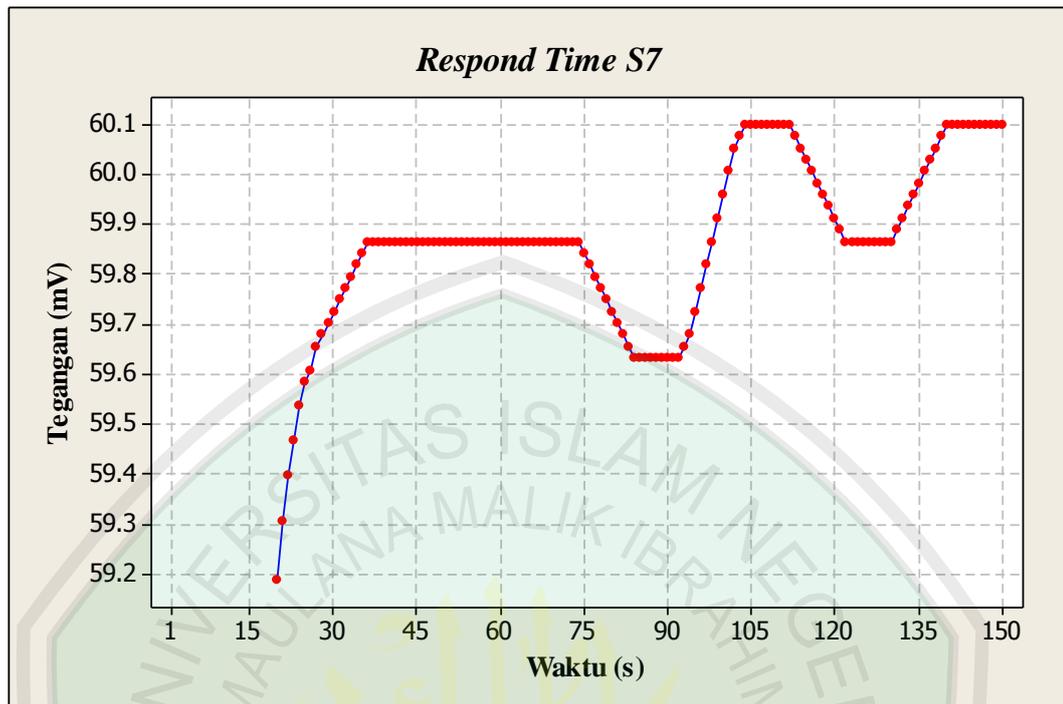
Gambar 4.32 *Respond Time* sensor 1 terhadap MSG

Gambar 4.32 memperlihatkan *respond time* dari sensor 1 terhadap MSG. Dari grafik tersebut terlihat bahwa sensor merespon setelah detik ke 20 pada tegangan 91 mV, kemudian mengalami ketidakstabilan tegangan (tegangan naik turun) dan *steady state* pada tegangan 92,7 mV pada detik ke 65. Setelah *steady state* grafik menunjukkan kenaikan tegangan sampai 92.8 mV kemudian kembali ke *steady state*. Meskipun terdapat *noise* dalam sinyal *steady state*, Tapi hasil *respond time* dari sensor 1 masih ini menunjukkan nilai yang baik, karen nilai dari penyimpangan tegangan saat *steady state* tidak lebih dari 4.8 mV.



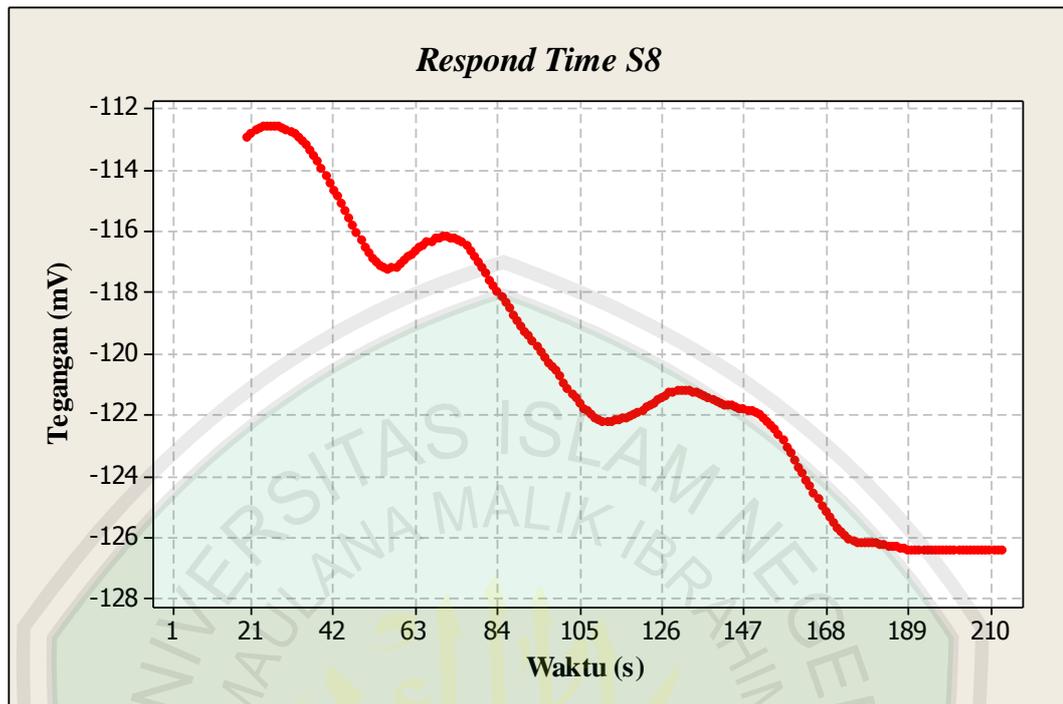
Gambar 4.33 *Respond Time* sensor 2 terhadap MSG

Gambar 4.33 memperlihatkan *respond time* dari sensor 2 terhadap MSG. Dari grafik tersebut terlihat bahwa sensor merespon setelah detik ke 20 dan tegangan 304.14 mV kemudian mengalami ketidakstabilan tegangan (tegangan naik turun) dan *steady state* pada tegangan 304,5 V pada detik ke 67. Meski mengalami ketidakstabilan tegangan, akan tetapi sensor ini bisa memiliki nilai *steady state* yang stabil tanpa *noise* dan linier. Sehingga bisa diketahui bahwa sensor 2 merespon cukup baik terhadap MSG.



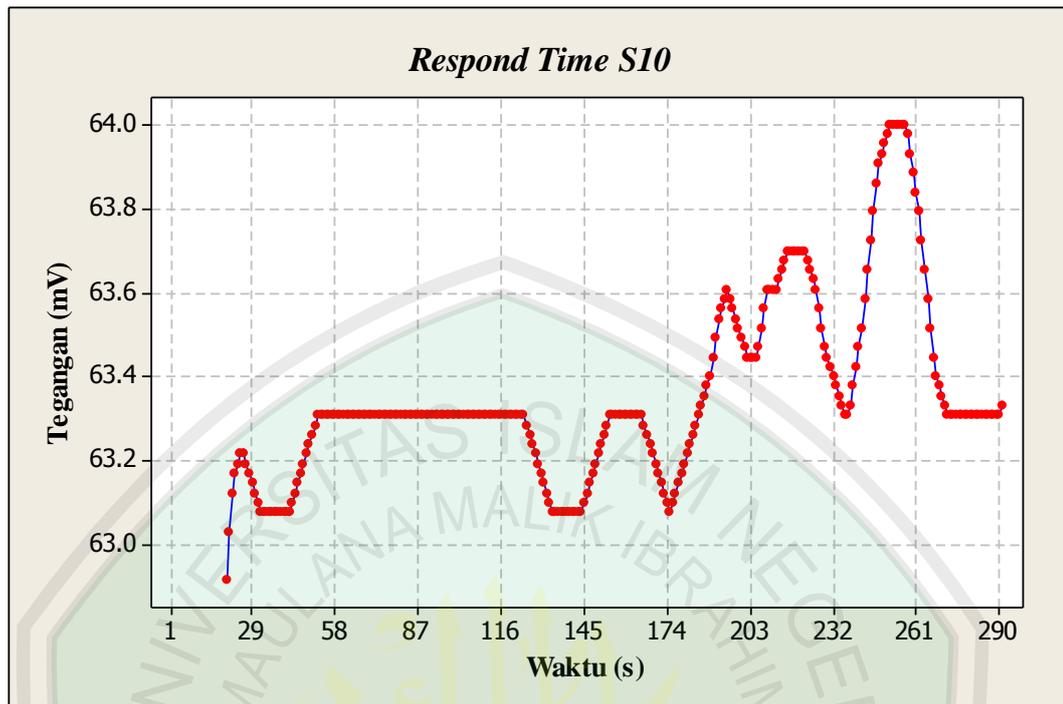
Gambar 4.34 *Respond Time* sensor 7 terhadap MSG

Gambar 4.34 memperlihatkan *respond time* dari sensor 7 terhadap MSG. Dari grafik tersebut terlihat bahwa sensor merespon setelah detik ke 20 pada tegangan 59.2 mV kemudian mengalami kenaikan sampai tegangan 59.86 mV dan *steady state* pada detik ke 35 dan tegangan 59.86 mV. Pada detik-detik tertentu grafik *steady state* menunjukkan adanya gangguan (*noise*) hingga menimbulkan penurunan sampai 59.62 mV dan kenaikan sampai 60.1 mV. Meskipun terdapat *noise* dalam sinyal *steady state*, Tapi hasil *respond time* dari sensor 7 masih ini menunjukkan nilai yang baik, karena nilai dari penyimpangan tegangan saat *steady state* tidak lebih dari 4.8 mV.



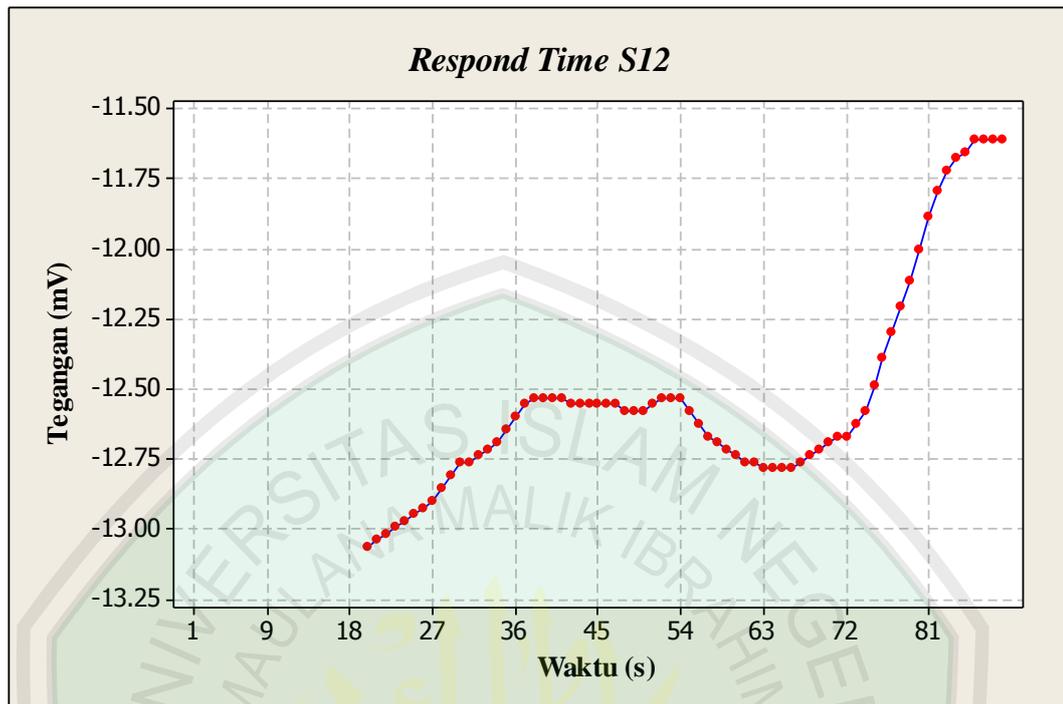
Gambar 4.35 *Respond Time* sensor 8 terhadap MSG

Gambar 4.35 memperlihatkan *respond time* dari sensor 8 terhadap MSG. Dari grafik tersebut terlihat bahwa sensor merespon setelah detik ke 20 dan tegangan -113 mV kemudian mengalami ketidakstabilan tegangan (tegangan naik turun) dan *steady state* pada tegangan -125 mV pada detik ke 68. Meski mengalami ketidakstabilan tegangan, akan tetapi sensor ini bisa memiliki nilai *steady state* yang stabil tanpa *noise* dan linier. Sehingga bisa diketahui bahwa sensor 2 merespon cukup baik terhadap MSG.



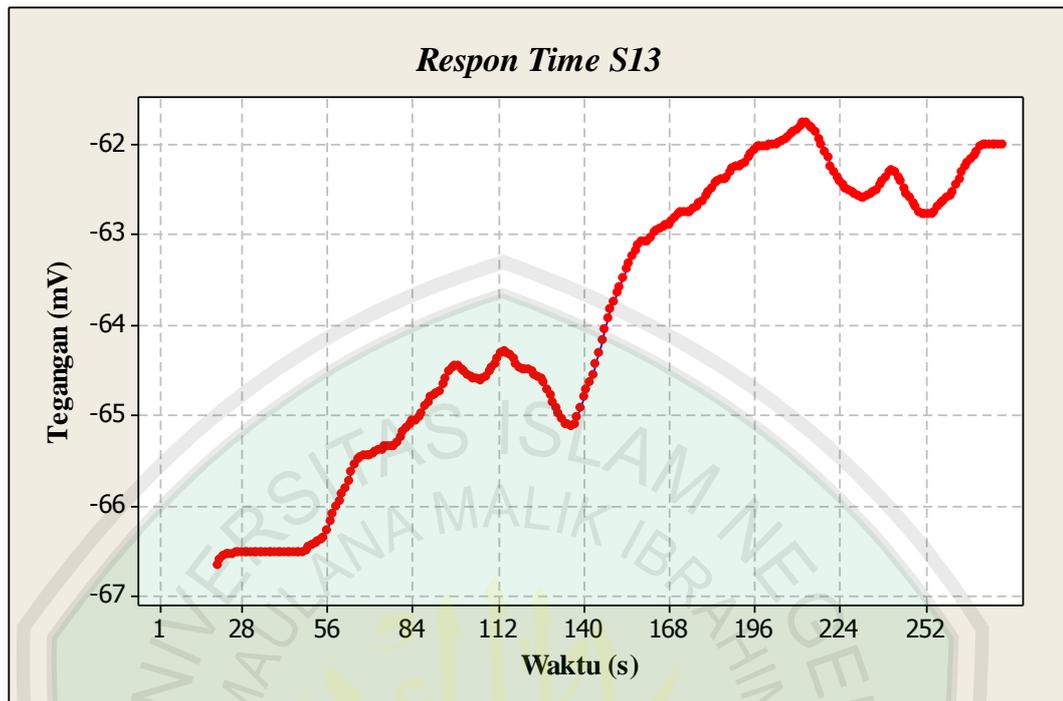
Gambar 4.36 *Respond Time* sensor 10 terhadap MSG

Gambar 4.36 memperlihatkan *respond time* dari sensor 10 terhadap MSG. Dari grafik tersebut terlihat bahwa sensor merespon setelah detik ke 20 pada tegangan 63.85 mV kemudian mengalami ketidakstabilan tegangan dan *steady state* pada detik ke 33 dan tegangan 63.3 mV. Pada detik-detik tertentu grafik *steady state* menunjukkan adanya gangguan (*noise*) hingga menimbulkan penurunan sampai 63.1 mV dan kenaikan sampai 64 mV. Meskipun terdapat *noise* dalam sinyal *steady state*, Tapi hasil *respond time* dari sensor 7 masih ini menunjukkan nilai yang baik, karena nilai dari penyimpangan tegangan saat *steady state* tidak lebih dari 4.8 mV.



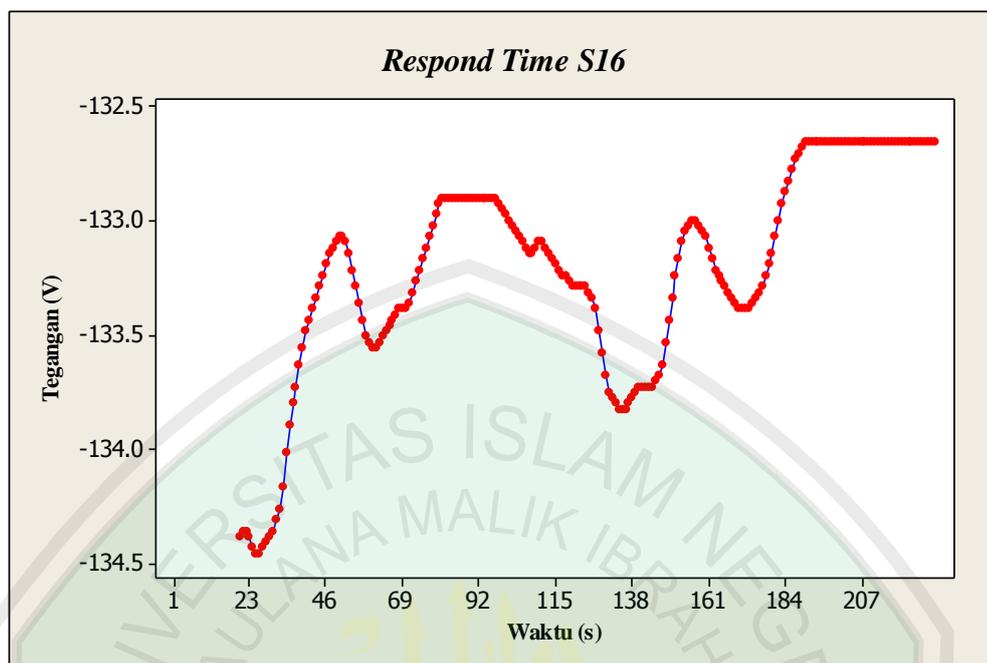
Gambar 4.37 *Respond Time* sensor 12 terhadap MSG

Gambar 4.37 memperlihatkan *respond time* dari sensor 12 terhadap MSG. Dari grafik tersebut terlihat bahwa sensor merespon setelah detik ke 20 pada tegangan -13.5 mV kemudian *steady state* pada detik ke 38 dan tegangan -12.5 mV. Setelah beberapa saat mengalami *steady state*, sensor kembali mengalami penurunan tegangan hingga -12.75 mV, kemudian mengalami kenaikan tegangan hingga 11.60 mV. Nilai dari grafik *steady state* dikatakan bagus bila *noise* atau gangguan yang tidak melebihi 4.8 mV. Sehingga dapat disimpulkan respon dari sensor ini memenuhi kriteria *steady state*.



Gambar 4.38 *Respond Time* sensor 13 terhadap MSG

Gambar 4.38 memperlihatkan *respond time* dari sensor 13 terhadap MSG. Dari grafik tersebut terlihat bahwa sensor merespon setelah detik ke 20 pada tegangan 67.5 mV kemudian mengalami ketidakstabilan sehingga sulit diketahui dimana titik *steady state*nya. Pada detik ke 196 dan tegangan -62 MV, nilai grafik mulai menunjukkan kelinieran. Meskipun mengalami ketidakstabilan tegangan, Nilai dari grafik *steady state* dikatakan bagus bila *noise* atau gangguan yang tidak melebihi 4.8 mV. Sehingga dapat disimpulkan respon dari sensor ini memenuhi kriteria *steady state*.



Gambar 4.39 *Respond Time* sensor 16 terhadap MSG

Gambar 4.39 memperlihatkan *respond time* dari sensor 16 terhadap MSG. Dari grafik tersebut terlihat bahwa sensor merespon setelah detik ke 20 pada tegangan -134.5 mV kemudian mengalami ketidakstabilan tegangan dan *steady state* pada detik ke 184 dan tegangan -132.58 mV. Grafik ini menunjukkan hasil *steady state* yang bagus yakni linier tanpa *noise* meskipun waktu yang cukup lama. Sehingga dapat disimpulkan bahwa sensor 16 dapat merespon MSG dengan baik.

5. Kesimpulan *Respond Time*

Berdasarkan grafik *respond time* yang sudah dibahas sebelumnya bahwa hampir semua sensor merespon sampel dengan baik. Rincian mengenai kesimpulan seluruh sensor adalah sebagai berikut:

Tabel 4.11 Kesimpulan *Respond Time*

Sensor	t awal (s)	t akhir (s)	V awal (mV)	V akhir (mV)	tss
KCl					
1	20	40	69.7	74.5	Memenuhi
2	20	70	314.7	317.8	Memenuhi
8	20	80	100.5	106.8	Memenuhi
9	20	80	-188	-175	Memenuhi
10	20	80	73	81.9	Memenuhi
12	20	150	-38.5	-27.8	Memenuhi
14	20	210	71.6	78.8	Memenuhi
16	20	30	-119.3	118	Memenuhi
NaCl					
1	20	150	70	88	Memenuhi
2	20	118	306.3	313.2	Memenuhi
3	20	160	-108	-113.5	Memenuhi
7	20	190	62.2	57	Memenuhi
8	20	50	95.5	102	Memenuhi
9	20	40	-167.8	-160	Memenuhi
10	20	30	83.7	87.7	Memenuhi
12	20	35	-31.7	-27.3	Memenuhi
MgCl ₂					
7	20	270	32.8	69.2	Memenuhi
8	20	270	35.6	5	Memenuhi
10	25	40	73.95	72.55	Memenuhi
12	20	245	-6.8	-183	Memenuhi
13	20	290	-96.3	-95	Memenuhi
14	20	79	62.7	64.8	Memenuhi
15	20	27	-116.35	-116.86	Memenuhi
16	20	73	-127.2	-116.83	Memenuhi
MSG					
1	20	65	91	92.7	Memenuhi
2	20	67	304.14	304.5	Memenuhi
7	20	35	59.2	59.85	Memenuhi
8	20	68	-113	-125	Memenuhi
10	20	33	63.85	63.3	Memenuhi
12	20	38	-13.5	-12.50	Memenuhi
13	20	196	67.5	-62	Memenuhi
16	20	184	-134.5	-132.58	Memenuhi

4. 6 Kajian Integrasi Islam

Rosulullah bersabda:

«مَنْ وَقَاهُ اللَّهُ شَرَّ مَا بَيْنَ لَحْيَيْهِ، وَشَرَّ مَا بَيْنَ رِجْلَيْهِ دَخَلَ الْجَنَّةَ». رواه الترمذي، وقال: حديث حسن

“Barang siapa yang dilindungi oleh Allah dari kejelekan antara dua rahangnya dan kejelekan antara dua kakinya maka dia akan masuk Syurga.” (Hadist Riwayat Al-Tirmizi).

Lidah merupakan salah satu bagian penting dari manusia, sehingga dalam hadist tersebut dijelaskan keutamaan menjaga lidah yaitu diberi balasan berupa syurga. Lidah manusia memiliki dua fungsi, fungsi pertama adalah untuk berbicara, dan fungsi yang kedua adalah sebagai indra pengecap yakni untuk merasakan makanan.

Mengingat begitu pentingnya lidah manusia, maka memunculkan inisiatif dari para peneliti untuk menciptakan suatu alat yang mempunyai prinsip serupa dengan lidah manusia untuk membantu kerja dari manusia itu sendiri dalam merasakan makanan. Alat tersebut lebih dikenal dengan istilah “lidah elektronika”. Lidah elektronika merupakan sekumpulan komponen yang terdiri dari sensor yang bertugas dalam merespon rasa, interface yang berfungsi sebagai jalur pemroses data yang diterima sensor dan software pada PC yang berfungsi menampilkan hasil dari respon sensor.

فَلْيَنْظُرِ الْإِنْسَانُ إِلَى طَعَامِهِ ۗ ﴿٢٤﴾

“maka hendaklah manusia itu memperhatikan makanannya” (Q.S. Abasa: 24).

Dari hadist sebelumnya dijelaskan bahwa menjaga lidah akan diberi balasan berupa syurga. Menjaga lidah dalam hal indra pengecap adalah dengan cara memperhatikan makanannya. Sehingga tujuan dari dibuatnya sensor ini adalah untuk membantu manusia dalam menyeleksi makanannya. Ada makanan yang baik (halal), ada pula makanan yang haram. Pada zaman sekarang, manusia harus lebiberhati-hati dalam memperhatikan makanannya. Banyak makanan-makanan yang tak layak makan dijual di pasaran, sehingga diharapkan pembuatan dari sensor ini bisa membantu manusia untuk mengetahui makanan yang baik untuk dikonsumsi.

Sensor lidah elektronika ini memiliki prinsip kerja yang sama persis seperti lidah manusia. Lidah manusia dapat merespon hampir semua rasa akan tetapi lebih sensitif terhadap rasa tertentu. Selain itu, lidah manusia juga tidak bisa merasakan rasa pada semua konsentrasi. Artinya ada ambang dimana rasa tersebut tidak bisa terdeteksi. Saat kita merasakan makanan ada saat dimana kita bisa menikmatinya sebelum rasa tersebut bisa menjadi stabil. Prinsip-prinsip inilah yang juga dipakai dalam sensor lidah elektronika yang lebih dikenal dengan istilah sensitivitas, limit atau batas deteksi, serta waktu respon (*respond time*).

وَلِكُلِّ أُمَّةٍ أَجَلٌ فَإِذَا جَاءَ أَجْلُهُمْ لَا يَسْتَأْخِرُونَ سَاعَةً وَلَا يَسْتَقْدِمُونَ ﴿٣١﴾

“Tiap-tiap umat mempunyai batas waktu; maka apabila telah datang waktunya mereka tidak dapat mengundurkannya barang sesaatpun dan tidak dapat (pula) memajukannya” (Q.S. al-A’raf: 34).

Dalam al-Qur’an surat al-A’raf ayat 34 ini dijelaskan bahwa setiap hal mempunyai batas waktu tersendiri. Batas waktu dalam pengaplikasian sensor lidah elektronika ini lebih dikenal dengan istilah *respond time* atau waktu tanggap sensor terhadap perubahan variabel. Antara satu sensor dengan sensor yang lain mempunyai waktu tanggap yang berbeda-beda tergantung dengan kesensitivitasan sensor tersebut dalam mendeteksi rasa. Selain itu pula juga tergantung pada daerah dimana sensor tersebut bisa mendeteksi rasa. Sehingga kita bisa mengetahui kualitas dari sensor tersebut.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Sesuai dengan analisis yang dipaparkan dalam bab sebelumnya dapat diambil kesimpulan antara lain:

- a. Hasil dari deteksi limit menunjukkan bahwa adanya 2 respon yakni yang merespon sebelum penetasan pertama pada konsentrasi di bawah 1.96×10^{-5} dan setelah penetasan pertama yakni pada konsentrasi di atas 1.96×10^{-5} . Pasa sampel KCl sensor 1, 2, 3, 8, dan 10 merespon sebelum penetasan pertama dan sensor 6, 9, dan 11 merespon setelah penetasan pertama. Pasa sampel NaCl sensor 2 dan 12 merespon sebelum penetasan pertama dan sensor 1, 3, 6, 9, 10, dan 11 merespon setelah penetasan pertama. Pasa sampel $MgCl_2$ sensor 3, 4, 7, 10 dan 13 merespon sebelum penetasan pertama dan sensor 1, 6, dan 12 merespon setelah penetasan pertama. Pasa sampel MSG sensor 2, 9, 10, dan 12 merespon sebelum penetasan pertama dan sensor 1, 6, 7, dan 14 merespon setelah penetasan pertama. Dari data tersebut terlihat bahwa sensor 6 merespon pada semua rasa setelah penetasan pertama, dan sensor 10 merespon pada semua rasa akan tetapi memiliki limit yang berbeda yakni mempunyai limit lebih kecil pada sampel $MgCl_2$.
- b. Hasil pengujian diperoleh hasil sensitivitas yakni sensor yang terbaik dalam merespon KCl adalah sensor 6 dan yang terburuk adalah sensor 11. Sensor yang terbaik dalam merespon NaCl adalah sensor 6 dan yang terburuk adalah sensor 11. Sensor yang terbaik dalam merespon $MgCl_2$ adalah sensor 6 dan

yang terburuk adalah sensor 2. Sensor yang terbaik dalam merespon MSG adalah sensor 6 dan yang terburuk adalah sensor 2. Berdasarkan data tersebut dapat diketahui bahwa sensor 6 memiliki sensitivitas yang baik terhadap empat rasa dasar sedangkan sensor 11 merespon rasa asam dan asin dengan kurang baik serta sensor 3 merespon rasa pahit dengan kurang baik serta sensor 3 merespon rasa umami dengan kurang baik pula.

- c. Hasil *respond time* menunjukkan waktu *steady state* sensor. Waktu *steady state* (t_{ss}) dianggap memenuhi kriteria apabila penyimpangan tegangan sensor tidak melebihi faktor koreksi sensor (Resolusi ADC) yaitu berkisar antara -4.8 V hingga 4.8 V. Berdasarkan data yang didapatkan diketahui bahwa semua sensor memenuhi kriteria *steady state* sensor.

5.2 Saran

Untuk mendukung perkembangan dan kemajuan teknologi mengenai lidah elektronika, maka untuk penelitian berikutnya bisa dilakukan perkembangan dari perlakuan yaitu:

- a. Penggunaan lebih dari satu sampel pada satu rasa, hal ini dimaksudkan untuk mengetahui sensitivitas sensor terhadap rasa yang sama namun berbeda sampel.
- b. Menggunakan konsentrasi tinggi (kepekatan tinggi), bertujuan untuk mengetahui limit atas.
- c. Menambah penggunaan sensor karena pada dasarnya lidah manusia terdiri dari jutaan sensor yang mempunyai fungsi masing-masing dalam merespon rasa.

DAFTAR PUSTAKA

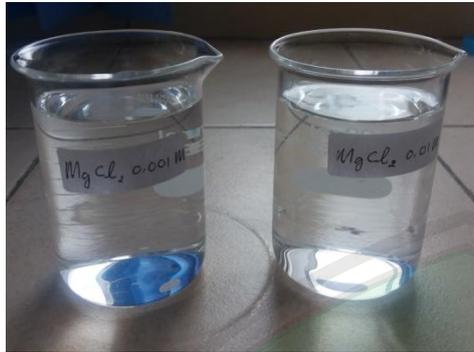
- Abdul Karim, dkk. 2010. *Analisis Kerja Elektroda Kawat Terlapis Polipripol Aspartat sebagai Sensor Aspartat Secara Potensiometri*. Journal. Jurusan Kimia Universitas Hasanudin.
- Aprilita, N.H., *Studi Pengaruh Plasticizer dan Aditif anion Lipofilik Terhadap Karakteristik Elektroda Selektif Ion Ammonium dengan Dibenzil Eter Sebagai Ionofor*, Tesis, (2000). Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada.
- Arduino. 2015. *Arduino Mega 2560*. [Online]. Tersedia: <http://arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardMega2560>. [17 januari 2015]
- Banzi, massimo. 2009. *Getting Started with Arduino*. USA: Dale Doughety
- Brady, J. E. 2000. *Kimia Universitas Asas dan Struktur*. Jakarta: Binarupa Aksara.
- Chew-Cheen Chang and Bahrudin Saad. 2008. *Disposable E-Tongue for the Assessment of Water Quality in Fish Tanks, School of Chemical Sciences*. Malaysia: University Sains Malaysia.
- Cut Fatimah Zahra. 2006. *Flavor (Cita Rasa)*. Karya Tulis Ilmiah. Medan: Departemen Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Sumatra: Universitas Sumatra Utara.
- C. Roland Leeson. 1996. *Buku Ajar Histologi*. Penerjemah: Yan Tambayong. Jakarta: Buku Kedokteran EGC.
- Don W, Fawcett. 2002. *Buku Ajar Histologi*, Penerjemah: dr.Jan Tambayong. Jakarta: Buku Kedokteran EGC.
- D. Sharon, dkk. 1982. *Principles of Analysis Chemistry*. New York: Harcourt Brace Collage Publisier.
- Evelyn Pearce. 2009. *Anatomi dan Fisiologi Untuk Paramedis 2*. Penerjemah: dr. Kartono Mohamad. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- Gea, Sahaman, Andriyani, sevia dan Lenny. 2005. *Pembuatan Elektroda Selektif-Ion Cu (II) dari Kitosan Polietilen Oksida*. Padang: Universitas Sumatera Utara
- Greenberg MS, Brightman VJ, Lynch MA. *Burket's Oral Medicine Diagnosis and Treatment*. J.B. 1992. London: Lippineott Company.
- Guyton AC, Hall JE. *Text book of medical physiology (Taste and smell)*. 11th Ed. Mississippi: Elsevier Book Aid International, 2009:663-7.

- Harmita. 2004. *Petunjuk Pelaksanaan Validasi Metode dan Cara Perhitungannya*. Majalah Ilmu Farmasi. Vol. I. No.3. Desember 2004, hal 117 – 135.
- Hermanto Agung. 2012. *Konsumsi Rokok dan Prevalensi merokok*. Available From: URL; <http://www.litbang.depkes.go.id>.
- Hitesh Jain, Rushi Panchal, dll. 2010. *Electronic tongue: A New Taste Sente Sensor*. International Journal of Pharmaceutical Sciences. Vol. 5. 2010.
- Irianto Koes. 2012. *Anatomi Dan Fisiologi Untuk Mahasiswa*. Bandung: Alfabeta.
- Jacewicz M. 2008, *Smell and taste disorders* (Merck Manual Hand Books).http://www.merckmanuals.com/home/print/ear_nose_and_throatdisorders/nose_sinus_and_taste_disorders/smell_and_taste_disorders.html. Last Update 20 Juli 2008.
- Jalmo, Tri. 2007. *Buku Ajar Fisiologi Hewan*. Bandar Lampung: Universitas Negeri Lampung.
- Kadidae, L.O. (2000). *Sintesis Benzileugenol dan Pemanfaatannya sebagai Komponen Membran Selektif Ion*. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada.
- Katsir. 2012. *Tafsir Ibnu Katsir*. Jakarta: Erlangga.
- Mark H Swartz. 1995. *Buku Ajar Diagnostik Fisik*. Penerjemah: dr.Petrus Lukmanto, dr.R.F. Maulany, MSc , dr.Huriawati Hartanto. Jakarta.
- Marya R KA. 2002. *Text book of phisiology for dental students (Taste and Smell)*. New Delhi: CBS Publishers & Distributors.
- Moh Noor Ahmad & Zhari Ismail, dkk. 2006. *Development of Multichannel Artificial Lipid-Polymer Membrane Sensor for Phytomedicine Application*. Malaysia: University Sains Malaysia.
- Muhammad. 2008. *Keajaiban Fisiologi Tubuh Manusia dalam Al Qur'an*. Jakarta: Erlangga.
- Nakamura, M. 2001. *Fatty Acid Methyl Ester and Its Relative Products From Palm Uil*. Jurnal Oleo Science. Vol. 50. Hal 445-452.
- National Instrument. 2001. *LabVIEW User Manual*. National Instruments.
- Purba, Michael. 1995. *Ilmu Kimia*. Jakarta: Erlangga.
- Raven, P.H. & G. B. Johnson. 2002. *Biology 6th Edision*. New York: Hill Companies Inc.

- Sufitni. 2008. Anatomi (Lidah sebagai indera pengecap). Departemen Anatomi Fakultas Kedokteran USU, 2008:87-8.
- Sumathi, S. 2007. *LabVIEW Basic Advanced Instrumentation System*. Berlin: Springer.
- Syaifudin. 2009. *Fisiologi Tubuh Manusia untuk Mahasiswa Keperawatan*. Jakarta: Salemba Medika.
- Wipo. 2014. *International Patent Classification* 2014. <http://www.wipo.int/classifications/ipc/>. Diakses pada tanggal 2 Februari 2016.
- Yulia. 2010. "*Validasi Metode*" *Diktat Validasi Metode*. Bandung: Pusat Penelitian Kimia-LIPI.
- Yap Mee Sim, Maxsim &, Mohd Noor Ahmad. 2003. *A Disposable Sensor For Assessing Artocarpus heterophyllus L. (Jackfruit) Maturity*. Malaysia: School of Chemical Sciences, University Sains Malaysia.



Lampiran 1 Dokumentasi Penelitian



Sampel



Bahan Pembuatan Sampel



...Proses Penetesan Membran



Probe Sensor



Tampilan Board bawah



...Tampilan Board Atas



Prose Preparasi Sampel



Penetesan Sampel



Proses Pengambilan Data

Lampiran 2 Data Respon Sensor Pada Titik Sebelum Penetasan

KCl			
S1	S2	S3	S6
68.105892	313.24188	-99.51712	325.334275
77.822739	317.84984	-104.18976	351.13351
88.465	327.06576	-113.067776	369.89659
97.71914	331.212924	-118.20768	383.9689
102.34621	331.67372	-132.2256	388.65967
103.734331	331.67372	-135.963712	393.35044
104.197038	332.595312	-136.89824	398.04121
102.34621	331.67372	-141.57088	401.324749
103.271624	331.67372	-141.57088	402.73198
S8	S9	S10	S11
100.738977	-190.218553	71.151208	-165.91296
106.80258	-169.59313	83.147192	-165.91296
116.1312	-150.40669	93.29764	-170.6003
122.194803	-145.61008	94.681792	-179.97498
125.45982	-136.01686	95.60456	-185.131054
127.325544	-136.01686	97.450096	-194.037
130.12413	-135.057538	98.834248	-198.72434
130.12413	-136.01686	97.91148	-203.41168
130.12413	-131.22025	100.2184	-204.349148
NaCl			
S1	S2	S3	S6
69.95672	302.182776	-108.8624	290.622577
89.390414	313.24188	-114.469568	331.432276
102.34621	317.84984	-122.88032	354.417049
106.97328	320.614616	-128.020224	365.20582
111.60035	322.4578	-133.627392	372.711052
111.60035	322.4578	-137.832768	374.58736
111.60035	322.4578	-141.57088	375.525514
111.137643	322.4578	-141.57088	378.809053
110.674936	322.4578	-142.038144	379.27813
S9	S10	S11	S12

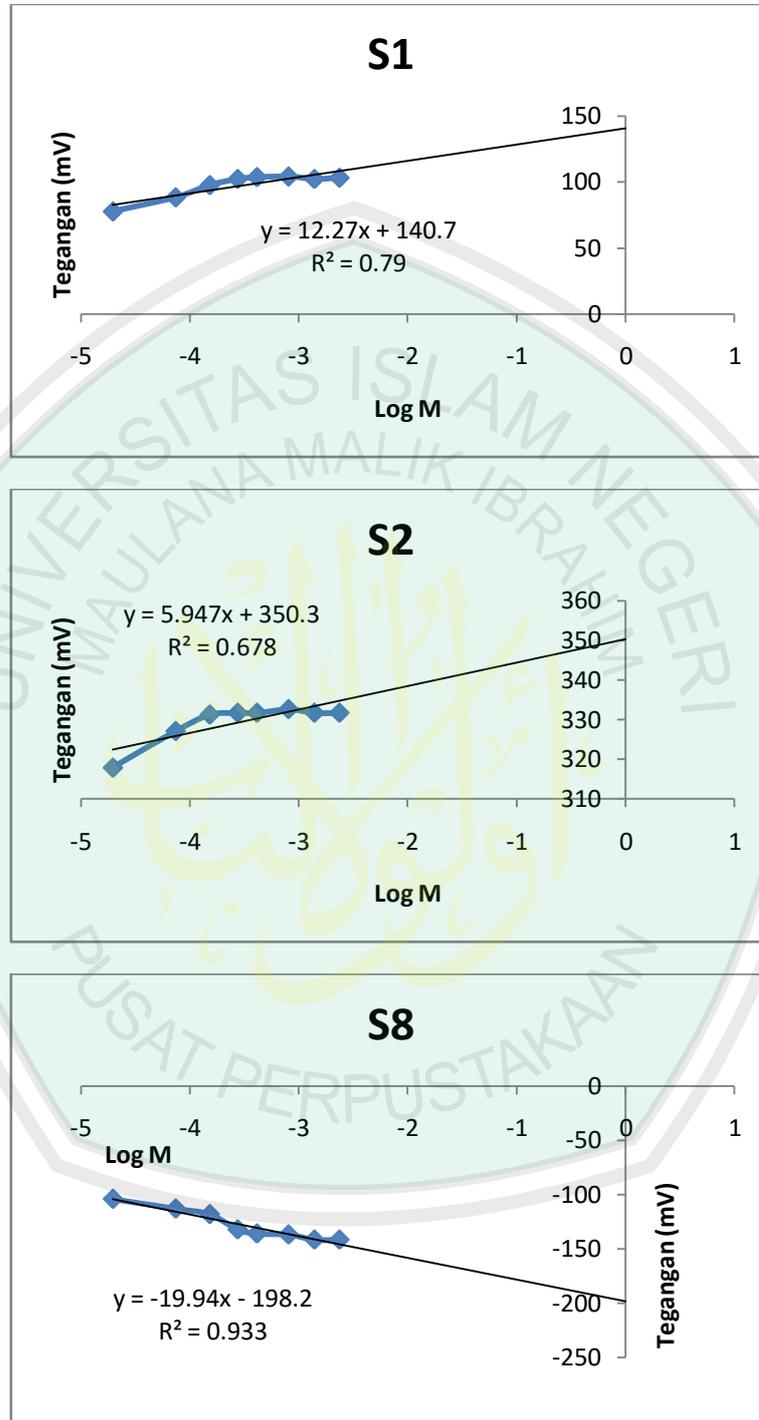
-181.104994	67.92152	-193.568266	-44.471521
-159.99991	85.915496	-190.287128	-27.38037
-145.61008	95.60456	-191.224596	-18.14191
-136.496521	100.2184	-191.224596	-10.751142
-136.01686	102.063936	-194.037	-8.90345
-136.01686	100.679784	-199.193074	-8.90345
-136.976182	100.2184	-203.41168	-8.90345
-140.81347	100.2184	-209.505222	-8.90345
-141.293131	99.757016	-212.78636	-8.90345
MgCl₂			
S1	S3	S4	S6
70.419427	-110.731456	231.955362	272.797651
87.076879	-109.329664	235.185736	313.60735
97.71914	-113.53504	238.877592	336.123046
104.197038	-118.20768	245.799822	351.13351
106.047866	-127.55296	246.722786	358.638742
109.749522	-131.291072	246.722786	365.20582
112.063057	-132.2256	247.184268	369.89659
116.22742	-136.89824	246.261304	370.834744
115.764713	-141.57088	246.261304	372.711052
S7	S10	S12	S13
63.131389	65.153216	-27.38037	-102.662635
69.19754	74.84228	-13.060757	-95.100955
69.19754	84.06996	0.33501	-88.01188
69.19754	89.606568	4.95424	-84.703645
64.53127	90.99072	9.57347	-85.17625
64.53127	90.99072	10.959239	-83.758435
63.131389	91.452104	12.806931	-82.813225
59.865	90.99072	14.1927	-79.50499
59.865	90.99072	12.806931	-80.4502
MSG			
S1	S2	S6	S7
88.465	302.643572	277.019344	57.065238
97.71914	304.02596	312.669196	61.731508

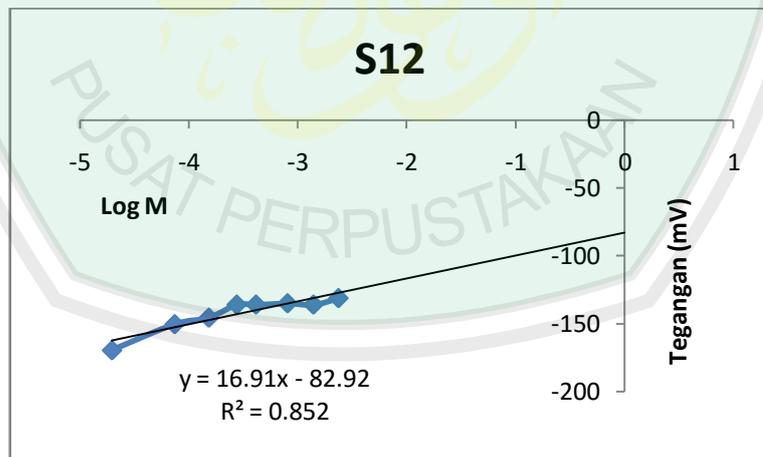
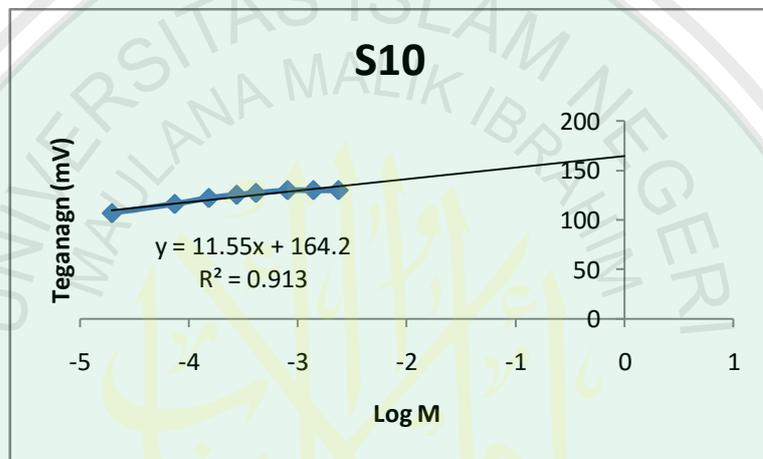
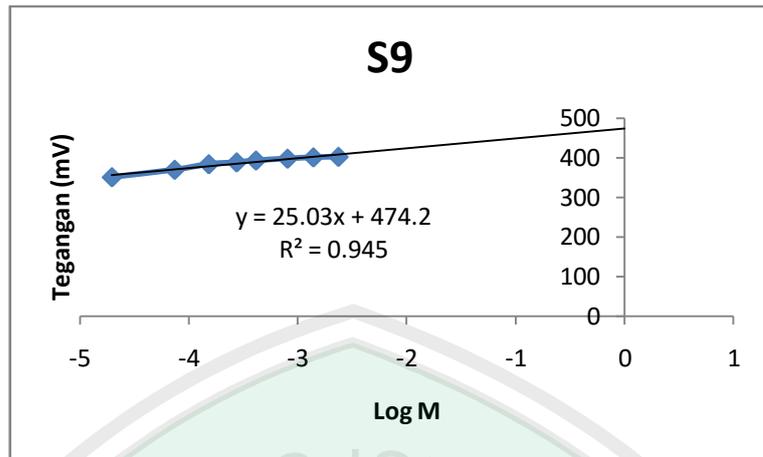
106.97328	305.408348	337.0612	64.53127
106.97328	299.418	343.159201	59.398373
111.137643	294.81004	351.13351	57.998492
111.60035	288.819692	355.82428	53.798849
117.615541	287.8981	362.391358	50.999087
123.630732	285.59412	369.427513	50.53246
129.645923	285.59412	374.118283	50.065833
S9	S10	S12	S14
-211.803298	59.155224	-13.52268	49.03887
-209.884654	66.075984	-11.674988	60.621245
-207.486349	72.53536	-6.593835	70.35044
-207.96601	69.305672	-5.208066	70.813735
-202.689739	76.687816	-4.28422	78.68975
-200.291434	76.226432	-4.28422	78.226455
-193.57618	82.685808	0.796933	82.39611
-188.77957	86.37688	4.95424	84.24929
-179.18635	90.99072	9.57347	88.418945

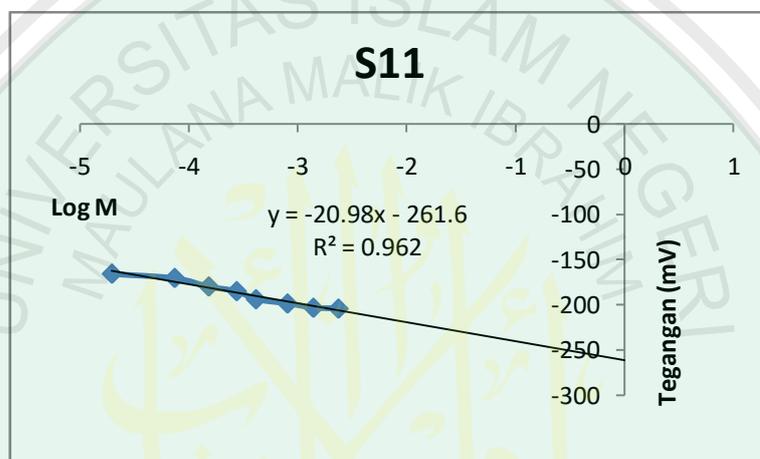
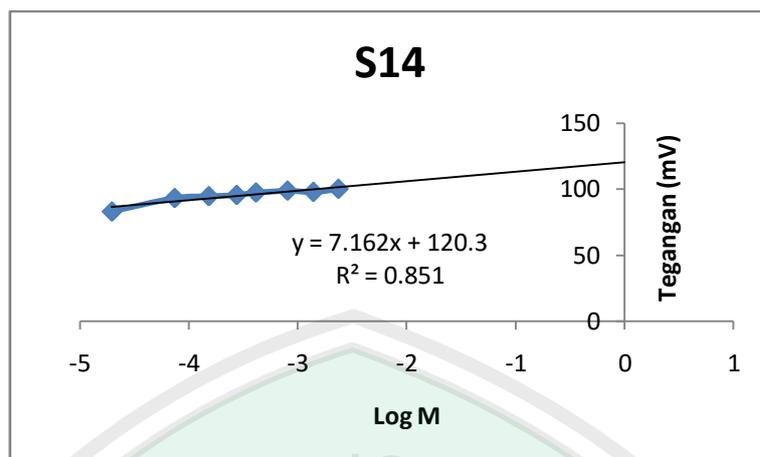
PUSAT PERPUSTAKAAN

Lampiran 3 Grafik Regresi Deteksi Limit dan Sensitivitas

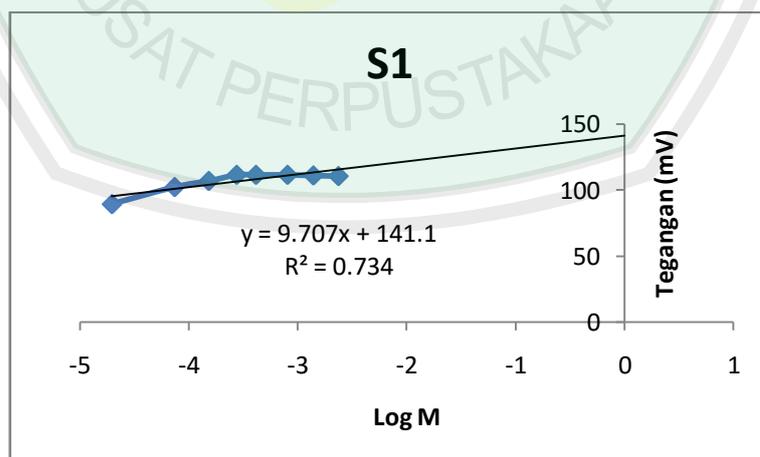
1. Regresi KCl

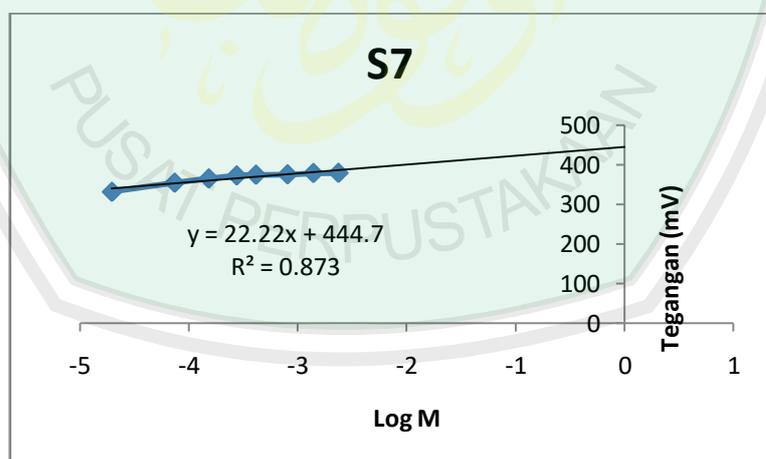
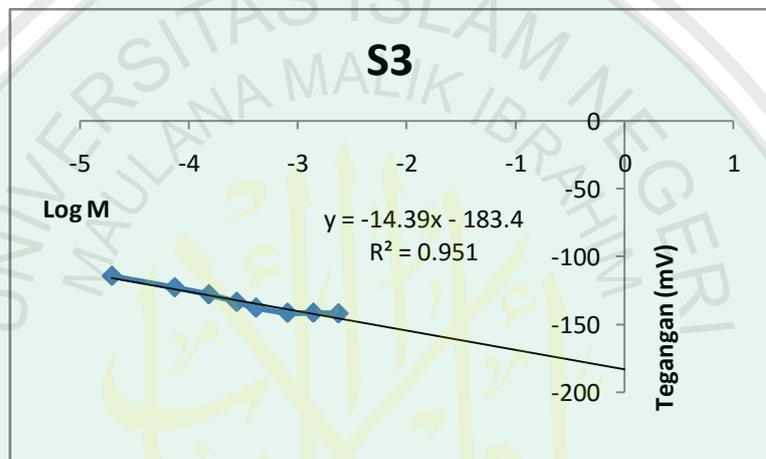
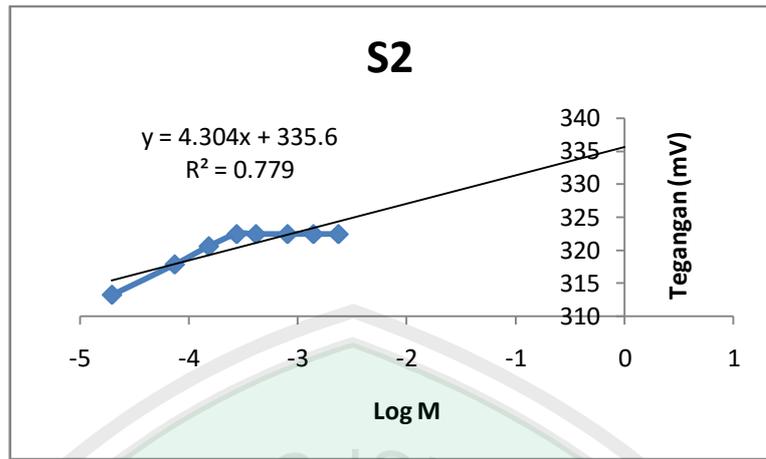


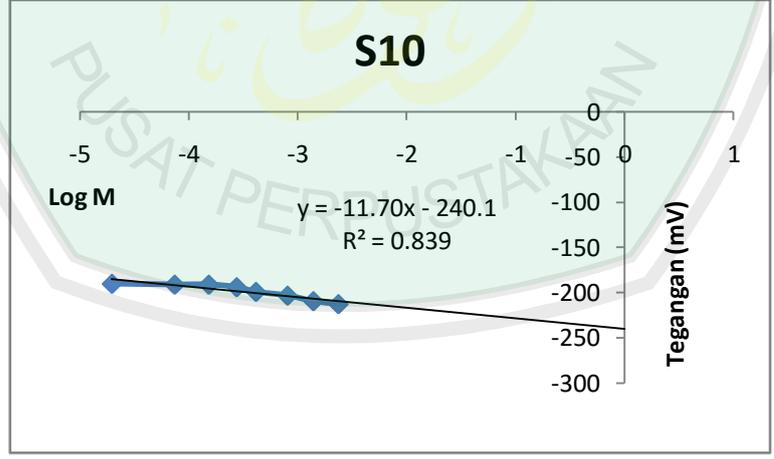
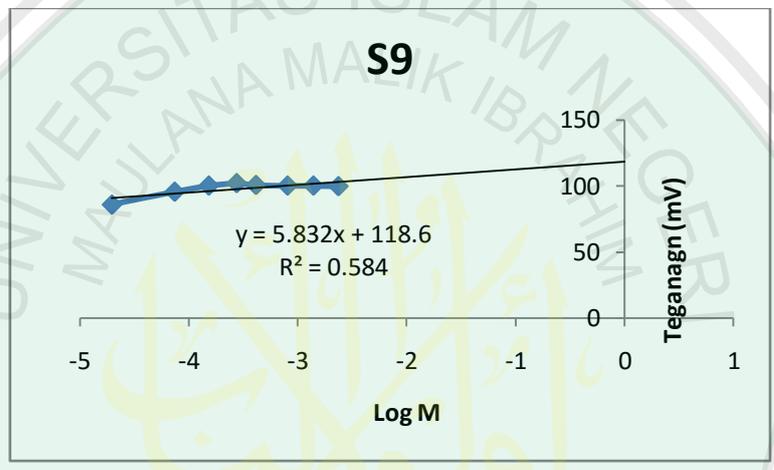
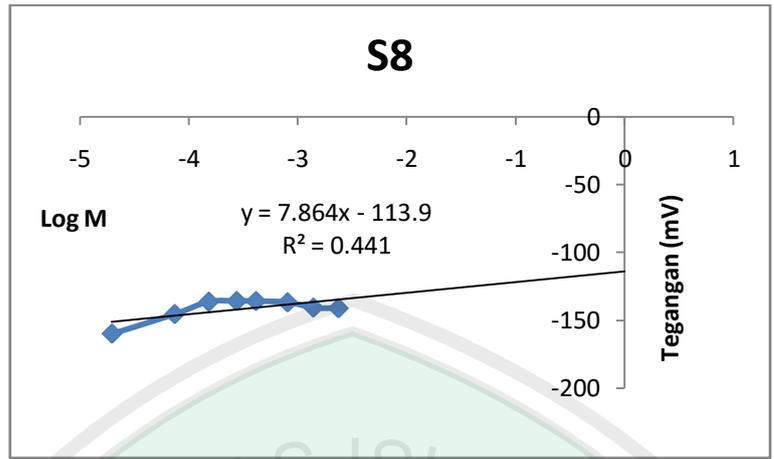


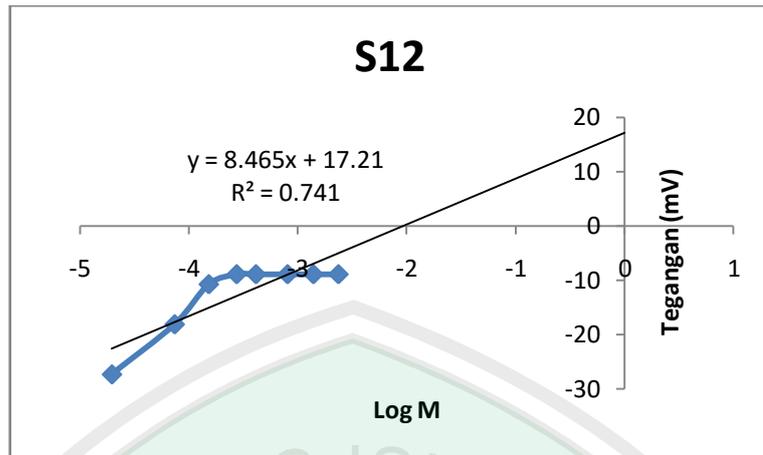


2. Regresi NaCl

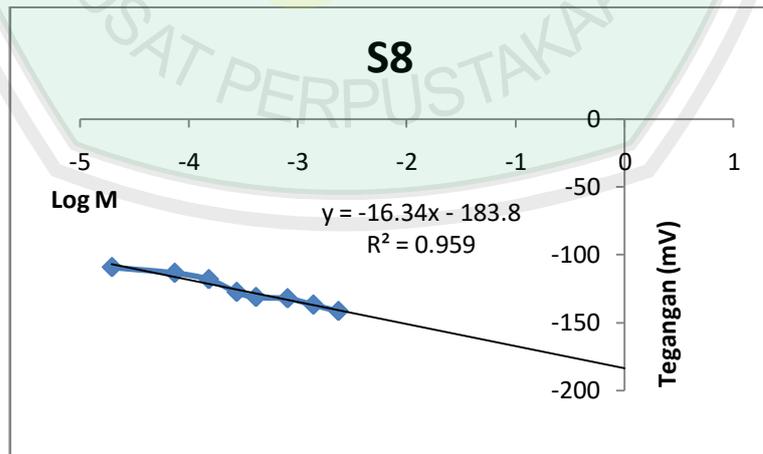
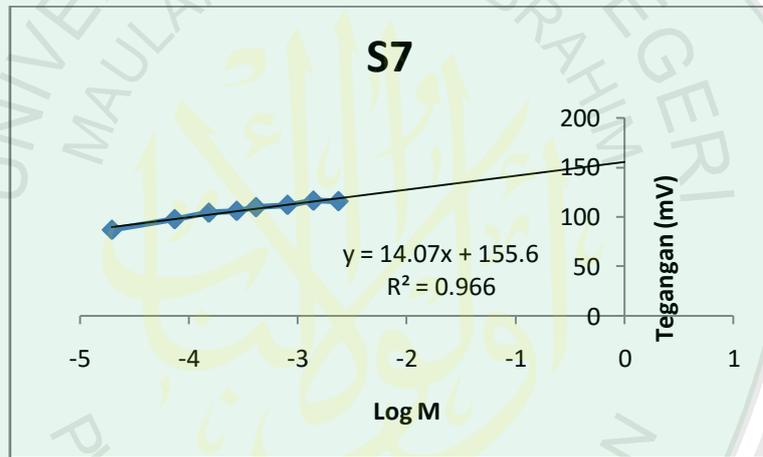


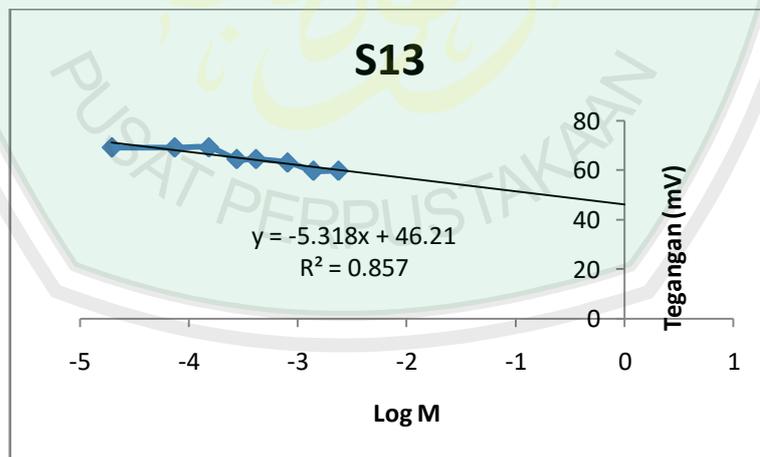
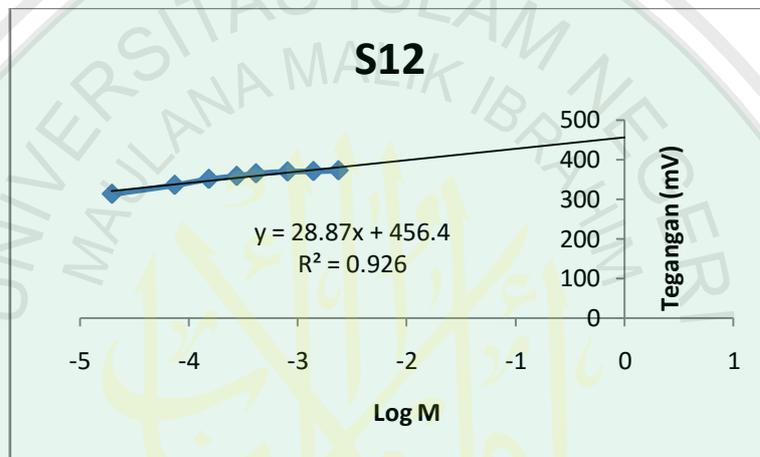
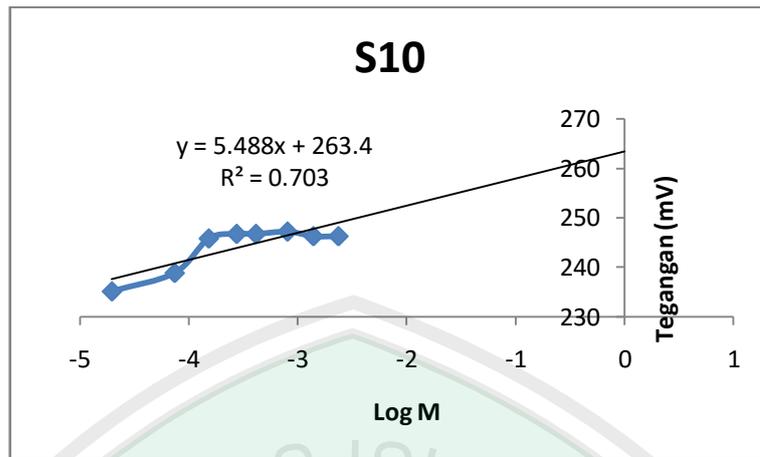


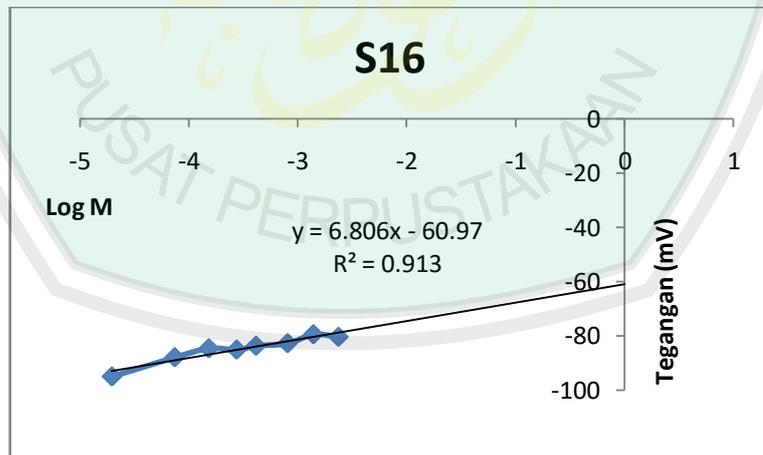
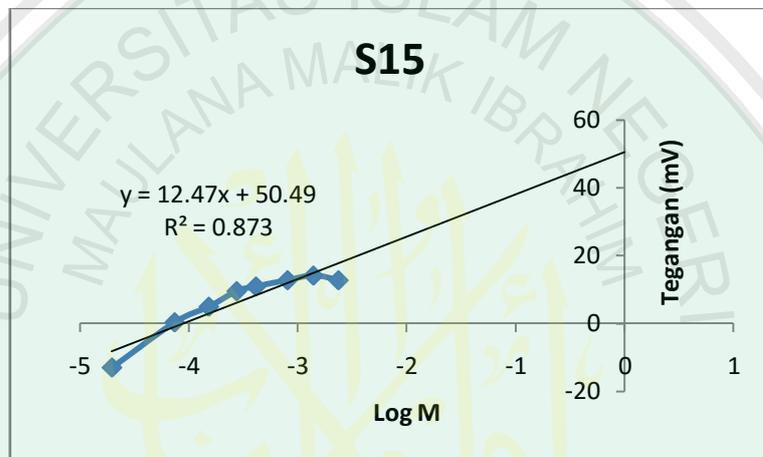
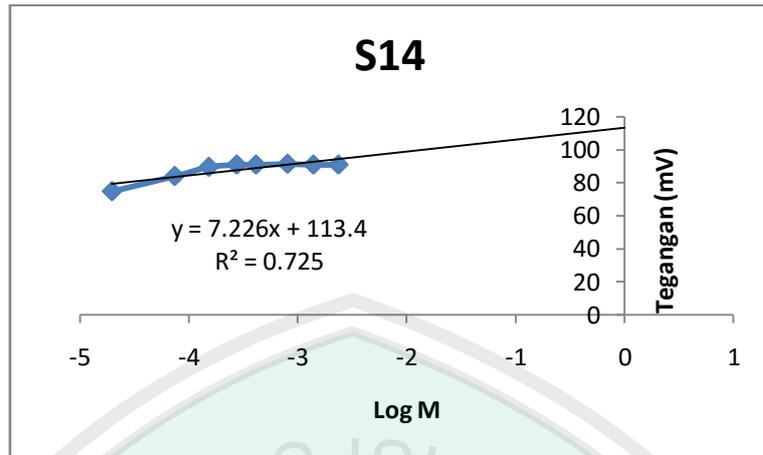




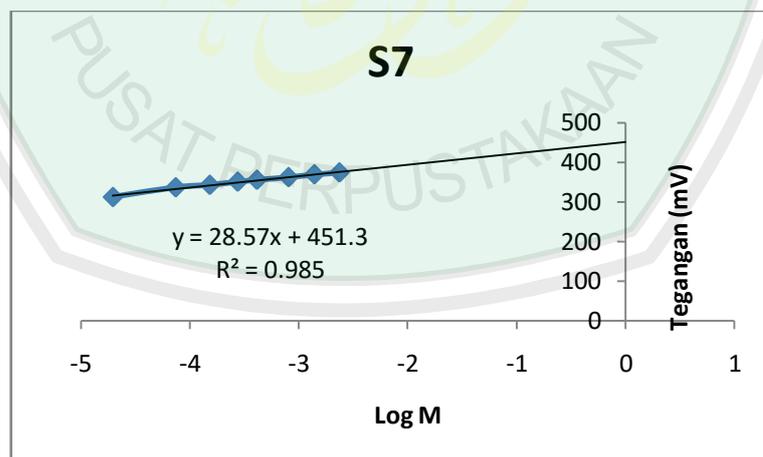
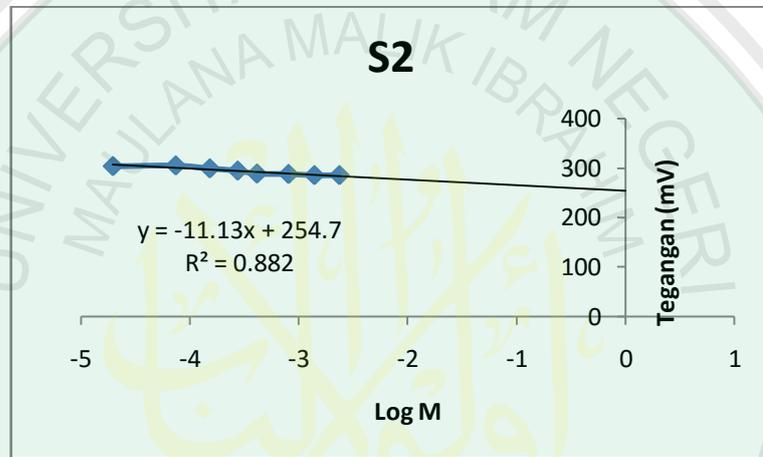
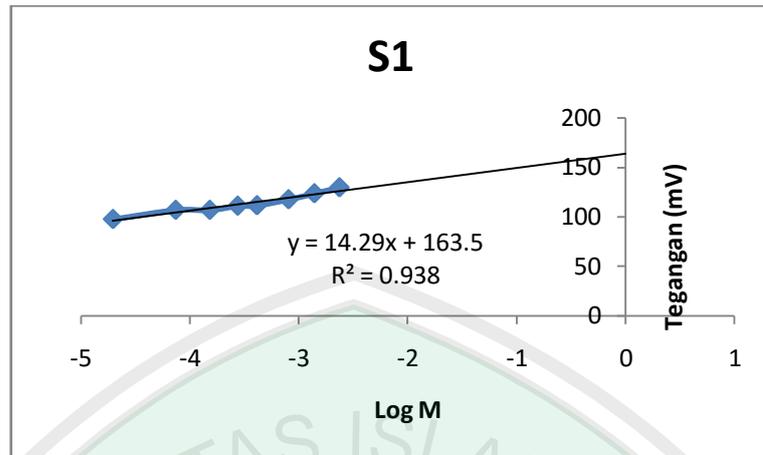
3. Regresi $MgCl_2$

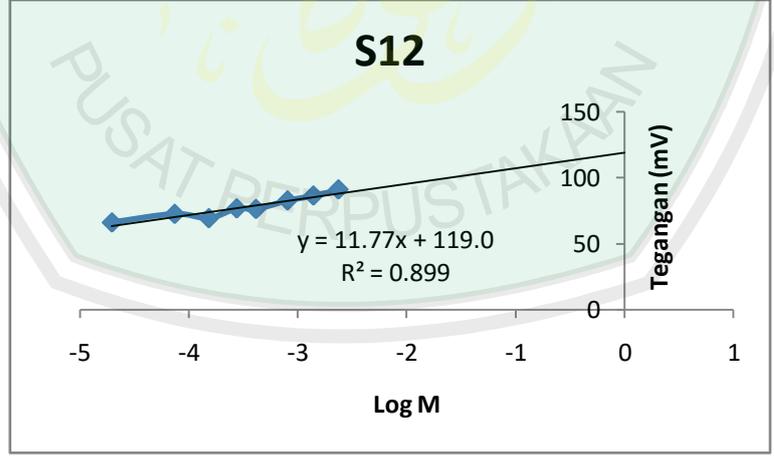
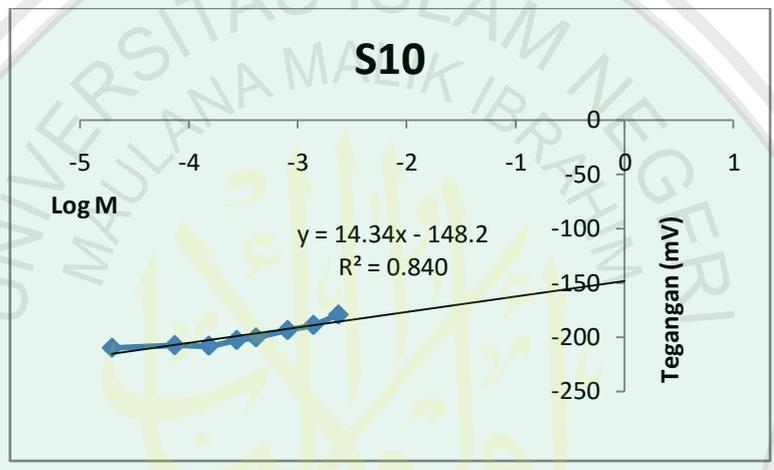
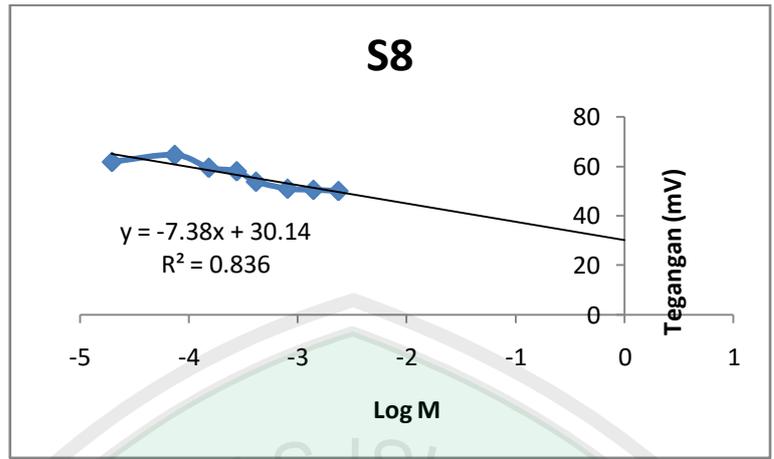


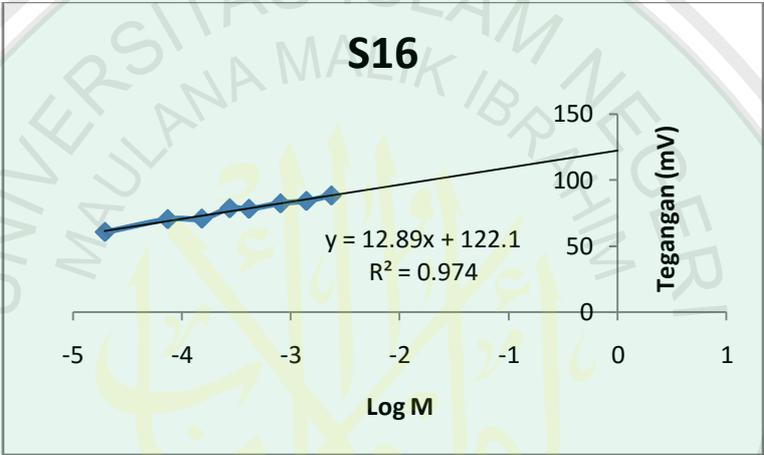
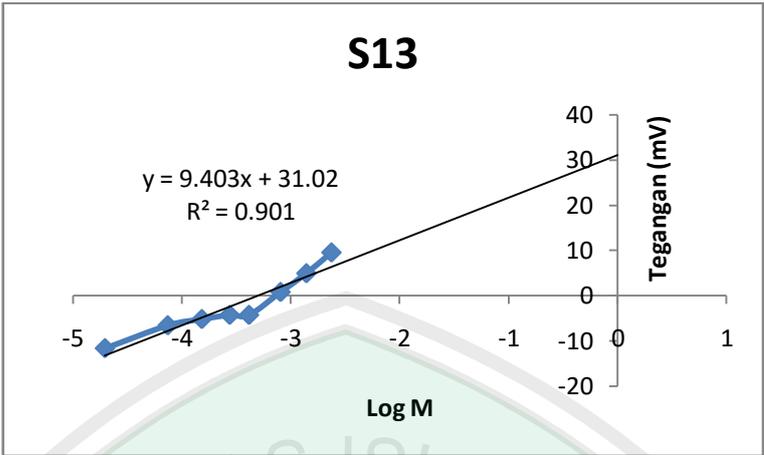




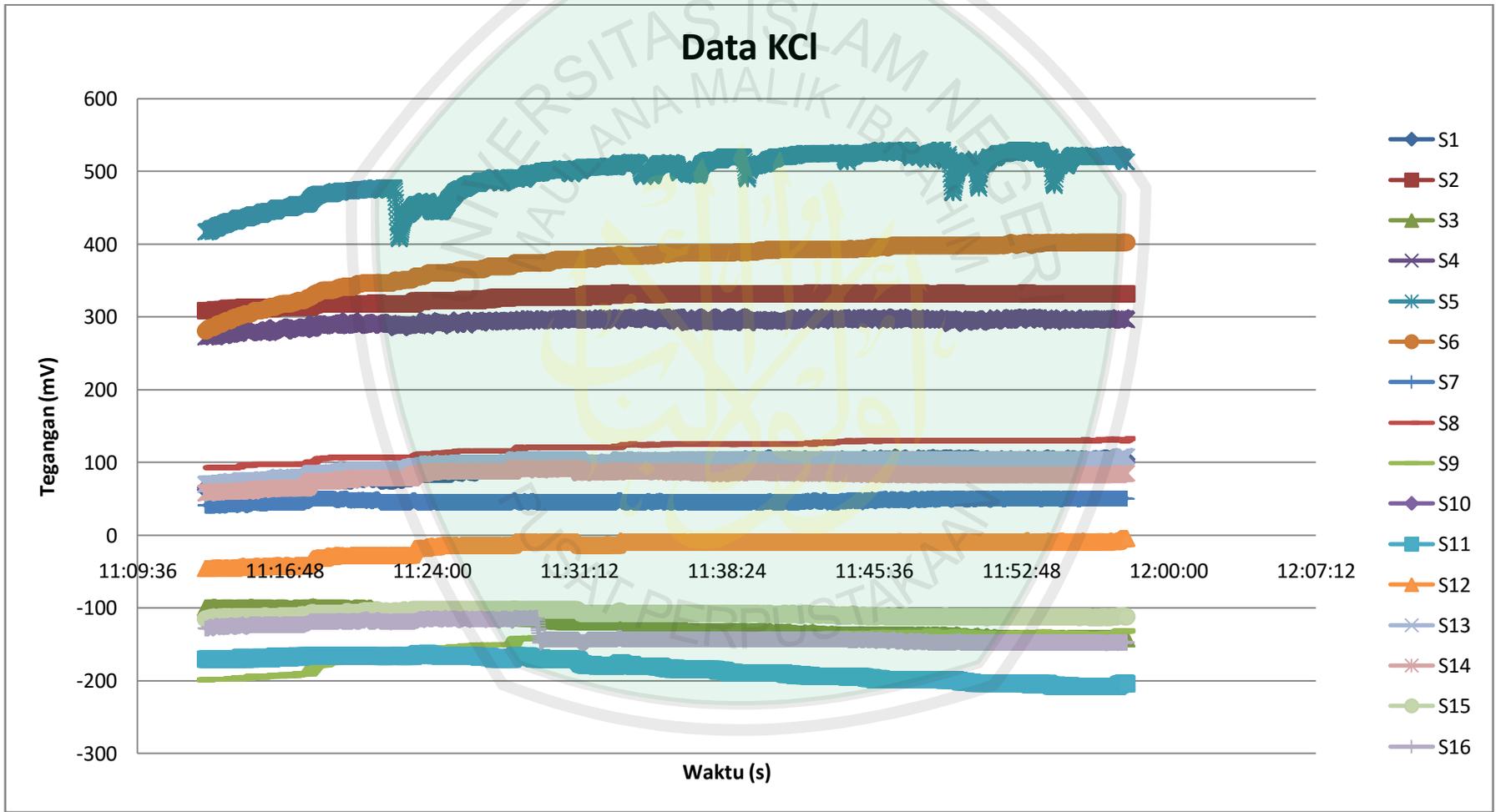
4. Regresi MSG



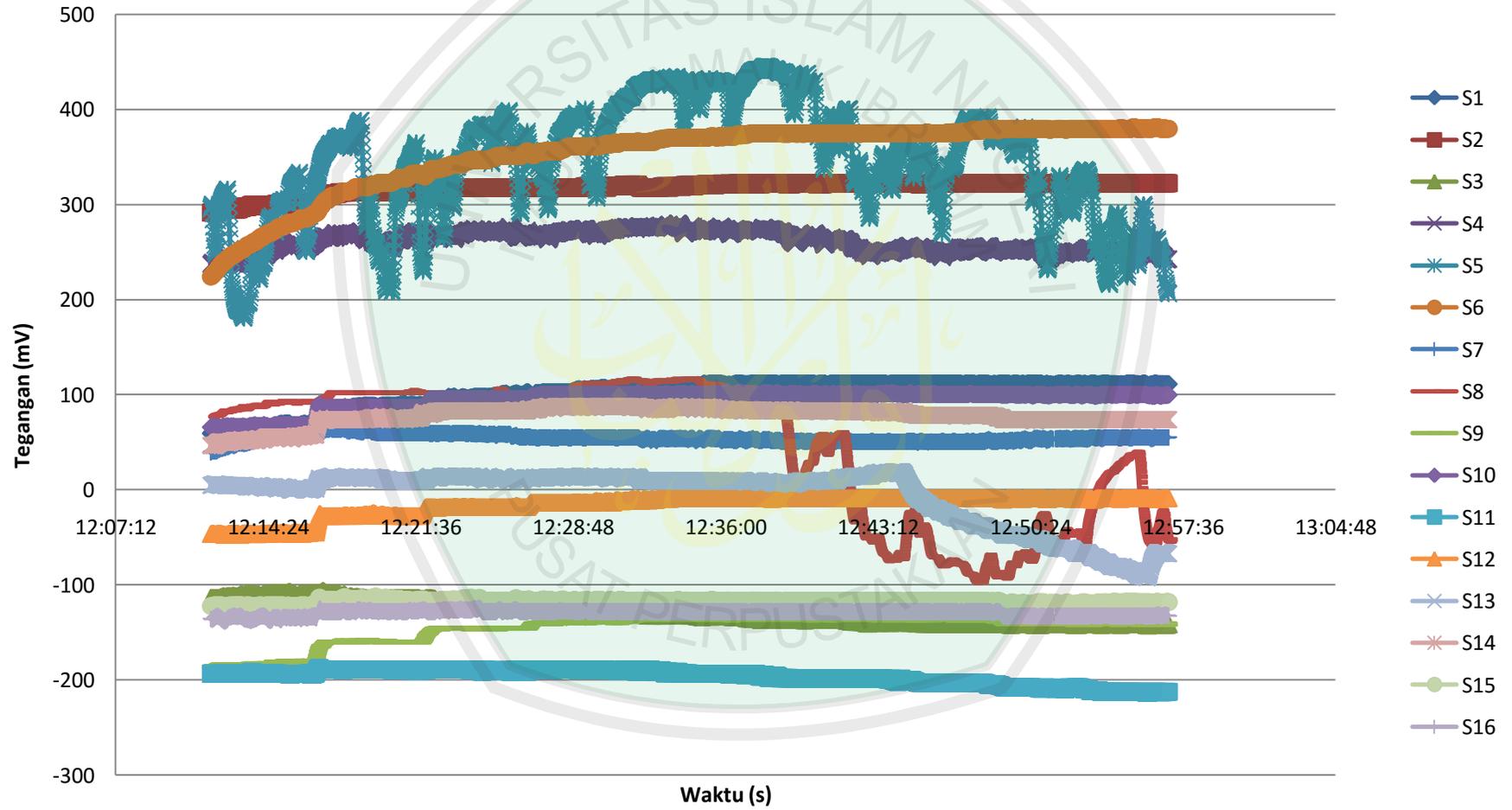




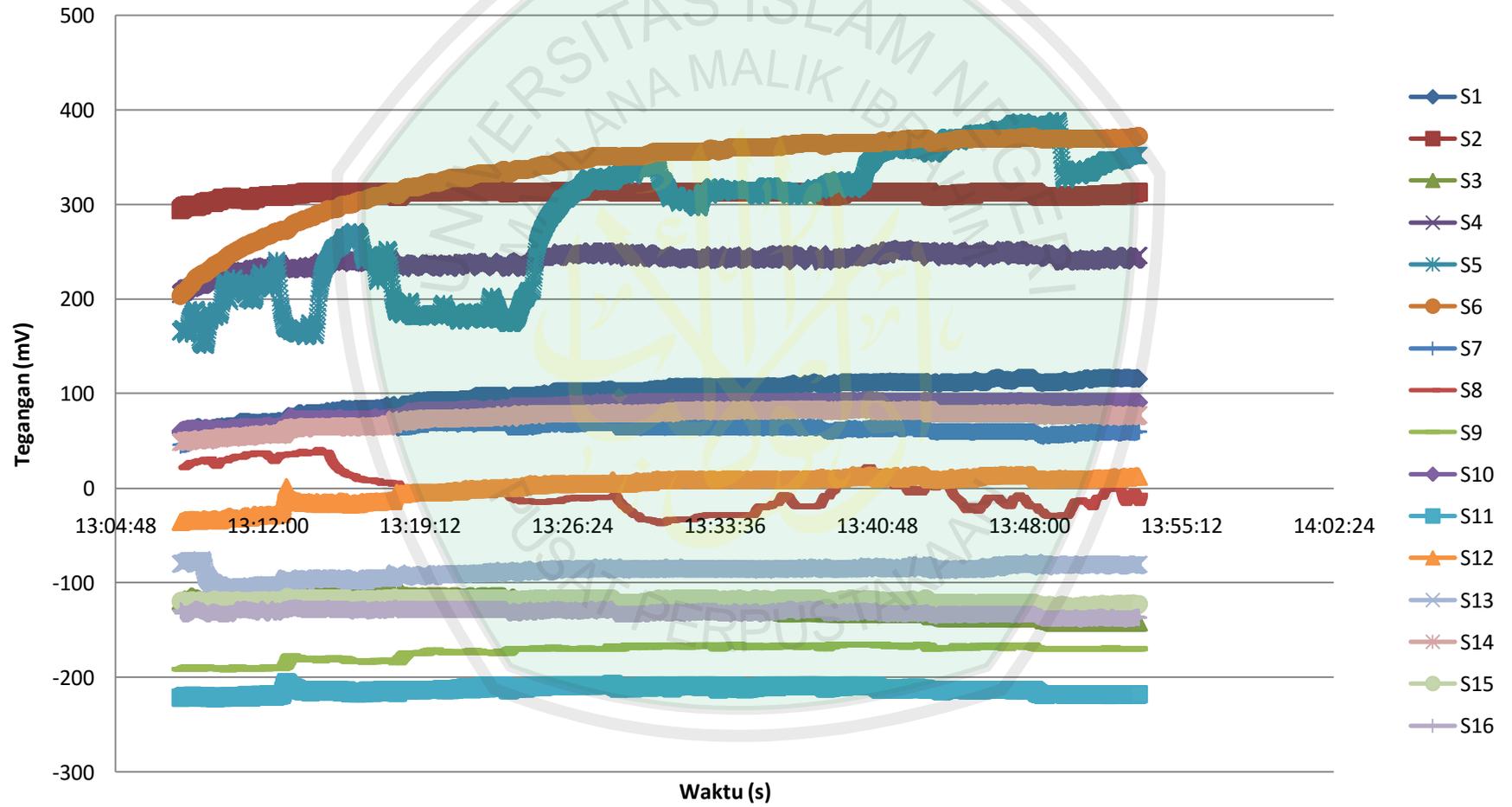
Lampiran 4 Grafik Data Keseluruhan Masing-Masing Sampel



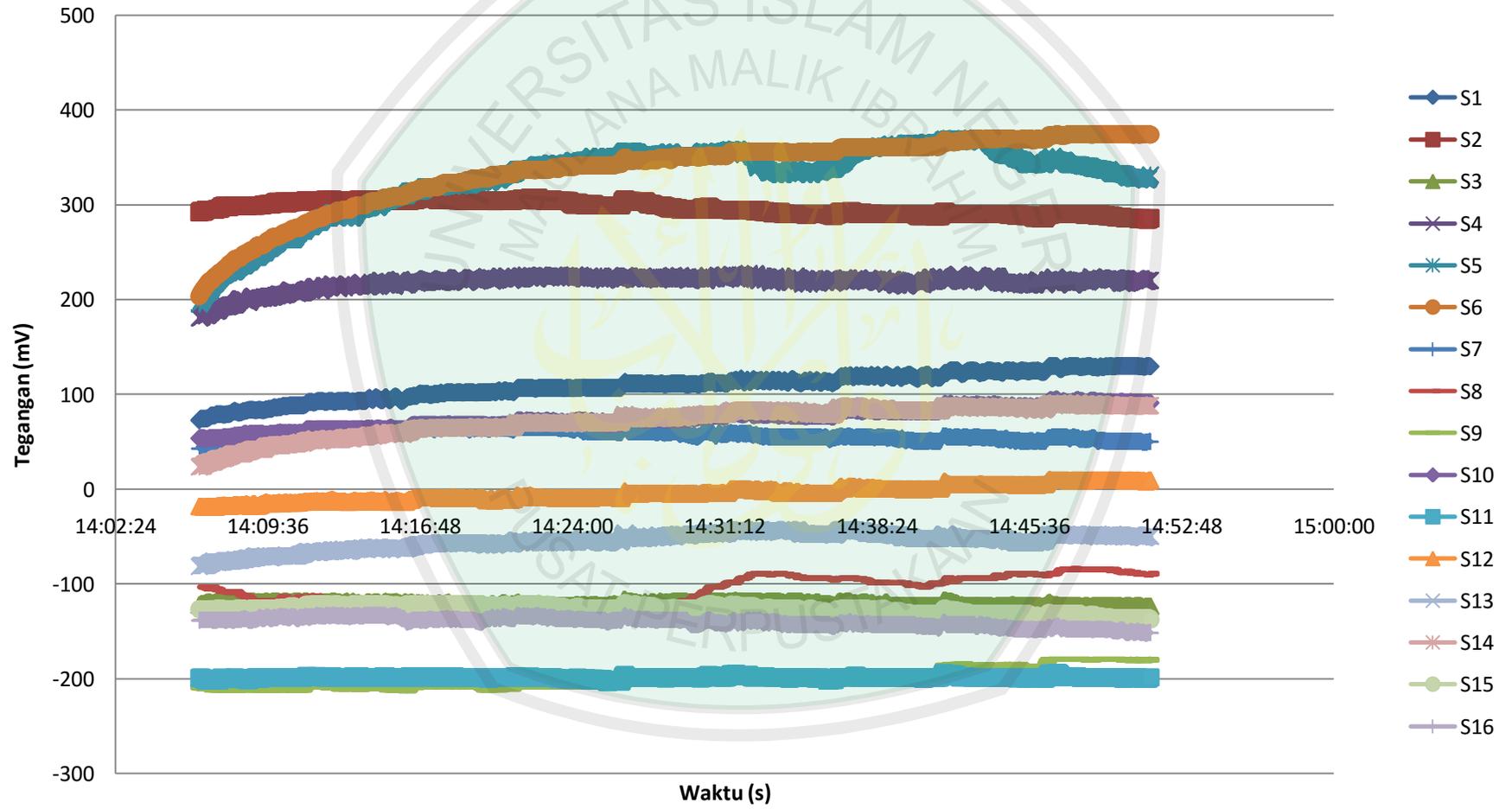
Data NaCl



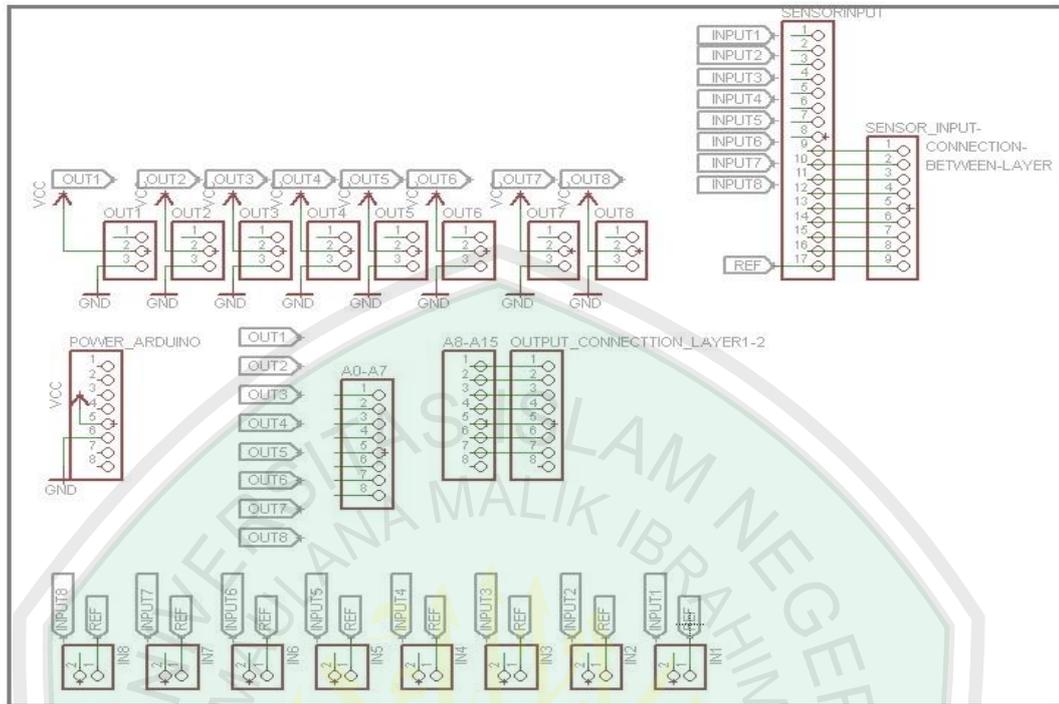
Data MgCl2



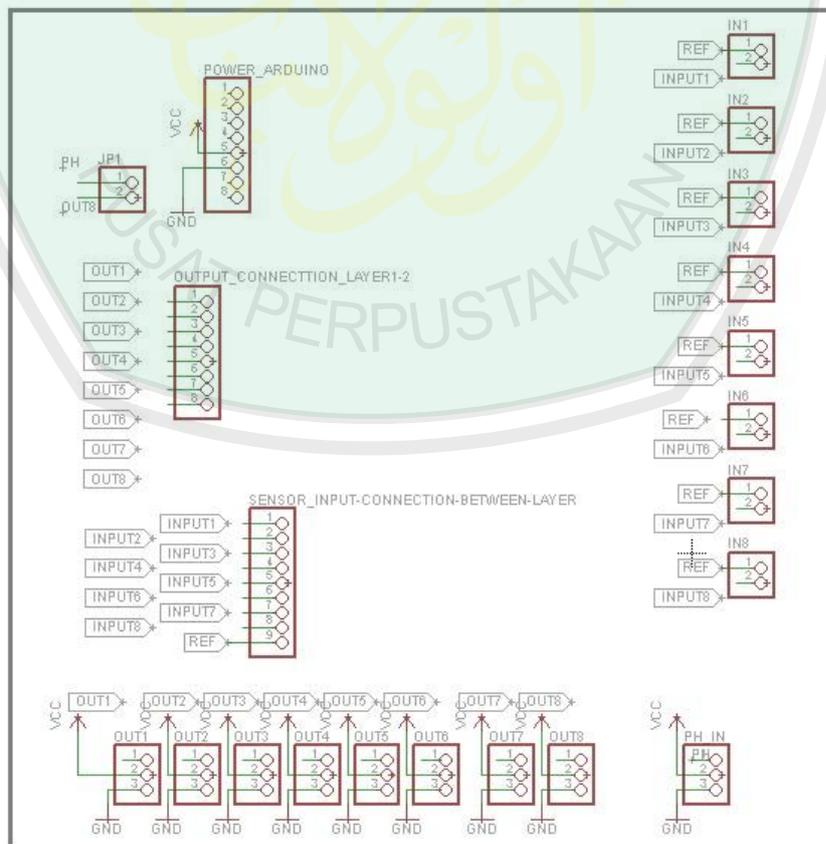
Data MSG



Lampiran 5 Skema Board PCB

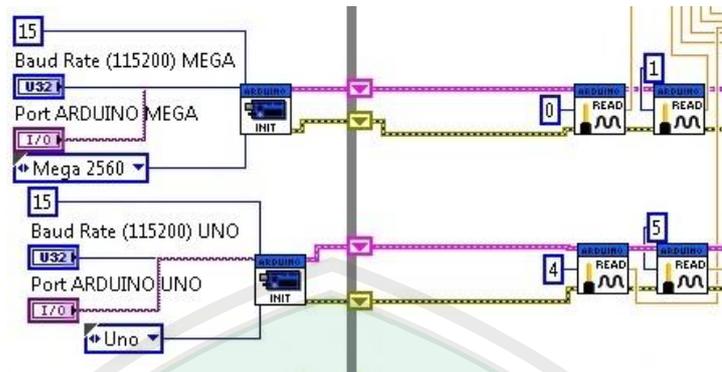


Skema Board PCB layer 1



Skema Board PCB layer 2

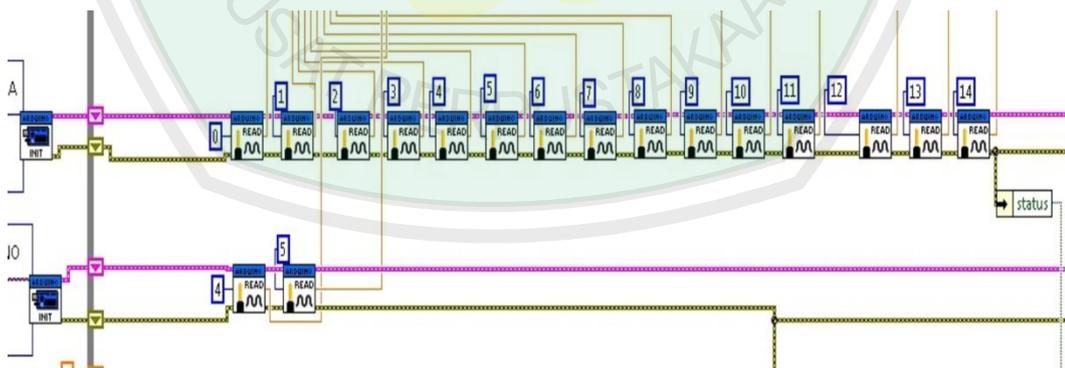
Lampiran 6



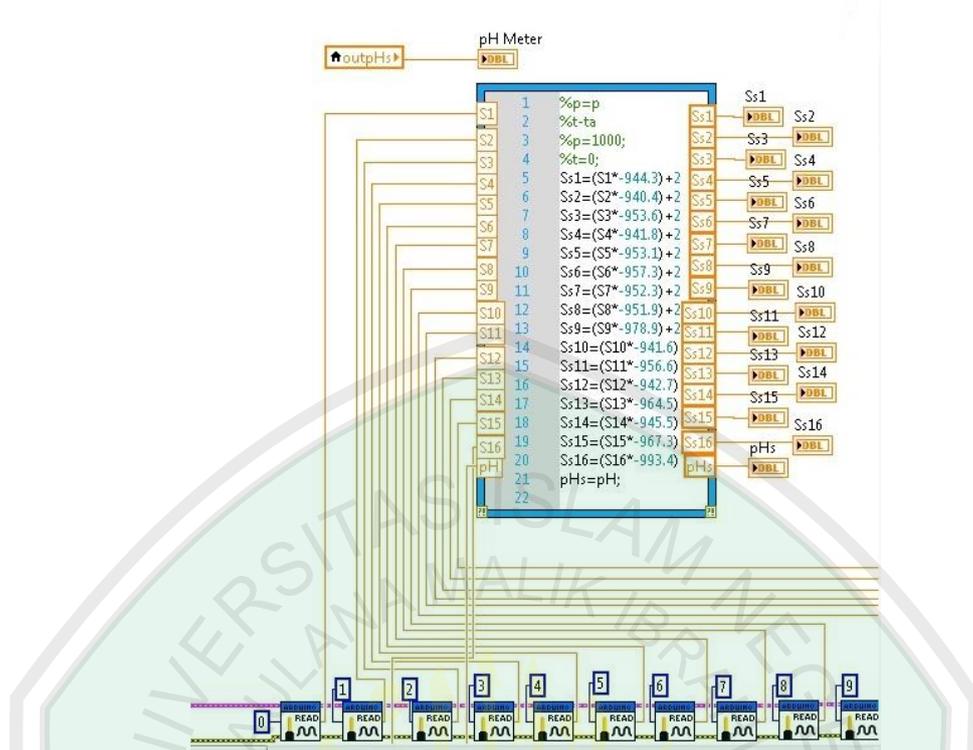
Inisialisasi PORT arduino dengan PC pada LabVIEW



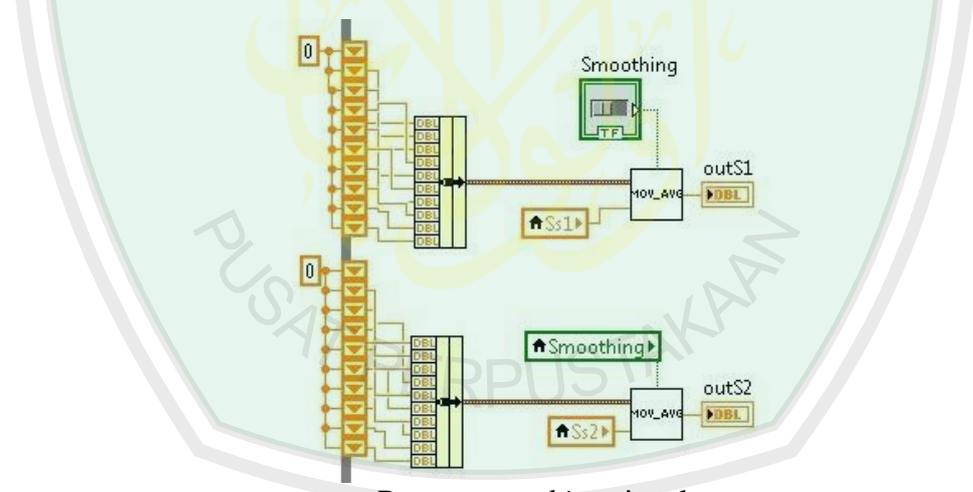
blok diagram untuk menutup komunikasi port arduino dan PC pada LabVIEW



Blok diagram untuk mengukur output sinyal analog pada pin ADC arduino dari 17 sensor.



Mathscript.vi untuk proses kalibrasi



Proses smoothing sinyal

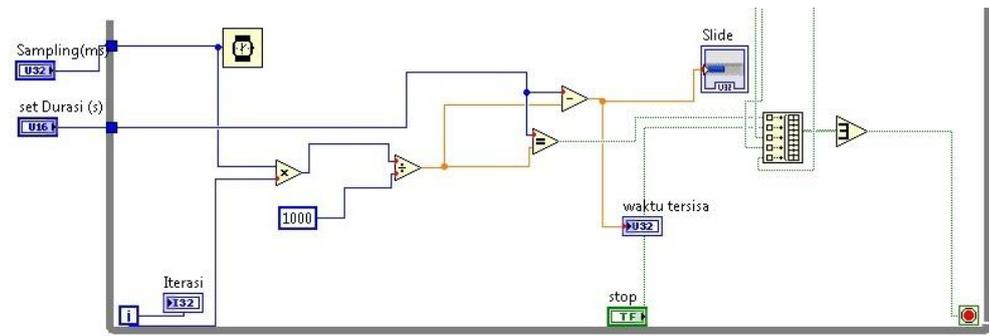
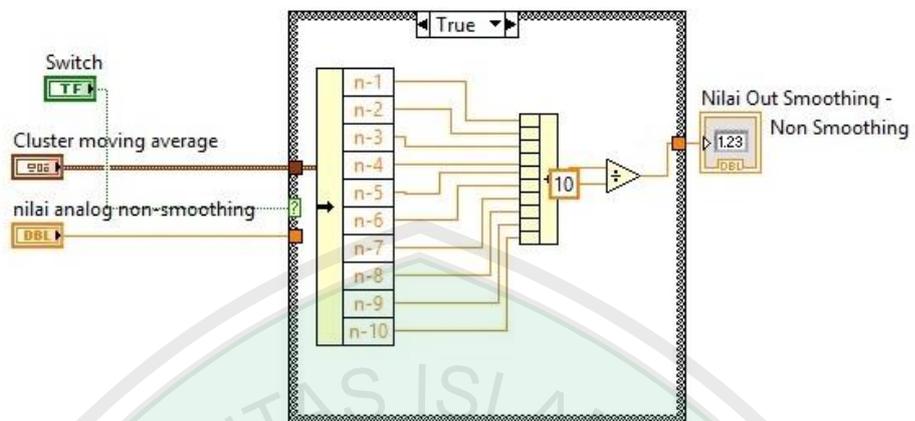


Diagram blok pengaturan waktu



Blok diagram *moving average* pada proses *smoothing* sinyal

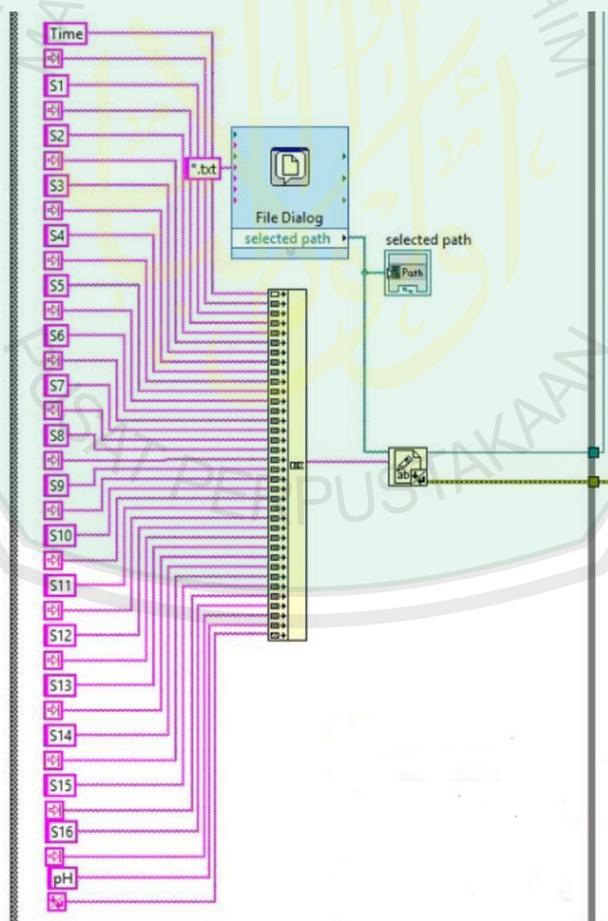
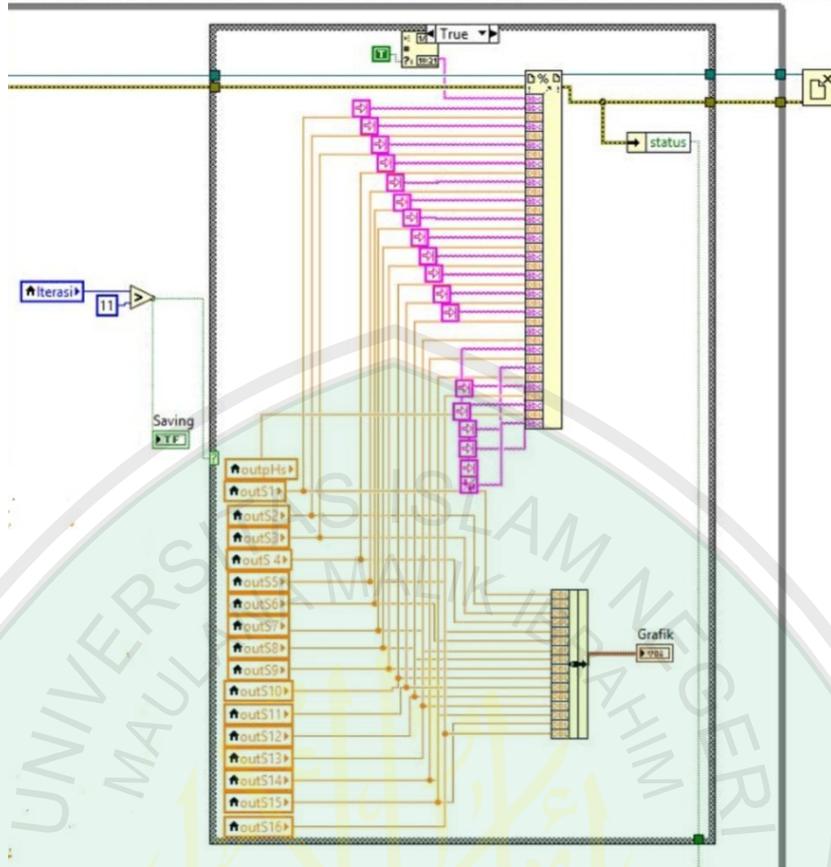
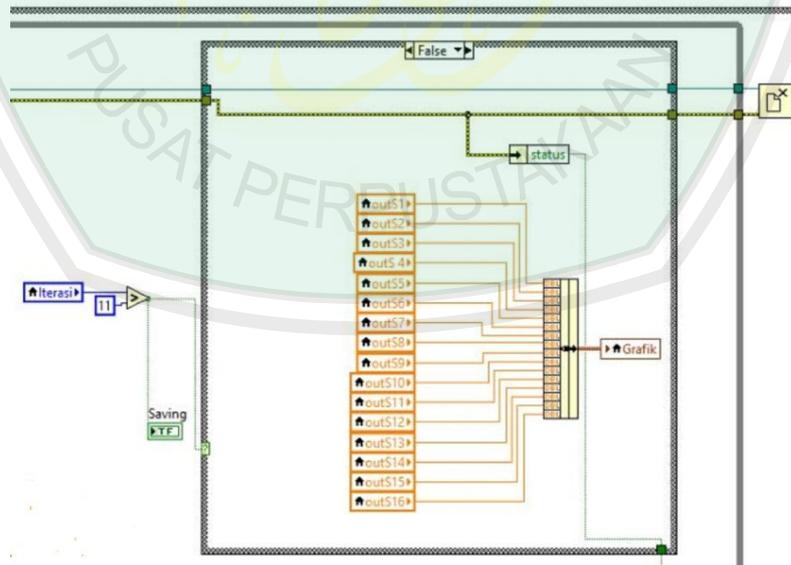


Diagram blok inialisasi file log

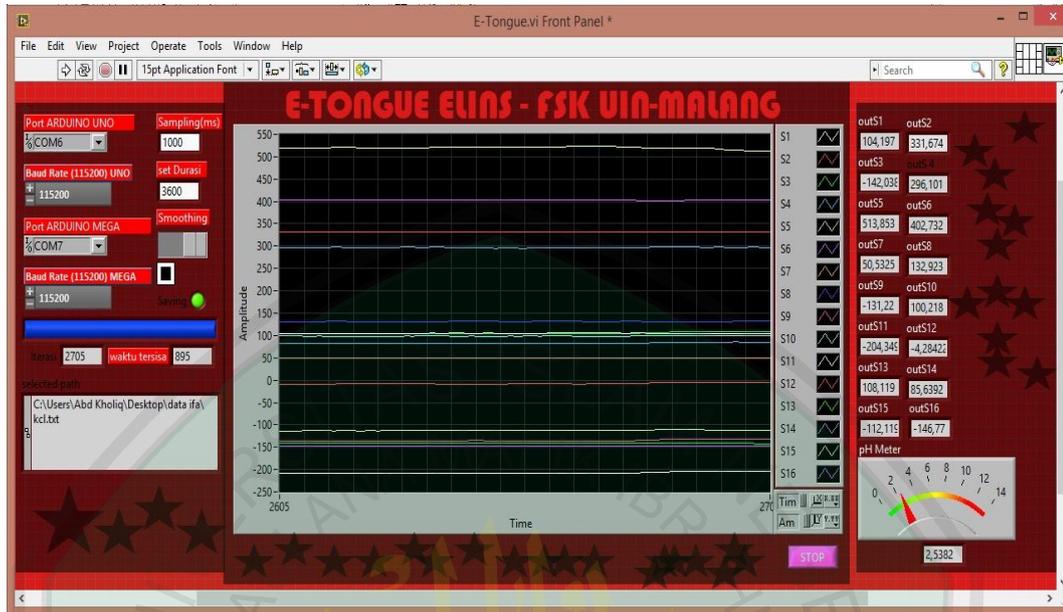


Blok diagram visualisasi grafik dan penyimpanan logger data pada keadaan *true*

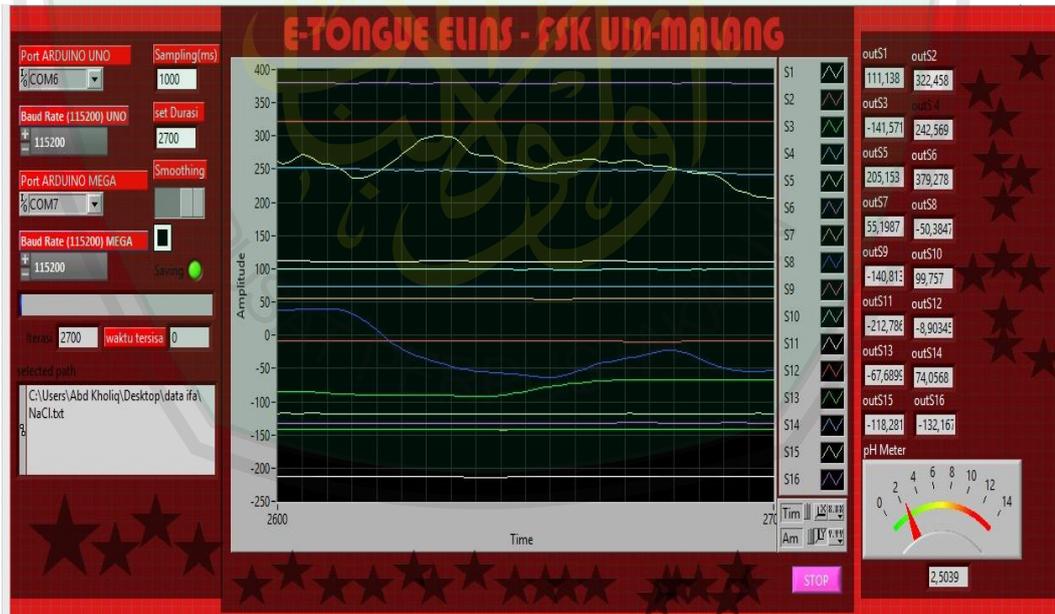


Blok diagram visualisasi grafik dan penyimpanan logger data pada keadaan *false*

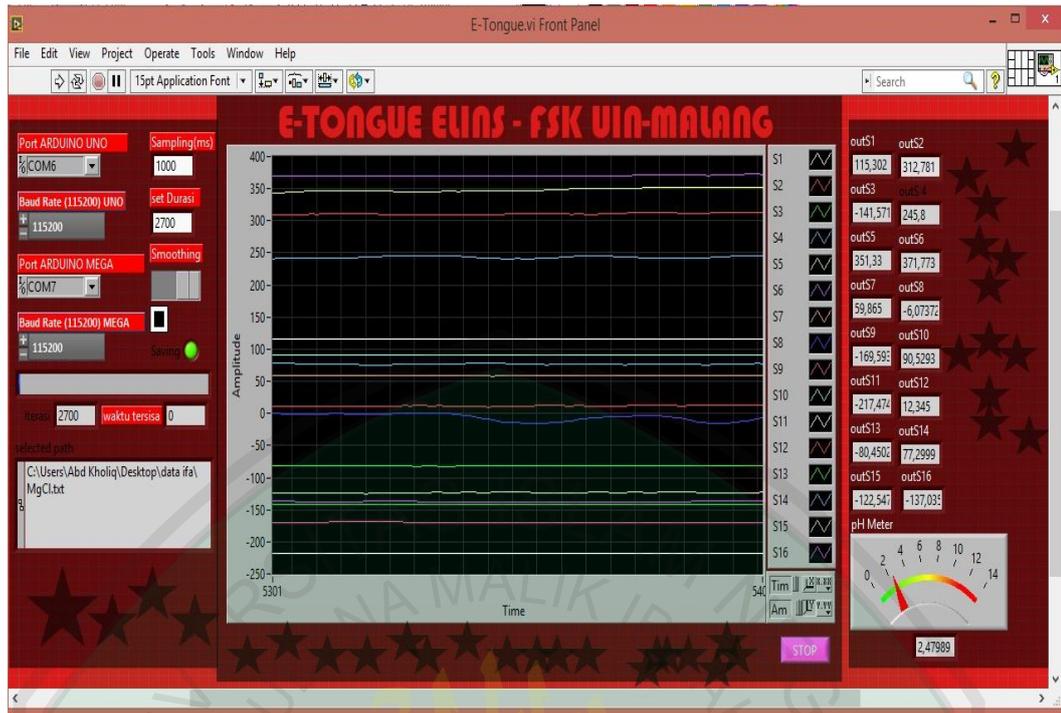
Lampiran 7 Penampang Data pada Software



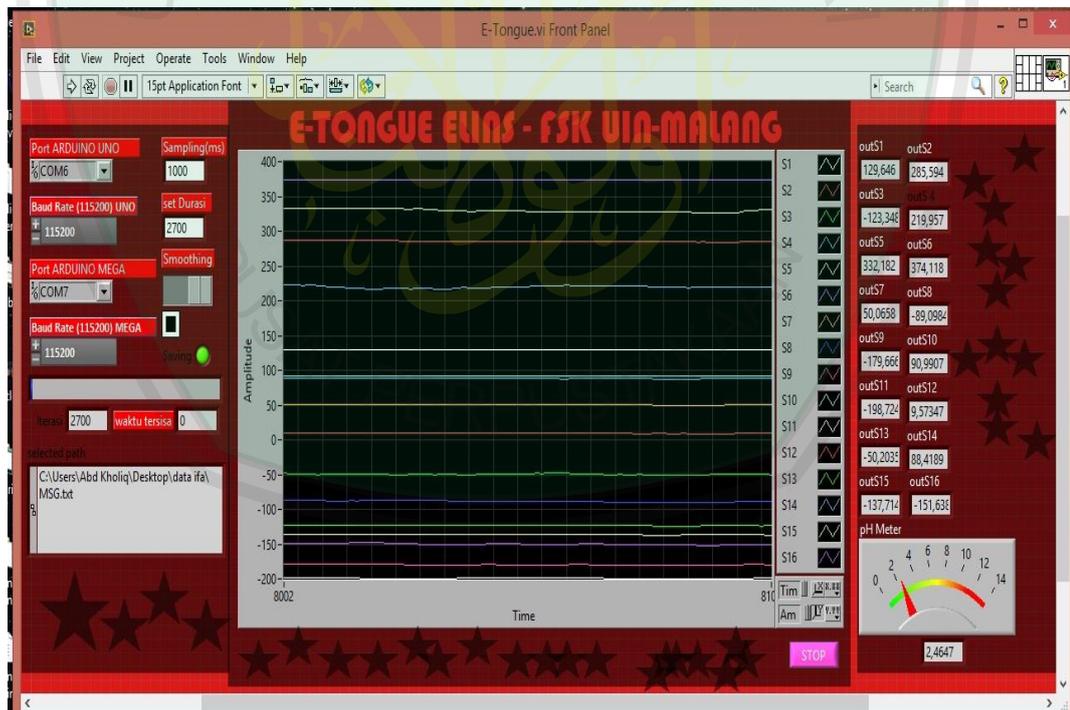
Hasil Data KCl



Hasil Data NaCl



Hasil Data MgCl₂



Hasil Data MSG