

**RANCANG BANGUN KIT KONDUKTIVITAS BERBASIS ARDUINO IDE
(INTEGRATED DEVELOPMENT ENVIRONMENT) UNTUK APLIKASI
PADA HEPARIN**

SKRIPSI

**Oleh:
MUHAMMAD HUSNUL WAFI'
NIM. 18630012**



**PROGRAM STUDI KIMIA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2022**

**RANCANG BANGUN KIT KONDUKTIVITAS BERBASIS ARDUINO IDE
(INTEGRATED DEVELOPMENT ENVIRONMENT) UNTUK APLIKASI
PADA HEPARIN**

SKRIPSI

Oleh:

**MUHAMMAD HUSNUL WAFAT
NIM. 18630012**

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

**PROGRAM STUDI KIMIA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2022**

**RANCANG BANGUN KIT KONDUKTIVITAS BERBASIS ARDUINO IDE
(INTEGRATED DEVELOPMENT ENVIRONMENT) UNTUK APLIKASI
PADA HEPARIN**

SKRIPSI

Oleh:

**MUHAMMAD HUSNUL WAFA'
NIM. 18630012**

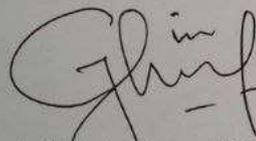
**Telah Diperiksa dan Disetujui untuk Diuji :
Tanggal : 29 November 2022**

Pembimbing I



**Himmatul Barroroh, M.Si
NIP. 19750730 200312 2 001**

Pembimbing II



**A. Ghanaim Fasya, M.Si
NIP. 19820616 200604 1 002**

**Mengetahui,
Ketua Program Studi**



**Rachmawati Sihombing, M.Si
NIP. 19810811 200801 2 010**

**RANCANG BANGUN KIT KONDUKTIVITAS BERBASIS ARDUINO IDE
(INTEGRATED DEVELOPMENT ENVIRONMENT) UNTUK APLIKASI
PADA HEPARIN**

SKRIPSI

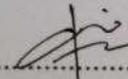
Oleh:
MUHAMMAD HUSNUL WAFA'
NIM. 18630012

Telah Dipertahankan di Depan Dewan Penguji Skripsi
Dan Dinyatakan Diterima Sebagai Salah Satu Persyaratan
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)
Tanggal: 06 Desember 2022

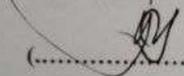
Ketua Penguji : Eny Yulianti, M.Si
NIP. 19760611 200501 2 006

(.....)

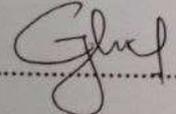
Anggota Penguji I : Susi Nurul Khalifah, M.Sc
NIP. 19851020 201903 2 012

(.....)

Anggota Penguji II : Himmatul Barroroh, M.Si
NIP. 19750730 200312 2 001

(.....)

Anggota Penguji III : A. Ghanaim Fasya, M.Si
NIP. 19820616 200604 1 002

(.....)

Mengesahkan
Ketua Program Studi



Rachmawati Anggrah, M.Si
NIP. 19810811 200801 1 010

PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Muhammad Husnul Wafa'
NIM : 18630012
Jurusan : Kimia
Fakultas : Sains dan Teknologi
Judul Penelitian : Rancang Bangun KIT konduktivitas berbasis Arduino IDE
(*Integrated Development Environment*) untuk aplikasi pada Heparin

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri, bukan merupakan pengambilalihan data, tulisan atau pikiran orang lain yang saya akui sebagai hasil tulisan atau pikiran saya sendiri, kecuali dengan mencantumkan sumber cuplikan pada daftar pustaka. Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan skripsi ini hasil jiplakan, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Malang, 29 November 2022
Yang membuat pernyataan,



Muhammad Husnul Wafa'
NIM. 18630012

HALAMAN PERSEMBAHAN

Alhamdulillah, sebagai rasa syukur atas nikmat Allah SWT yang telah penulis rasakan. Skripsi ini penulis persembahkan untuk:

Untuk semua keluargaku, terkhusus Ayah Kholil dan Ibu Nur Asiyah yang selalu membuatku termotivasi dan selalu memberi kasih sayang, selalu mendoakanku, selalu menasehatiku menjadi lebih baik. Terima kasih Ayah. Terima kasih Ibu atas semua yang telah engkau berikan semoga diberi kesehatan dan panjang umur agar dapat menemani langkah kecilku bersama adik-adikku menuju kesuksesan.

Untuk semua dosen serta laboran di Program Studi Kimia UIN Malang yang telah memberikan ilmu, wawasan, dan pengalaman kepada saya. Terutama untuk Ibu Himmatul Barorroh M.Si dan Bapak A. Ghanaim Fasya M. Si terima kasih sudah membimbing saya menyelesaikan skripsi ini. Terimakasih atas arahan dan kesabarannya dalam membimbing saya. Sukses dan sehat selalu, Ibu dan Bapak.

Untuk diri sendiri, terima kasih yang telah berjuang sejauh ini dengan melawan rasa malas, ego, serta mood yang tidak tentu selama proses skripsi ini.

Untuk teman-temanku semua khususnya Takmir TPQ & Musholah nurul huda Dinoyo, grup harapan bangsa, saudara se-asuhan persaudaraan setia hati winongo cabang malang, dan semua teman-teman yang selalu menemani saya dalam menyelesaikan skripsi ini, terimakasih atas motivasinya, bantuannya, kebersamaannya, semangatnya dan dukungannya, semoga hal ini dapat membawa keberkahan dalam hidup kita di masa depan, Aamiin.

MOTTO

” خَيْرُ النَّاسِ أَنْفَعُهُمْ لِلنَّاسِ ”

“ Sebaik Baik Manusia Adalah Yang Paling Bermanfaat Bagi Orang Lain ”

MENS SANA IN CORPORE SANO-AMAR MA'RUF NAHI MUNKAR

“ jiwa yang sehat terdapat pada tubuh yang sehat pula, yaitu dengan meninggalkan semua yang menjadi larangan Allah dan melaksanakan semua perintah-perintahNya ”

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah robbil ‘Alamin, segala puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah memberikan rahmat, hidayah dan nikmat islam, iman sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi dengan judul “ **Rancang Bangun KIT konduktivitas berbasis Arduino IDE (*Integrated Development Environment*) untuk aplikasi pada Heparin** ”. Sholawat serta salam penulis panjatkan kepada Nabi Muhammad SAW, yang telah membimbing umatnya dari masa kebodohan menuju masa yang terang benerang yaitu dengan memberikan suri tauladan yang baik berupa nilai-nilai kehidupan. Semoga kita termasuk umat yangmendapatkan syafaatnya dihari kiamah. Amin.

Proses penulisan skripsi ini, penulis telah mendapat banyak sekali bimbingan, motivasi, nasihat dan do’a dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada:

1. Ayah, Ibu, adik, dan seluruh keluarga yang selalu memberikan dukungan, perhatian, motivasi, dan do’a dalam penyelesaian penulisan skripsi.
2. Bapak Prof. Dr. H. M. Zainuddin, MA selaku Rektor Universitas Islam Negeri (UIN) Maulana Malik Ibrahim Malang.
3. Ibu Dr. Sri Harini, M.Si selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri (UIN) Maulana Malik Ibrahim Malang.
4. Ibu Rachmawati Ningsih, M.Si selaku Ketua Program Studi Kimia Universitas Islam Negeri (UIN) Maulana Malik Ibrahim Malang.
5. Ibu Himmatul Baroroh, M.Si selaku Pembimbing yang telah banyak memberikan bimbingan dan juga pengarahan kepada penulis dalam menyelesaikan penulisan skripsi ini
6. Seluruh Dosen Jurusan Kimia Universitas Islam Negeri (UIN) MaulanaMalik Ibrahim Malang.
7. Segenap rekan-rekan seperjuangan Kimia angkatan 2018, khususnya para Grup Harapan Bangsa yang telah memberikan motivasi, semangat, dan bantuan kepada penulis dalam penyusunan skripsi ini.
8. Seluruh saudara seasuhan Persaudaraan Setia Hati Tunas Muda Winongo madiun cabang kota malang yang telah memberi motivasi, semangat, & arahan kepada penulis untuk menyelesaikan skripsi ini.

9. Seluruh pihak yang berkontribusi dalam penyusunan dan penulisan skripsi ini yang tidak dapat penulis tuliskan satu-persatu.

Bersama dengan harapan, tujuan dan do'a semoga apa yang telah mereka berikan kepada penulis, mendapatkan balasan terbaik dari Allah SWT. Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu, kritik dan saran yang bersifat membangun akan penulis terima demi kesempurnaan skripsi ini. Semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat yang sebesar besarnya bagi kita semua dan bagi generasi mendatang. Amiin.

Malang, 29 November 2022

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERSETUJUAN	iii
PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN	v
MOTTO	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
ABSTRAK	xiv
ABSTRACT	xv
مستخلص البحث	xvi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	5
1.3 Tujuan.....	5
1.4 Batasan Masalah.....	5
1.5 Manfaat Penelitian.....	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Heparin	7
2.2 Larutan Standar KCl.....	10
2.3 Metode Konduktometri	12
2.5 Perangkat Hardware	15
2.5.1 Sensor TDS (<i>total dissolved solid</i>).....	15
2.5.2 Mikrokontrol Arduino Uno	16
2.5.3 Kabel Jumper	19
2.6 Rangkaian Software	19
2.6.1 Arduino IDE.....	19
2.7 Validasi Metode Alat.....	21
2.7.1 Linearitas.....	21
2.7.2 Batas deteksi (LOD) dan Batas Kuantisasi (LOQ)	22
2.8 Titrasi Asam-Basa	23
BAB III METODE PENELITIAN	24
3.1 Waktu dan Tempat	24
3.2 Alat dan Bahan Penelitian	24
3.2.1 Alat.....	24
3.2.2 Bahan	24
3.3 Perancangan <i>Hardware</i> (Perangkat Keras)	25
3.4 Perancangan <i>Software</i> (Perangkat Lunak).....	26

3.5 Sistem Kerja Alat	27
3.6 Kalibrasi Alat	28
3.7 Validasi Alat.....	28
3.7.1 Uji Linearitas hasil pengukuran Alat	28
3.7.2 Uji Batas Deteksi LOD dan Batas Kuantisasi LOQ	29
3.8 Analisis Konduktivitas Sampel Heparin	30
3.10 Titrasi asam basa sampel Natrium Heparin.....	31
3.10.1 Pembakuan HCl 0,1 N.....	31
3.10.2 Penentuan kadar Natrium pada Heparin	32
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	33
4.1 Perancangan Hardware	33
4.2 Perancangan Software	34
4.3 Kalibrasi Alat	36
4.4 Validasi Alat.....	41
4.4.1 Uji Linieritas	41
4.4.2 Uji Batas Deteksi LOD dan Batas Kuantisasi LOQ.....	44
4.5 Analisis Konduktivitas Sampel Heparin	46
4.6 Titrasi asam basa sampel Natrium Heparin.....	48
4.6.1 Pembakuan HCl	48
4.6.1 Penentuan kadar Natrium pada Heparin	49
4.6 Pembuatan Rancang Bangun KIT dalam prespektif Islam.....	53
BAB V PENUTUP.....	55
5.1 Kesimpulan	56
5.2 Saran	56
DAFTAR PUSTAKA	57
LAMPIRAN.....	62

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Struktur Heparin.....	8
Gambar 2.2 Struktur kalium klorida (KCl).....	11
Gambar 2.3 Sensor TDS (<i>total dissolved solid</i>).....	14
Gambar 2.4 <i>Board</i> Arduino UNO.....	15
Gambar 2.5 Kabel <i>Jumper</i>	17
Gambar 2.6 GUI (<i>Graphical User Interface</i>) Arduino	17
Gambar 3.1 Diagram blok sistem	23
Gambar 3.2 Diagram perancangan <i>software</i>	24
Gambar 3.3 Diagram sistem pengukur tegangan Heparin	25
Gambar 4.1 KIT bagian luar (a) KIT bagian dalam (b).....	32
Gambar 4.2 Kode pemrograman Arduino.....	33
Gambar 4.3 Kode sebelum kalibrasi (a) Tampilan sebelum kalibrasi (b)	35
Gambar 4.4 Regresi Linier kalibrasi KCl	36
Gambar 4.5 Literatur Hubungan konsentrasi KCl dengan konduktivitasnya	37
Gambar 4.6 Kode sesudah kalibrasi (a) Tampilan sesudah kalibrasi (b).....	38
Gambar 4.7 Kurva Linearitas KCl	40
Gambar 4.8 Kurva LOD & LOQ	43
Gambar 4.9 Struktur Heparin.....	47
Gambar 4.10 Hubungan antara konsentrasi dengan mol gugus Na ⁺ (a) Hubungan antara konduktivitas dengan mol gugus Na ⁺ (b)	50

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Sifat fisika dan kimia kalium klorida (KCl).....	10
Tabel 3.1 Linearitas.....	28
Tabel 3.2 Uji batas deteksi & batas kuantisasi.....	29
Tabel 4.1 Nilai tegangan pada saat kalibrasi.....	37
Tabel 4.2 Hasil pengukuran konduktivitas pada uji linearitas	40
Tabel 4.3 Hasil pengujian Linearitas	42
Tabel 4.4 Uji ANOVA Linearity Testing	42
Tabel 4.5 Nilai LOD & LOQ KIT Konduktivitas.....	44
Tabel 4.6 Hasil pengukuran konduktivitas larutan heparin injeksi.....	46
Tabel 4.7 Hasil pembakuan HCl	48
Tabel 4.8 Hasil titrasi natrium heparin.....	49
Tabel 4.9 Perbandingan Hasil titrasi dan konduktivitas heparin	50

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Rancangan penelitian	60
Lampiran 2. Diagram Alir.....	62
Lampiran 3. Perhitungan.....	67
Lampiran 4. Gambar	81

ABSTRAK

Wafa, M.H. 2022. **Rancang Bangun KIT konduktivitas berbasis Arduino IDE (*Integrated Development Environment*) untuk aplikasi pada Heparin**. Skripsi. Program Studi Kimia, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Pembimbing I: Himmatul Baroroh, M.Si; Pembimbing II: A. Ghanaim Fasya, M.Si.

Kata kunci: Konduktivitas, Rancang bangun, konduktometri, Heparin, Arduino IDE (*Integrated Development Environment*).

Rancang bangun merupakan kegiatan dimana hasil analisis diubah menjadi perangkat lunak kemudian sistem yang sudah ada diperbaiki. Adapun KIT (Kotak Instrumen Terpadu) adalah suatu alat yang didalamnya berisi peralatan-peralatan yang dapat dirangkai. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui rancang bangun KIT konduktivitas dengan sampel pengukuran larutan heparin Injeksi 5000 IU/mL berbasis aplikasi Arduino IDE (*Integrated Development Environment*).

Metode yang digunakan adalah metode konduktometri didasarkan pada perbedaan harga konduktansi masing-masing ion dengan mengolah data analog (sinyal kontinyu) dari mikrokontroler menjadi data digital untuk ditampilkan menjadi nilai konduktivitas. Sebelum digunakan untuk pengukuran konduktivitas sampel, KIT terlebih dahulu dilakukan validasi alat dengan cara pengukuran konduktivitas pada larutan standart KCl untuk mengetahui nilai linearitas, LOD, dan LOQ.

Hasil validasi rancang bangun KIT pada uji linearitas didapat nilai korelasi (r) adalah 0,9873 dimana nilai tersebut mendekati +1 yang menunjukkan bahwa hubungan tersebut linier. Serta batas konsentrasi terendah yang dapat terdeteksi konduktivitasnya sebesar 0,0898 mg/L, dengan respon untuk pengukuran konduktivitas suatu sampel dengan nilai akurasi dan presisi yang dapat diterima sebesar 0,298 mg/L. Pada uji sampel heparin konsentrasi 1, 2, 3, 4, dan 5 ppm dihasilkan konduktivitas sebesar 0,12 mS/cm; 0,15 mS/cm ;0,19 mS/cm ;0,25 mS/cm ;0,30 mS/cm dimana semakin meningkatnya konsentrasi di dalam suatu larutan maka nilai konduktivitasnya akan meningkat.

ABSTRACT

Wafa, M.H. 2022. **Design and build an Arduino IDE (Integrated Development Environment) based conductivity KIT for applications on Heparin.** Thesis. Chemistry Study Program, Faculty of Science and Technology, Maulana Malik Ibrahim State Islamic University Malang. Advisor I: Himmatul Baroroh, M.Si; Advisor II: A. Ghanaim Fasya, M.Si.

Keywords: Conductivity, Design, conductometry, Heparin, Arduino IDE (*Integrated Development Environment*).

Design is an activity where the results of the analysis are converted into software and then the existing system is improved. The KIT (integrated instrument box) is a tool that contains tools that can be assembled. This study aims to determine the design of the conductivity kit with a sample measurement of 5000 IU/mL injection heparin solution based on the Arduino IDE (*Integrated Development Environment*) application.

The method used is the conductometric method based on the difference in the conductance values of each ion by processing analog data (continuous signal) from the microcontroller into digital data to be displayed as a conductivity value. Before being used to measure the conductivity of the sample, the KIT was first validated by measuring the conductivity in standard KCl solution to determine the linearity, LOD, and LOQ values.

The results of the KIT design validation on the linearity test obtained a correlation value (r) of 0.9873 where the value is close to +1 which indicates that the relationship is linear. As well as the lowest concentration limit for which conductivity can be detected is 0.0898 mg/L, with a response for measuring the conductivity of a sample with an acceptable accuracy and precision value of 0.298 mg/L. In the heparin sample tests at concentrations of 1, 2, 3, 4, and 5 ppm, the conductivity was 0.12 mS/cm; 0.15 mS/cm ;0.19 mS/cm ;0.25 mS/cm ;0.30 mS/cm where as the concentration in a solution increases, the conductivity value will increase.

مُستَخْلَصُ البَحْث

أولفا، مُحَمَّدَ حُسْنٍ. ٢٠٢٢. تَصْمِيمٌ وَبِنَاءٌ مَجْمُوعَةُ الْمُوصِلِيَّةِ الْفَائِمَةِ عَلَى Arduino IDE (بِيئَةُ التَّطْوِيرِ الْمُتَكَامِلَةِ) لِلتَّطْبِيقَاتِ عَلَى الهِيَارِين. فَرْضِيَّةٌ. بَرْنَامِجِ دِرَاسَةِ الكِيمِيَاءِ، كُليَّةِ العُلُومِ وَالتَّكْنُولُوجِيَا، جَامِعَةِ الإِسْلَامِيَّةِ الحُكُومِيَّةِ مَوْلَانَا مَالِكِ إِبْرَاهِيمِ مَالَانِجِ . المَشْرَفَةُ الأَوَّلِيَّةُ : هِمَةُ البرره المَاجِسْتِيرِ ؛ المُشْرِفُ الثَّانِي : أَحْمَدُ غَنَامِ فِشَا ، المَاجِسْتِيرِ .

الكَلِمَاتُ الدَّالَّةُ : الْمُوصِلِيَّةُ، التَّصْمِيمُ، قِيَاسُ التَّوَصِيلِ، الهِيَارِين، Arduino IDE (بِيئَةُ التَّطْوِيرِ الْمُتَكَامِلَةِ).

تَصْمِيمٌ هُوَ الأَنْشِطَةُ الَّتِي يُنَمُّ فِيهَا تَحْوِيلُ نَتَائِجِ التَّحْلِيلِ إِلَى بَرْنَامِجٍ ثُمَّ إِصْلَاحُ النِّظَامِ الحَالِي. بِالنِّسْبَةِ لِي KIT (صُنْدُوقُ أَدَوَاتٍ مُتَكَامِلَةٍ) هِيَ أَدَاةٌ الَّتِي يَحْتَوِي عَلَى أَدَوَاتٍ قَابِلَةٍ لِلتَّكْوِينِ هَذَا البَحْثِ يَهْدَفُ إِلَى تَحْدِيدِ تَصْمِيمِ مَجْمُوعَةِ التَّوَصِيلِ مَعَ عَيِّنَةٍ قِيَاسٍ مِنْ ٥٠٠٠ وَحَدَّةٍ دَوْلِيَّةٍ / مُلٍ مِنْ مَحْلُولِ الهِيَارِينِ بِالحِطْنِ بِنَاءً عَلَى تَطْبِيقِ Arduino IDE (بِيئَةُ التَّطْوِيرِ الْمُتَكَامِلَةِ)

الطَّرِيقَةُ المُسْتَعْمَلَةُ هِيَ طَرِيقَةُ قِيَاسِ الْمُوصِلِيَّةِ بِنَاءً عَلَى الإِخْتِلَافِ فِي قِيَمِ التَّوَصِيلِ لِكُلِّ أَيُونٍ مِنْ خِلَالِ مُعَالَجَةِ البَيِّنَاتِ التَّنَاطُرِيَّةِ (إِشَارَةٌ مُسْتَمِرَّةٌ) مِنْ وَحَدَةِ التَّحْكُمِ الدَّقِيقَةِ إِلَى بَيِّنَاتٍ رَقْمِيَّةٍ لِعَرْضِهَا كَقِيَمَةٍ تَوْصِيلٍ.. قَبْلَ قَبْلِ إِسْتِخْدَامِهَا لِقِيَاسِ مُوصِلِيَّةِ العَيِّنَةِ، تَمَّ التَّحْقُوقُ مِنْ صِحَّةِ KIT أَوَّلًا عَنِ طَرِيقِ قِيَاسِ الْمُوصِلِيَّةِ فِي مَحْلُولِ Kcl القِيَاسِيَّ لِتَحْدِيدِ قِيَمِ الحُطِيَّةِ ، و LOD ، و LOQ.

تَمَّ الحُصُولُ عَلَى نَتَائِجِ التَّحْقُوقِ مِنْ تَصْمِيمِ KIT عَلَى القِيَمِ الَّتِي تَمَّ الحُصُولُ عَلَيْهَا فِي إِخْتِبَارِ الخَطِيئَةِ الِارْتِبَاطِ (I) هُوَ ٠,٩٨٧٣ حيثُ نَكُونُ القِيَمَةُ قَرِيبَةً مِنْ ١+ مِمَّا يُشِيرُ إِلَى أَنَّ العِلَاقَةَ حُطِيَّةً إِلَى جَانِبِأَدْنَى حَدِّ تَرْكِيزِ يَمَكُنُ إِكْتِشَافَهُ بِوَاسِطَةِ الْمُوصِلِيَّةِ هُوَ ٠,٠٨٩٨ مَلْعَمٌ / لِتَرٍّ، مَعَ إِسْتِجَابَةِ لِقِيَاسِ مُوصِلِيَّةِ عَيِّنَةٍ بِقِيَمَةٍ مَقْبُولَةٍ مِنَ الدَّقِيقَةِ وَالدَّقِيقَةِ ٠,٢٩٨ مَلْعَمٌ / لِتَرٍّ. فِي إِخْتِبَارَاتِ عَيِّنَةِ الهِيَارِينِ بِتَرْكِيزَاتِ ١,٢,٣,٤,٥ جُزْءٍ فِي المِليُونِ، كَانَتِ الْمُوصِلِيَّةُ ٠,١٢ مِلي سِيْمِنَز / سَمٌّ. ٠,١٥ مِلي سِيْمِنَز / سَمٌّ ؛ ٠,١٩ مِلي سِيْمِنَز / سَمٌّ ؛ ٠,٢٥ مِلي سِيْمِنَز / سَمٌّ ؛ ٠,٣٠ مِلي سِيْمِنَز / سَمٌّ حِينَ التَّرْكِيزِ المُتَزَايِدِ فِي المَحْلُولِ، سَتَزِدَادُ قِيَمَةُ الْمُوصِلِيَّةِ.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Heparin telah digunakan lebih dari 50 tahun sebagai antikoagulan yang efektif, baik untuk mencegah trombus di penderita yang berisiko tinggi maupun terapi penyakit tromboemboli (terbentuknya gumpalan darah pada area tungkai, paha, atau lengan). (Mulyadi & Soemarsono, 2018). Selain itu, heparin digunakan untuk trombosis vena dalam, emboli paru, sindroma koroner akut, koagulopati akut dan menahun, emboli di arteri, sirkulasi ekstrakorporeal, hemofiltrasi, *bypass* jantung paru selama operasi jantung, kateter arteri dan vena, kateter arteri pulmonal, Heparin didapatkan dari ekstrak paru sapi. (Nahain *et al.*, 2018). Hal ini sesuai dengan firman Allah SWT dalam Ali Imran ayat 190-191:

إِنَّ فِي خَلْقِ السَّمُوتِ وَالْأَرْضِ وَاخْتِلَافِ اللَّيْلِ وَالنَّهَارِ لَآيَاتٍ لِّأُولِي الْأَلْبَابِ ﴿١٩٠﴾ الَّذِينَ يَذْكُرُونَ
اللَّهَ قِيَمًا وَتَعُودًا وَعَلَىٰ جُنُوبِهِمْ وَيَتَفَكَّرُونَ فِي خَلْقِ السَّمُوتِ وَالْأَرْضِ رَبَّنَا مَا خَلَقْتَ هَذَا بَطْلًا
سُبْحَانَكَ فَقِنَا عَذَابَ النَّارِ ﴿١٩١﴾

Artinya: “*Sesungguhnya dalam penciptaan langit dan bumi, dan pergantian malam dan siang terdapat tanda-tanda (kebesaran Allah) bagi orang yang berakal, (yaitu) orang-orang yang mengingat Allah sambil berdiri, duduk atau dalam keadaan berbaring, dan mereka memikirkan tentang penciptaan langit dan bumi (seraya berkata), "Ya Tuhan kami, tidaklah Engkau menciptakan semua ini sia-sia; Mahasuci Engkau, lindungilah kami dari azab neraka"*” (Q.S. Ali ‘Imran: 190 – 191).

Pada surah Ali ‘Imran ayat 190-191 menjelaskan bahwasanya Allah SWT memerintahkan manusia untuk melihat, merenung, dan mengambil kesimpulan pada tanda-tanda ke-Tuhanan. Pada ayat ini Allah SWT menyebutkan “terdapat

tanda-tanda bagi orang-orang yang berakal.” Inilah salah satu fungsi akal yang diberikan kepada seluruh manusia, yaitu agar mereka dapat menggunakan akal tersebut merenungi tanda-tanda kekuasaan Allah SWT (Qurthubi, 2009). Ayat tersebut juga menjelaskan bahwa segala sesuatu yang diciptakan Allah tidak ada yang sia-sia, yang artinya Allah menciptakan segala sesuatu dengan manfaat yang terkandung di dalamnya. Salah satu hewan ciptaan Allah SWT yang memiliki manfaat adalah sapi yang digunakan sebagai bahan obat Heparin.

Manfaat hewan telah dijelaskan oleh Allah SWT dalam Al-Qur’an firman Allah surah Ali ‘Imran: 190 – 191 menjelaskan bahwa masing-masing hewan ciptaan Allah memiliki manfaat. Hal tersebut kembali dijelaskan dalam Q.S As Syu’ara’ ayat 80:

وَإِذَا مَرَضْتُ فَهُوَ يَشْفِينِ

Artinya: “Dan apabila aku sakit, Dialah Yang menyembuhkan aku” (QS. Asy-Syu'ara' ayat 80)

Menurut Tafsir Al-Qurthubi surat asy-Syu’ara’ ayat 80, ditegaskan bahwa manusia hanya berusaha mencari obat, tetapi Allah-lah yang menyembuhkan (Qurthubi, 2007). Surah Asy-Syu’ara’ ayat 80 menjelaskan bahwa setiap penyakit terdapat obatnya, sehingga sebagai makhluk Allah SWT yang memiliki akal dan fikiran seharusnya kita berupaya untuk mencari alternatif obat untuk menjaga, mencegah, dan mengobati berbagai penyakit dengan memanfaatkan yang berada di sekitar kita. Salah satunya yaitu pengolahan Ekstrak paru sapi sebagai bahan dari obat Heparin. Penggunaan heparin menjadikan obat tersebut tercantum dalam FORNAS (formularium nasional) yang tersedia di fasilitas kesehatan tingkat 2

dan 3. Keunggulan penggunaan heparin adalah lebih efektif dan mudah. Selain itu, heparin juga lebih murah dan bereaksi dengan cepat dalam tubuh. Namun demikian heparin memiliki ADR (*Adverse Drug Reaction*) yang dapat berakibat fatal pada pasien. Di Amerika diperkirakan sebanyak 1 milyar unit dipergunakan oleh 12 juta penderita pertahun. (Catalano *et al.*, 2020). Penggunaan heparin secara berlebihan dapat membahayakan organ tubuh yang disebut dengan ADR (*Adverse Drug Reaction*). Menurut Nahain *et al.* (2018), penggunaan heparin dapat menyebabkan komplikasi perdarahan trombositopenia. Hal ini perlu dilakukan evaluasi penggunaan heparin lebih lanjut. Sharif-Askari *et al.* (2014) menjelaskan bahwa 512 pasien dengan *chronic kidney disease* (CKD) stadium 3-5 mengalami ADR yang mayoritas diakibatkan oleh penggunaan antikoagulan (70%) dengan penggunaan heparin sebanyak (28%).

Berdasarkan Badan Pengawas Obat dan Makanan Republik Indonesia (BPOM) diperlukan evaluasi penggunaan heparin lebih lanjut untuk memastikan obat dan bahan obat yang beredar memenuhi standar dan persyaratan keamanan, khasiat, dan mutu produk yang ditetapkan. Salah satunya dengan identifikasi sifat fisiknya (BPOM, 2020). Amalya, Rita & Syech, Riad (2016) menjelaskan bahwa sifat fisika sangat berpengaruh terhadap kemurnian suatu obat, salah satunya dilihat dari sifat konduktivitasnya. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui nilai konduktivitas dalam larutan heparin. Berdasarkan Purba (2018) konduktivitas adalah seberapa kuat suatu larutan dapat menghantarkan listrik. dimana jika semakin tinggi nilai konduktivitas suatu larutan maka semakin banyak bahan kimia dan mineral di larutan tersebut yang artinya larutan tersebut mempunyai gugus berikatan yang lebih banyak, Selain itu Nilai konduktivitas yang diperoleh

dapat dijadikan salah satu parameter dari kualitas heparin di dalam suatu industri terutama industri farmasi.

Mengingat alat ukur daya hantar listrik sampel larutan yang digunakan masih berasal dari pabrikan sehingga ketersediaan alat masih sangat tergantung terhadap produk dari pabrik. Selain itu, dengan harga alat yang mahal mengakibatkan ketersediannya juga terbatas terutama dalam laboratorium untuk kalangan universitas. Sumariyah (2006) dengan memanfaatkan teknologi mikrokontroler nilai konduktivitas yang didapat dapat dengan mudah terprogram dan terkomputerisasi. Menurut Primaswara, Neran, dan Siswoyo (2016) Saat ini pengembangan instrumen pengukuran semakin dipermudah dengan kemajuan teknologi elektronik dengan semakin terjangkaunya harga suatu mikrokontroler yang merupakan miniatur sebuah mikro prosesor.

Design portable KIT konduktivitas dengan prinsip *konduktometri* menggunakan aplikasi Arduino IDE (*Integrated Development Environment*) dimana aplikasi ini akan mengolah data analog (sinyal kontinyu) dari mikrokontroler menjadi data digital untuk ditampilkan menjadi nilai konduktivitas. Pengembangan Alat deteksi konduktivitas yang akan dibuat menggunakan sensor TDS (*total dissolved solid*). Sedangkan mikrokontroler yang digunakan adalah jenis Arduino Uno yang memiliki beberapa kelebihan antara lain adanya *library* yang dapat digunakan untuk eksperimen, terdapat *shield* GPS, *ethernet*, dan *SD card* serta tidak memerlukan *chip programmer* lain (Faizin, 2020).

Peneliti ini tertarik untuk membuat alat yang inovatif yaitu sebuah instrumen yang dapat mengukur serta memiliki keakuratan dalam pembacaan dan

pengambilan data hasil pengukuran konduktivitas pada larutan elektrolit serta mampu merekam data hasil pengukuran secara real-time. Oleh karena itu, penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat untuk kedepannya, sehingga relevan dengan kebutuhan dan permasalahan yang ada.

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana rancang bangun KIT konduktivitas berbasis Arduino IDE (*Integrated Development Environment*) untuk aplikasi pada heparin Injeksi 5000 IU/mL?
2. Bagaimana hasil konduktivitas heparin Injeksi 5000 IU/mL variasi konsentrasi berbasis Arduino IDE (*Integrated Development Environment*)?

1.3 Tujuan

1. Untuk mengetahui rancang bangun KIT konduktivitas berbasis Arduino IDE (*Integrated Development Environment*) untuk aplikasi pada heparin Injeksi 5000 IU/mL.
2. Untuk mengetahui hasil konduktivitas heparin heparin Injeksi 5000 IU/ml variasi konsentras berbasis aplikasi Arduino IDE (*Integrated Development Environment*).

1.4 Batasan Masalah

1. Sistem ini memakai mikrokontroler jenis Arduino Uno dan pengolahan database menggunakan aplikasi Arduino IDE (*Integrated Development Environment*).

2. Rancang bangun dibuat secara portable agar mudah dibawa dan digunakan.
3. Kalibrasi sensor menggunakan Larutan standar KC

1.5 Manfaat Penelitian

1. Dapat dijadikan sebagai suatu acuan dan referensi yang berguna bagi lingkungan akademik khususnya dalam penelitian yang akan dilaksanakan oleh para peneliti yang akan datang dalam hal perkembangan teknologi mikrokontroler portable.
2. Dapat merealisasikan sistem identifikasi Konduktivitas Heparin berbasis Aplikasi Arduino IDE (Integrated development Environment), sehingga dapat memudahkan pekerjaan manusia.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Heparin

Heparin adalah obat antikoagulan yang terkenal dan banyak digunakan dalam bidang medis, yang didapatkan dari ekstrak paru sapi atau mukosa usus babi. Secara umum juga dapat ditemukan pada jaringan manusia dan sel radang seperti sel jaringan ikat (mast). Heparin dikenal untuk mengatur berbagai proses fisiologis dan aktivitas farmakologis dalam pengobatan kardiovaskular seperti sebagai obat antiokoagulan dan antitrombin (Maulidia 2021). Hal ini sesuai dengan firman Allah SWT dalam surah As-Shaad ayat 27 :

وَمَا خَلَقْنَا السَّمَاءَ وَالْأَرْضَ وَمَا بَيْنَهُمَا بَطْلًا ۚ ذَٰلِكَ ظَنُّ الَّذِينَ كَفَرُوا ۚ فَوَيْلٌ لِلَّذِينَ كَفَرُوا مِنَ النَّارِ

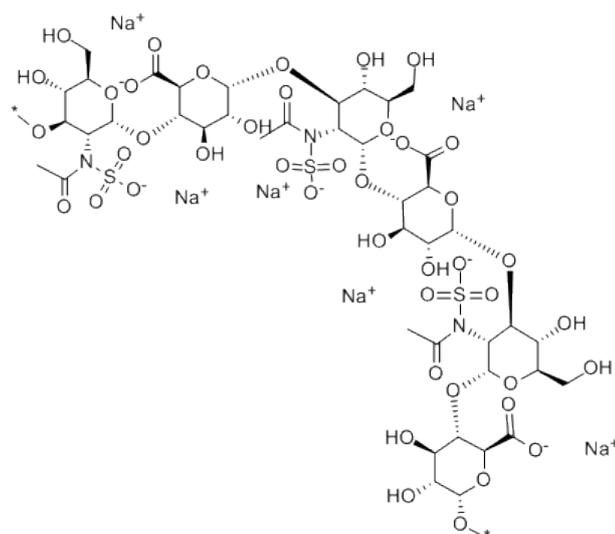
“Dan kami tidak menciptakan langit dan bumi dan apa yang ada di antara keduanya dengan sia-sia. Itu anggapan orang-orang kafir, maka celakalah orang-orang yang kafir itu karena mereka akan masuk neraka”.

Menurut Ariyadi (2018) dijelaskan bahwasannya Allah Swt. Berkata kepada Nabi Dawud a.s, bahwa anggapan dari kaum kafir itu salah. Allah menciptakan seluruh isi bumi dan langit ini dengan penuh kelimpahan manfaat & karunia. Begitu pula heparin yang merupakan salah satu temuan obat yang bermanfaat bagi manusia.

Heparin merupakan glikosaminoglikan linier yang terjadi secara alami (GAG), polidispersi berkaitan dengan berat molekul (Mr 5000–40.000; rata-rata Mr 14,000) serta situs dan gelar sulfasi. Polimer terdiri dari pengulangan $1 \rightarrow 4$

terkait d-glukosamin dan residu asam uronat (Gbr. 1) (Mikuš, Valášková, dan Havránek 2004).

Heparin terbagi menjadi dua jika dilihat dari struktur dan berat molekulnya, antara lain UHF (*Unfractionated Heparin*) dan LMWH (*Low Molekul Weight Heparin*). UHF mempunyai berat sekitar 3000-30.000d dengan rata rata berat molekulnya sekitar 15.000, hal ini sama dengan sekitar empat puluhan rantai monosakarida. Pemberian heparin hanya secara subkutan, dikarenakan tidak adanya diabsorpsi yang baik oleh saluran pencernaan, dan juga adanya penghancuran oleh heparinase didalam hepar. Sementara itu, LMWH berasal dari UHF yang masuk dalam bagian glikosaminoglikan polisulfat, dimana beratnya LMWH sekitar satu pertiga dari berat molekulnya UFH dengan berat rata ratanya sekitar 4000-5000d atau sama dengan 15 rantai monosakarida (Beni & Budiono, 2013). Penelitian ini menggunakan heparin jenis UFH (*Unfractionated Heparin*) dalam bentuk heparin Injeksi 5000 IU/ml sediaan 5 ml/vial. Adapun struktur heparin dapat dilihat seperti Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Struktur Sodium Heparin (Beni & Budiono, 2013)

Heparin mencegah pembekuan darah karena rantai *pentasaccharide* yang berikatan kuat dengan antithrombin III. Antitrombin III merupakan protein plasma yang menghambat pembekuan darah dengan mengikat. Hal ini dapat menghambat aksi enzim dari beberapa faktor pembekuan darah yang diaktifkan, termasuk Faktor XIa, Xa, IXa dan IIa (trombin) (Tarigan *et al.*, 2020).

Menurut Mayangsari, Elly & Lestari, Bayu (2019), Heparin disintesis dalam jaringan oleh sel darah putih sebagai bagian dari proteoglikan dengan berat molekul (MW) tinggi (MW 750.000-1.000.000 Dalton (Da)) yang terdiri dari protein inti pusat yang terdiri dari 20 hingga 25 residu masing-masing glisin dan serin. Rantai karbohidrat (MW 40.000 hingga 300.000 Da) sejumlah 15 yang melekat pada inti peptida melalui sekuens galactosyl-galactosyl-xylosyl trisaccharide. Rantai ini merupakan polimer pengulangan disakarida yang tersulfasi dan bermuatan negatif. Perpanjangan rantai polisakarida dan serangkaian reaksi modifikasi polimer terjadi pada langkah sintesis akhir.

2.2 Larutan Standar KCl

Kalium klorida merupakan garam yang mudah dijumpai di pasaran dengan harga kompetitif. Kalium klorida merupakan garam yang dapat terionisasi dengan baik dalam pelarut air sehingga cocok digunakan dalam proses elektrolisis. Selain itu, kalium klorida juga memiliki nilai konduktivitas yang baik jika dibandingkan dengan garam natrium klorida.

Kalium klorida (KCl) berbentuk serbuk berwarna putih yang dihasilkan dari reaksi netralisasi antara asam klorida dengan larutan kalium hidroksida

(Daintith, 2004). Sifat fisika dan kimia dari kalium klorida dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Sifat fisika dan kimia kalium klorida (KCl) (Daintith, 2004)

No	Sifat	Hasil
1	Rumus Molekul	KCl
2	Berat Molekul	74,551 g/mol
3	Titik Lebur	776°C
4	Titik Didih	1500°C
5	Densitas	1,984 g/cm ³
6	Kelarutan	Larut dalam alkohol (1g/250 ml), gliserol (1g/ 14 ml), air
7	Entalpi Peleburan	26,53 kJ/mol

Pinem (2018) menjelaskan sifat kimia dari kalium klorida merupakan senyawa polar yang dapat larut dalam pelarut polar. Kalium klorida dalam air terionisasi menjadi ion K⁺ dan Cl⁻. Meskipun kalium lebih elektropositif dari natrium, KCl dapat dikurangi dengan logam melalui reaksi dengan logam natrium pada suhu 850 °C, hal ini karena kalium lebih tidak stabil dan dapat dihilangkan dengan destilasi. Menurut Hindayani *et al.* (2022), larutan standar konduktivitas yang biasa digunakan untuk kalibrasi konduktometer adalah larutan kalium klorida (KCl) karena sifatnya yang mudah larut dan stabil. Struktur dari KCl dapat dilihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Struktur kalium klorida (KCl) (*Pubchem*)

2.3 Metode Konduktometri

Konduktometri adalah metode analisa kuantitatif yang didasarkan pada perbedaan harga konduktansi masing-masing ion. Dalam konduktometri diperlukan sel konduktometrinya, yaitu alat mengukur tahanan sel. Konduktometri didasarkan pada metode analisa kuantitatif yang memanfaatkan daya hantar listrik suatu larutan. Analisis kuantitatif yang dimaksud adalah dengan penentuan konduktivitas menggunakan mikrokontroler arduino UNO berbasis aplikasi arduino IDE (*Integrated Development Environment*), dimana aplikasi ini akan mengolah data analog (sinyal kontinyu) dari mikrokontroler menjadi data digital untuk ditampilkan menjadi nilai konduktivitas. Besarnya daya hantar yang diperoleh bergantung pada beberapa faktor, diantaranya adalah jumlah partikel-partikel bermuatan dalam larutan, jenis ion yang ada, mobilitas ion media/pelarutnya, suhu, gaya tarik menarik ion dan jarak elektroda (Purba, 2018).

Konduktometri adalah suatu metoda analisis yang berdasarkan kepada pengukuran daya hantar listrik yang dihasilkan oleh sepasang elektroda inert yang mempunyai luas penampang (A) dan jarak tertentu (d). Daya hantar listrik tersebut merupakan fungsi konsentrasi dari larutan elektrolit yang diukur. Daya hantar listrik berhubungan dengan pergerakan suatu ion di dalam larutan ion yang mudah bergerak mempunyai daya hantar listrik yang besar.

Konduktansi larutan elektrolit pada suhu bergantung pada ion dan konsentrasi larutan tersebut. Ketika larutan elektrolit diencerkan, konduktansi akan berkurang, karena ion yang lebih sedikit hadir per mililiter larutan untuk membawa arus. Jika semua larutan ditempatkan antara dua elektroda dengan jarak satu sentimeter dan cukup besar untuk menampung seluruh larutan, konduktansi

akan meningkat ketika larutan diencerkan (Tjuitno *et al.*, 2020). Daya hantar listrik (DHL) atau konduktivitas adalah seberapa kuat suatu larutan dapat menghantarkan listrik. Bila arus listrik dialirkan dalam suatu larutan mempunyai dua elektroda, maka daya hantar listrik (G) berbanding lurus dengan luas permukaan elektroda (A) dan berbanding terbalik dengan jarak kedua elektroda (Purba, 2018).

$$G = \frac{1}{R} = K \frac{[A]}{1} \dots\dots\dots(2.1)$$

Keterangan :

G = daya hantar listrik/konduktivitas ($\mu\text{S}/\text{cm}$)

R = Tahanan/resistensi (Ω/ohm)

K = daya hantar jenis dalam satuan $\text{ohm}^{-1} \text{cm}^{-1}$

A = luas permukaan pada elektroda

Konduktansi (G) larutan merupakan kebalikan dari tahanan R, dimana makin rendah tahanan larutan, makin besar konduktansinya. Karena tahanan dinyatakan dalam ohm (Ω), maka konduktansi sampel dinyatakan Ω^{-1} dalam, kebalikan ohm biasanya disebut mho, sekarang satuan resminya adalah Siemens, S, dan $1 \text{ S} = 1 \Omega^{-1}$. Tahanan sampel bertambah dengan pertambahan panjang (l) dan berkurang dengan pertambahan luas penampang lintang (A). Oleh karena itu dapat ditulis dengan persamaan :

$$R = p \times \frac{l}{A}$$

Konstanta perbandingan p disebut resistivitas sampel. Konduktivitas (k) merupakan kebalikan resistivitas, sehingga :

$$R = \frac{l}{k} \times \frac{l}{A} \text{ atau } k = \frac{l}{RA}$$

Dalam prakteknya, sel dikalibrasikan dengan sampel yang diketahui konduktivitasnya k^* (yang khas adalah larutan kalium klorida dalam air), dan konstanta sel C ditentukan dari :

$$k^* = \frac{C}{R^*}$$

Dengan R^* merupakan tahanan standar. Dimensi C adalah [panjang]⁻¹. Jika sampel mempunyai tahanan R dalam sel yang sama, maka konduktivitasnya adalah:

$$k = \frac{C}{R}$$

Konduktivitas larutan bergantung pada jumlah ion yang ada, biasa disebut dengan konduktivitas molar A_m yang didefinisikan sebagai:

$$A_m = \frac{k}{c}$$

Dengan c merupakan konsentrasi molar elektrolit yang ditambahkan. Konduktivitas molar biasanya dinyatakan dalam $S\ cm^2\ mol^{-1}$. Konduktivitas biasanya tersedia dalam $S\ cm^{-1}$ dan konsentrasi dalam M, sehingga hubungan praktisnya adalah:

$$A_m = \frac{100 \times K (S\ cm^{-1})\ S\ cm^2\ mol^{-1}}{c / M}$$

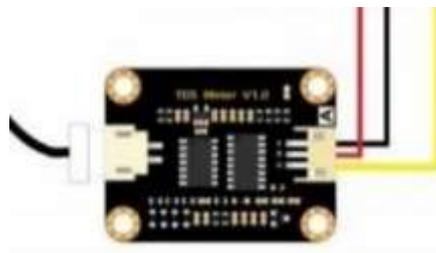
Konduktivitas molar elektrolit, tidak bergantung pada konsentrasi jika k tepat sebanding dengan konsentrasi elektrolit. Walaupun demikian, pada prakteknya, konduktivitas molar bervariasi terhadap konsentrasi. Salah satu alasannya yakni jumlah ion dalam larutan mungkin tidak sebanding dengan konsentrasi elektrolit. Kedua, karena ion saling berinteraksi dengan kuat, maka konduktivitas larutan tidak tepat sebanding dengan jumlah ion yang ada (Atkins dan Paula 2006).

2.5 Perangkat Hardware

Rancang bangun adalah kegiatan dimana hasil analisis diubah menjadi perangkat lunak kemudian sistem yang sudah ada diperbaiki. Adapun KIT adalah singkatan dari "Kotak Instrumen Terpadu" yang didalamnya berisi peralatan-peralatan yang dapat dirangkai. Perancangan KIT ini diperlukan beberapa hardware antara lain.

2.5.1 Sensor TDS (*total dissolved solid*)

Sensor ini menggunakan metode *Electrical Conductivity*, di mana dua buah probe (elektroda) yang dihubungkan untuk mendapatkan nilai konduktansi larutan yang akan diukur. Probe tersebut diberi beda potensial listrik (berbentuk sinusoida) maka akan mengalir arus listrik. Konduktansi suatu larutan akan sebanding dengan ion-ion dalam larutan tersebut. Kemudian rangkaian pemroses sinyal yang memberikan sumber tegangan AC konstan pada probe akan mengkonversi nilai konduktansi menjadi tegangan (Christian 2017). Berikut merupakan Gambar dari sensor TDS.



Gambar 2.3 Sensor TDS (*total dissolved solid*) (Zainul 2018)

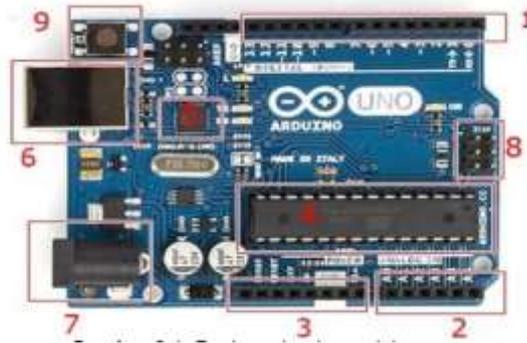
Menurut Zamora, Harmadi, dan Wildian (2016) TDS adalah jumlah zat padat terlarut baik berupa ion-ion organik, senyawa, maupun koloid didalam larutan. Konsentrasi TDS yang terionisasi dalam suatu zat cair mempengaruhi konduktivitas listrik zat cair tersebut. Makin tinggi konsentrasi TDS yang terionisasi dalam air, makin besar konduktivitas listrik larutan tersebut. Sensor TDS menggunakan metode *Electrical Conductivity*, di mana dua buah probe dicelupkan ke cairan atau larutan kemudian dengan rangkaian pemroses sinyal akan menghasilkan output yang menunjukkan besar konduktivitas dari larutan. Sensor ini memiliki 3 pin yaitu pin DATA, VCC dan GND. Pin DATA dihubungkan pada pin analog Arduino (A0) sedangkan VCC dihubungkan dengan pin output regulator dan GND dihubungkan dengan pin ground regulator. (Christian 2017)

2.5.2 Mikrokontroler Arduino Uno

Arduino merupakan sebuah board mikrokontroler yang didasarkan pada ATmega328. Arduino UNO memuat semua yang dibutuhkan untuk menunjang mikrokontroler, mudah menghubungkannya ke sebuah komputer dengan sebuah kabel USB atau mensuplainya dengan sebuah adaptor AC ke DC atau menggunakan baterai untuk memulainya. ATmega328 pada Arduino Uno hadir dengan sebuah bootloader yang memungkinkan kita untuk mengupload kode baru ke ATmega328 tanpa menggunakan pemrogram hardware eksternal (Ichwan *et al.*, 2013).

Mikrokontroler Arduino Uno berfungsi sebagai pusat pengolahan data atau dapat dikatakan sebagai CPU (*Central Processing Unit*) yang mana fungsinya

mengolah semua data yang masuk dan data yang keluar. Bagian ini akan memeriksa input dari keypad berupa kode password dan memberikan perintah ke bagian LED, dan relay (Guntoro, Helmi & Somantri, Yoyo, 2013). Board arduino uno beserta bagian bagiannya seperti pada Gambar 2.6.



Gambar 2.4 Board Arduino Uno (Dahlan, 2017)

Bagian-bagian Arduino Uno sebagai berikut:

1. Pin input/output digital (diberi label '0 sampai 13')

Secara umum pin I/O ini adalah pin digital, yakni pin yang bekerja pada level tegangan digital (0V sampai 5V) baik untuk input atau output. Namun pada beberapa pin output analog yang dapat mengeluarkan tegangan analog 0V sampai 5V, pin tersebut adalah pin 3, 5, 6, 9, 10, dan 11. Selain itu, untuk pin 0 dan 1 juga memiliki fungsi khusus sebagai pin komunikasi serial.

2. Pin input analog (diberi label 'A0 sampai A5')

Pin tersebut dapat menerima input tegangan analog antara 0V sampai 5V, tegangan ini akan direpresentasikan sebagai bilangan 0 ± 1023 dalam program.

3. Pin untuk sumber tegangan

Kelompok pin ini merupakan kumpulan pin yang berhubungan dengan sumber tenaga, misalnya output 5V, output 3, 3V, GND (2 pin) dan V_{ref} (tegangan referensi untuk pembacaan ADC internal).

4. IC ATmega328

Seperti yang telah dijelaskan IC ini bertindak sebagai pusat kendali pemrosesan data.

5. IC ATmega16U IC

Deprogram untuk menangani komunikasi data dengan PC melalui port USB.

6. Jack USB

Merupakan soket USB tipe B sebagai penghubung data serial dengan PC.

7. Jack Power

Merupakan Soket untuk catu daya eksternal antara 9V samai 12V DC.

8. Port ICSP (In-Circuit Serial Programming)

Port ini digunakan untuk memprogram arduino tanpa bootloader.

9. Tombol Reset

Digunakan untuk mereset papan mikrokontroler arduino untuk memulai program dari awal.

Utomo (2017) menjelaskan Arduino digunakan karena selain sebagai mini prosesor yang harganya terjangkau, juga mempunyai sistem yang dapat diintegrasikan dengan Arduino IDE (*Integrated Development Environment*). sehingga dapat diatur dengan sedemikian rupa agar mempermudah user dalam mengatur dan menyesuaikanya.

2.5.3 Kabel Jumper

Kabel jumper adalah kabel elektrik untuk menghubungkan antar komponen di breadboard tanpa memerlukan solder. Kabel jumper umumnya memiliki connector atau pin di masing-masing ujungnya. Connector untuk menusuk disebut male connector, dan connector untuk ditusuk disebut female connector. Kabel jumper dibagi menjadi 3 yaitu : Male to Male, Male to Female dan Female to Female (Fathulrohman dan Asep Saepuloh, ST. 2018).



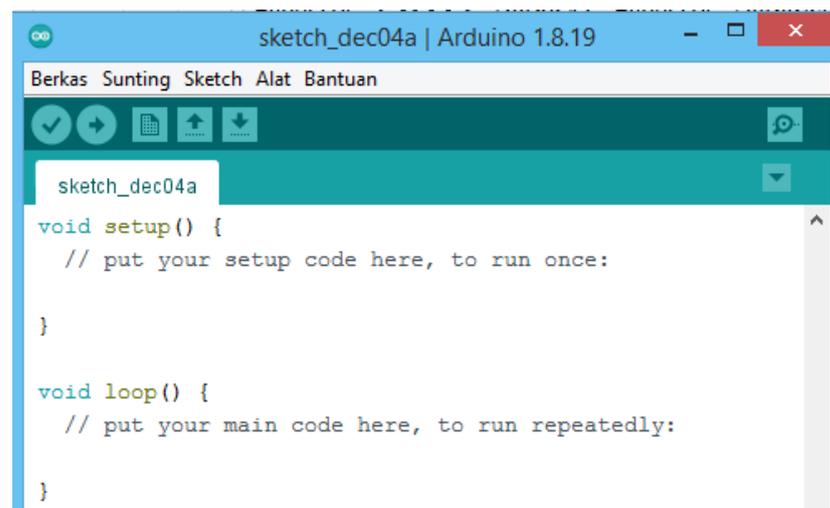
Gambar 2.5 Kabel Jumper (Fitria 2013)

2.6 Rangkaian Software

2.6.1 Arduino IDE

IDE merupakan kepanjangan dari Integrated Development Environment software ini merupakan program komputer yang memiliki beberapa fasilitas yang diperlukan dalam pembangunan perangkat lunak. IDE berfungsi untuk menulis kode di lingkungan khusus dengan menyorot sintaks dan fitur lain sehingga proses pengkodean dan proses unggah ke board akan lebih mudah. IDE merupakan program yang digunakan untuk membuat program pada Esp 8266 NodeMcu. Program yang ditulis dengan menggunakan Software Arduino IDE disebut sebagai

sketch. Sketch ditulis dalam suatu editor teks dan disimpan dalam file dengan ekstensi .ino. (Endra et al. 2019). GUI ditunjukkan pada Gambar 2.6.



Gambar 2.6 GUI (*Graphical User Interface*) Arduino

Berdasarkan Samsir, Sitorus, dan Saragih (2020) Arduino IDE terdiri dari:

- Editor program, sebuah window yang memungkinkan pengguna menulis dan mengedit program dalam bahasa Processing.
- Compiler, sebuah modul yang mengubah kode program (bahasa Processing) menjadi kode biner. Bagaimanapun sebuah mikrokontroler tidak akan bisa memahami bahasa Processing. Yang bisa dipahami oleh mikrokontroler adalah kode biner.
- Uploader, sebuah modul yang memuat kode biner dari komputer ke dalam memory didalam papan Arduino.

Menurut Dewanta (2018), untuk menampilkan nilai tegangan analog dalam arduino IDE digunakan rumus sebagai berikut:

$$v = (\text{adc} * 5.0) / 1023 \dots\dots\dots(2.2)$$

Keterangan:

v = tegangan

adc = mengubah data analog menjadi data digital

5.0 = tegangan sensor maksimal 5 volt

1023 = pin dapat menerima hingga 10 bit (dikonversi menjadi data analog 1024)

2.7 Validasi Metode Alat

Validasi metode analisis pada KIT *conductivity* dapat ditentukan dengan beberapa parameter berikut, antara lain linearitas, batas deteksi (LOD), dan batas kuantisasi (LOQ).

2.7.1 Linearitas

Linearitas adalah kemampuan metode analisis dalam memberikan respon yang proporsional terhadap konsentrasi analit dalam sampel. Adanya hubungan linier dapat ditunjukkan dengan koefisien korelasi (r) pada persamaan regresi linier $y = ax + b$. Hubungan ini dikatakan linier apabila nilai $r = +1$ atau -1 bergantung pada arah garis (Natasya, 2020).

Besarnya konsentrasi a dan b dapat dilakukan dengan persamaan :

$$a = \frac{(\sum Y_i)(\sum X_i^2) - (\sum X_i)(\sum X_i Y_i)}{n \sum X_i^2 - (\sum X_i)^2}$$

$$b = \frac{n(\sum X_i Y_i) - (\sum X_i)(\sum Y_i)}{n \sum X_i^2 - (\sum X_i)^2}$$

Berdasarkan Yuliara (2016) Untuk mengukur kekuatan hubungan antar variable predictor X dan response Y, dilakukan analisis korelasi yang hasilnya dinyatakan oleh suatu bilangan yang dikenal dengan koefisien korelasi. Biasanya analisis regresi sering dilakukan bersama-sama dengan analisis korelasi. Persamaan koefisien korelasi (r) dapat dilakukan dengan persamaan :

$$\text{Koefisien korelasi} = \frac{n \sum_{i=1}^n X_i Y_i - (\sum_{i=1}^n X_i) (\sum_{i=1}^n Y_i)}{\sqrt{[n \sum_{i=1}^n X_i^2 - (\sum_{i=1}^n X_i)^2] [n \sum_{i=1}^n Y_i^2 - (\sum_{i=1}^n Y_i)^2]}}$$

Adapun standar deviasi relatif dapat dihitung dengan persamaan :

$$\text{Standar Deviasi Relatif} = \%RSD \frac{SD}{Pr} \times 100\% \dots\dots\dots(2.3)$$

$$SD = \frac{\sum(X_i - \bar{x})^2}{n}$$

Keterangan :

SD = Standar Deviasi

Pr = Rata- rata Pengukuran

2.7.2 Batas deteksi (LOD) dan Batas Kuantisasi (LOQ)

Menurut Sumarno (2018), limit deteksi (LOD) merupakan parameter uji batas terkecil yang dimiliki oleh suatu alat/instrument untuk mengukur sejumlah analit tertentu. Limit deteksi adalah konsentrasi atau jumlah terkecil/terendah dari analit dalam sampel yang masih menunjukkan nilai konduktivitas pada alat tanpa harus memenuhi kriteria akurasi dan presisi. Limit kuantisasi (LOQ) merupakan jumlah analit terkecil dalam sampel yang masih dapat diukur dengan akurat dan presisi oleh alat/instrument.

The International Union of Pure and Applied Chemistry (IUPAC) mendefinisikan batas deteksi sebagai konsentrasi terkecil yang memiliki sinyal secara signifikan lebih besar daripada sinyal blanko. Secara matematis, persamaan batas deteksi dan batas kuantisasi adalah sebagai berikut:

$$\text{LOD} = \frac{3 \times SD}{\text{Slope } b} \text{ dan LOQ} = \frac{10 \times SD}{\text{Slope } b} \dots\dots\dots(2.4)$$

Keterangan:

SD = Standar Deviasi

Slope *b* = Slope kemiringan pada persamaan regresi linieritas

2.8 Titrasi Asam-Basa

Titration adalah suatu cara untuk menentukan konsentrasi asam atau basa dengan menggunakan larutan standar. Larutan satandar dapat berupa asam atau basa yang telah diketahui konsentrasinya dengan teliti. Keadaan dengan jumlah ekivalen asam sama dengan basa disebut titik ekivalen. Dalam titrasi asam basa nilai tetapan kesetimbangan ionisasi digunakan sebagai tolok ukur dalam penentuan pH larutan yang menandakan tercapainya titik ekivalen. Titik ekivalen atau titik akhir teoritis adalah saat banyaknya asam atau basa yang terdapat dalam larutan. (Andryani, 2015).

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat

Penelitian dilaksanakan pada bulan September – Oktober 2022 bertempat di Laboratorium Kimia Fisik Program Studi Kimia Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.

3.2 Alat dan Bahan Penelitian

3.2.1 Alat

3.2.1.1 Perangkat Hardware

Perangkat *hardware* yang akan digunakan pada penelitian ini antara lain laptop Acer Aspire E 14 *prosesor Core i3*, hardisk 500 GB, Mikrokontroler Arduino Uno, sensor TDS (*total dissolved solid*), kabel jumper *female to male*, kaber jumper *male to male*, *probe*, *Kabel USB*, Gelas beaker, Labu ukur, pengaduk, timbangan, Pipet volume, pH meter.

3.2.1.2 Perangkat Software

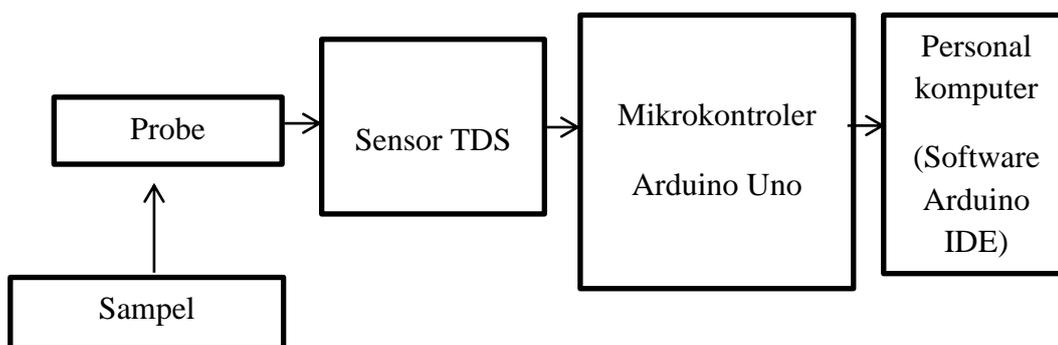
Perangkat Software yang akan digunakan pada penelitian ini antara lain sistem operasi windows 8.1 pro 64 Bit, *software* arduino IDE.

3.2.2 Bahan

Bahan yang digunakan pada penelitian ini yakni Heparin komersial 5.000 IU/ml, Serbuk kalium klorida (KCl p.a), dan aquademin.

3.3 Perancangan *Hardware* (Perangkat Keras)

Penelitian pengembangan alat identifikasi Heparin secara konduktometri dengan basis aplikasi Arduino IDE (*Integrated Development Environment*) sesuai diagram blok berikut :

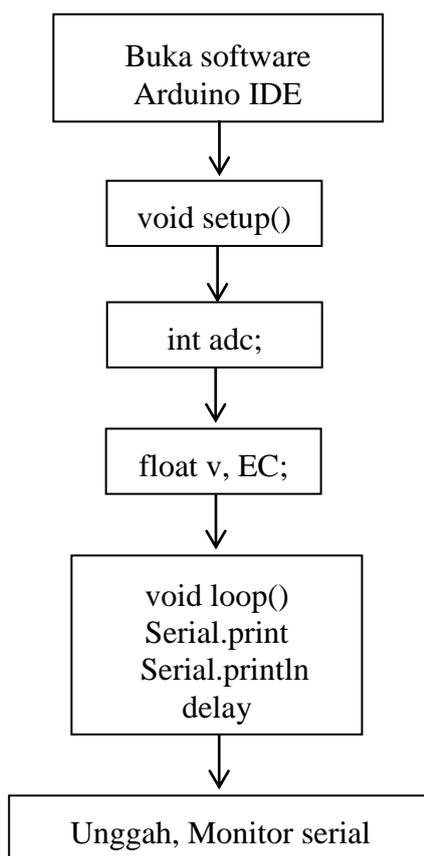


Gambar 3.1 Diagram blok sistem

Fungsi masing-masing bagian dari diagram blok antara lain probe yang digunakan sebagai elektrodanya, probe adalah instrumen analisis yang mengukur kemampuan larutan untuk menghantarkan arus listrik. Blok sensor TDS (*total dissolved solid*) sebagai pendeteksi hantaran listrik pada sampel, sensor ini dapat mendeteksi konduktivitas dengan tegangan maksimal 5 volt, jenis sensor ini akan memprediksi zat kimia yang mungkin terkandung dalam larutan berdasarkan sifat fisika larutan tersebut. Menurut Irwan dan Afdal (2016) Banyaknya ion di dalam larutan juga dipengaruhi oleh padatan terlarut di dalamnya. Semakin besar jumlah padatan terlarut di dalam larutan maka kemungkinan jumlah ion dalam larutan juga akan semakin besar, sehingga nilai konduktivitas listrik juga akan semakin besar. Jadi, di sini dapat dilihat bahwa terdapat hubungan antara jumlah zat padat terlarut yang dinyatakan dengan TDS dengan nilai konduktivitas listrik. Block mikrokontroler sebagai otak dari sistem yang memproses data dari sensor dan

dikirim ke personal computer, monitor sebagai output tampilan nilai konduktivitas (Irsan, 2017).

3.4 Perancangan *Software* (Perangkat Lunak)



Gambar 3.2 Diagram perancangan software

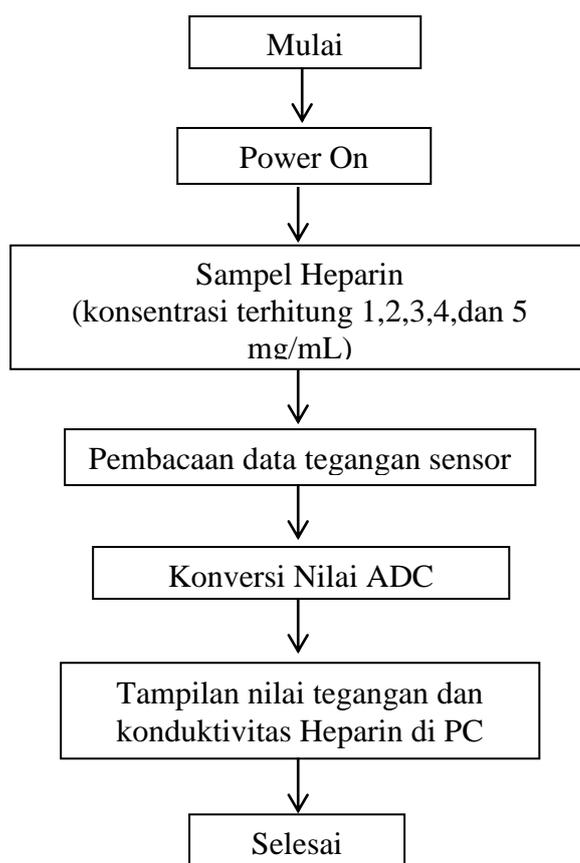
Fungsi masing-masing dari script yang ada yakni :

1. void setup () untuk mendeklarasikan pin yang akan digunakan
2. int adc untuk menyimpan data dimana data analog yang didapat akan diubah menjadi data digital.
3. float v; EC untuk menampung nilai decimal dari tegangan dan

konduktivitas.

4. void loop() untuk melaksanakan perintah dari program secara berulang selama board arduino aktif
5. Serial print untuk mengirim data ke port serial (data bisa berupa bilangan,karakter, dll)
6. Serial Println untuk membuat garis baru
7. delay untuk mengatur waktu yang akan ditampilkan
8. Unggah, monitor serial untuk mengupload data dan menampilkan data yang didapat

3.5 Sistem Kerja Alat



Gambar 3.3 Diagram sistem pengukur tegangan Heparin

3.6 Kalibrasi Alat

Cairan yang digunakan dalam kalibrasi ini adalah larutan A (KCl 0,1 M) dan larutan B (KCl 0,01 M) dengan nilai konduktivitas listrik masing-masing adalah larutan A 12856 $\mu\text{S/cm}$ dan larutan B 1408,8 $\mu\text{S/cm}$ pada temperatur standar 25°C. Larutan standar kalibrasi dapat diperoleh dipasaran. Larutan yang diperoleh selanjutnya digunakan pada tahap kalibrasi KIT. Cara pengambilan data kalibrasi yakni dengan cara mencelupkan *probe* yang berdimensi 2 x 0,5 cm² sebagai elektroda sensor yang kontak langsung dengan medium larutan terukur dengan jarak antar elektrodanya sebesar 1 cm. (Zulfikridin 2019)

3.7 Validasi Alat

3.7.1 Uji Linearitas hasil pengukuran Alat

Uji linearitas bertujuan untuk membuktikan hubungan linearitas antara konsentrasi (C) dengan konduktivitas (G) dari data kurva standar. Hubungan tersebut dapat ditunjukkan dengan nilai koefisien korelasi (r) dan persamaan regresi linier. Konsentrasi larutan standar yang membentuk deret seri dianalisis menggunakan KIT *conductivity* meter. Dilakukan pengulangan sebanyak 3 kali. Hasil konduktivitas dari deret seri standar yang membentuk garis lurus (linier) yang menyatakan hubungan antara konsentrasi zat dalam larutan standar dengan respon konduktivitas dari instrumen. Hubungan linier antara konsentrasi larutan standar dengan konduktivitas akan membentuk persamaan sebagai berikut:

$$y = ax + b \dots\dots\dots(3.1)$$

Keterangan:

- y = konduktivitas
- b = intersep
- x = konsentrasi sampel
- a = *slope*

Berikut merupakan Tabel pengukuran untuk uji linearitas beserta jumlah pengulangannya.

Tabel 3.1 Linearitas

Konsentrasi Larutan Standar KCl mg/L	Hasil Konduktivitas (y)		
	Pengulangan 1	Pengulangan 2	Pengulangan 3
Aquademin 0,0	y1	y1	y1
KCl 0,2	y2	y2	y2
KCl 0,4	y3	y3	y3
KCl 0,6	y4	y4	y4
KCl 0,8	y5	y5	y5
KCl 1,0	y6	y6	y6
KCl 5	y7	y7	y7
KCl 10	y8	y8	y8
KCl 15	y9	y9	y9
KCl 20	y10	y10	y10
KCl 25	y11	y11	y11
KCl 30	y12	y12	y12

<i>Slope</i> b	
Aksis intersep a	
Koefisien korelasi (r)	
Proses Relatif standar deviasi	
ANOVA Lineariti testing	

3.7.2 Uji Batas Deteksi LoD (*Limit of Detection*) dan Batas Kuantisasi (*Limit of Quantitation*)

Batas deteksi merupakan parameter uji batas dengan jumlah analit terkecil dalam sampel yang dapat terdeteksi dan masih memberikan respon signifikan dibandingkan dengan blanko. Sedangkan batas kuantisasi merupakan parameter uji untuk mengetahui konsentrasi atau jumlah terendah analit yang masih dapat ditentukan secara kuantitatif agar pengukuran lebih akurat. Persamaan yang digunakan sebagai berikut.

$$\text{Simpangan Baku } (S_{Y/X}) = \sqrt{\frac{\sum (Y - Y_i)^2}{n - 2}}$$

$$\text{Batas deteksi (LOD)} = \frac{3 \times \text{SD}}{\text{slope}} \dots\dots\dots(3.2)$$

$$\text{Batas kuantisasi (LOQ)} = \frac{10 \times \text{SD}}{\text{slope}}$$

Keterangan :

Y_i = Nilai konduktivitas yang didapat atau intensitas hasil pengukuran

Y_c = Nilai konduktivitas atau intensitas perhitungan dalam persamaan regresi

n = Jumlah pengulangan yang dilakukan

$S_{y/x}$ = Simpangan baku residual garis regresi

Tabel 3.2 uji Batas deteksi & Batas kuantisasi

Konsentrasi larutan standar KCl (mg/L)	Konduktivitas (y)	Y_i	$(Y - Y_i)^2$
Larutan Blanko (Aquademin) 0,0 mg/L	y_1	$Y_i 1$	$(Y - Y_i)^2 1$
Larutan KCl 0,2 mg/L	y_2	$Y_i 2$	$(Y - Y_i)^2 2$
Larutan KCl 0,4 mg/L	y_3	$Y_i 3$	$(Y - Y_i)^2 3$
Larutan KCl 0,6 mg/L	y_4	$Y_i 4$	$(Y - Y_i)^2 4$
Larutan KCl 0,8 mg/L	y_5	$Y_i 5$	$(Y - Y_i)^2 5$
Larutan KCl 1,0 mg/L	y_6	$Y_i 6$	$(Y - Y_i)^2 6$
		$\Sigma(Y - Y_i)^2$	-
		$S_{y/x}$	-
		LOD	-
		LOQ	-

3.8 Analisis Konduktivitas Sampel Heparin

Pada tahap ini disediakan heparin injeksi 5000 IU/ml (100 IU = 1 mg), kemudian dibuat larutan heparin dengan konsentrasi terhitung 1,2,3,4,dan 5 mg/mL (Lubis 2015). Sebelum proses Analisis konduktivitas, terlebih dulu sampel diukur pH nya menggunakan pH meter untuk mengetahui tingkat keasaman atau kebasaan yang dimiliki heparin. Derajat keasaman dapat mempengaruhi kemampuan berionisasi. Semakin asam suatu bahan atau

semakin banyak ion hidrogen yang terbentuk maka semakin besar ionisasinya. (Sugito dan Mujasam 2009).

Proses analisis ini menggunakan metode konduktometri dengan prinsip kerja bagian konduktor (elektroda) dimasukkan dalam larutan akan menerima rangsang dari suatu ion-ion yang menyentuh permukaan konduktor pada suhu ruang 25°C, Dimana Semakin banyak konsentrasi larutan maka semakin besar nilai daya hantarnya karena semakin banyak ion-ion dari larutan yang menyentuh konduktor dan semakin tinggi suhu suatu larutan maka semakin besar nilai daya hantarnya, hal ini karena saat suatu partikel berada pada lingkungan yang suhunya semakin bertambah maka partikel tersebut secara tidak langsung akan mendapat tambahan energi dari luar dan dari sinilah energi kinetik yang dimiliki suatu partikel semakin tinggi (gerakan molekul semakin cepat). Sehingga semakin sering suatu konduktor menerima sentuhan dari ion-ion larutan. kemudian hasilnya akan diproses dan sebagai *output* berupa angka konduktansi dengan satuan mS/cm. lalu diamati nilai konduktivitas yang tertera pada layar PC. Nilai konduktivitas yang terbaca akan dibandingkan dengan konsentrasi yang terhitung.

3.10 Titrasi asam basa sampel Natrium Heparin

3.10.1 Pembakuan HCl 0,1 N

a. Pembuatan Larutan Na₂CO₃ 0,1 N

Mula-mula dibuat larutan Na₂CO₃ menimbang 0,53 gram Na₂CO₃ dan diencerkan dalam labu ukur 100 ml. Kemudian dipipet 25 mL larutan Na₂CO₃ kedalam erlenmeyer, lalu ditambahkan aquades 25 mL.

b. Pembuatan Larutan HCl 0,1 N

Mula mula disiapkan 0,83 mL Larutan HCl pekat 37 % dalam gelas ukur kemudian dipindahkannya ke dalam labu ukur 100 ml dan diencerkan menggunakan aquades. Aquades ditambahkan sampai tanda batas. Kemudian labu ukur yang berisi larutan tersebut dikocok hingga homogen.

c. Proses pembakuan HCl (asidimetri)

Sebanyak 25 mL Na_2CO_3 0,1 N dan 25 mL aquades dimasukkan kedalam erlenmeyer 100 mL. Ditambah 3 tetes indikator *methyl orange* (mo). dan dititrasi dengan larutan HCl 0,1 N sampai terjadi perubahan dari Kuning menjadi Orange Volume yang dihasilkan dicatat dan dititrasi ulang sebanyak 3 kali. (Puspita 2011).

3.10.2 Penentuan kadar Natrium pada Heparin

Sebanyak 1, 2, 3, 4, dan 5 mL Natrium Heparin 1, 2, 3, 4, dan 5 mg/mL dimasukkan kedalam erlenmeyer 100 mL. Ditambah 3 tetes indikator *methyl orange* (mo). dan dititrasi dengan larutan HCl 0,1 N sampai terjadi perubahan warna (kuning menjadi merah). Volume yang dihasilkan dicatat dan dititrasi ulang sebanyak 3 kali.

BAB IV

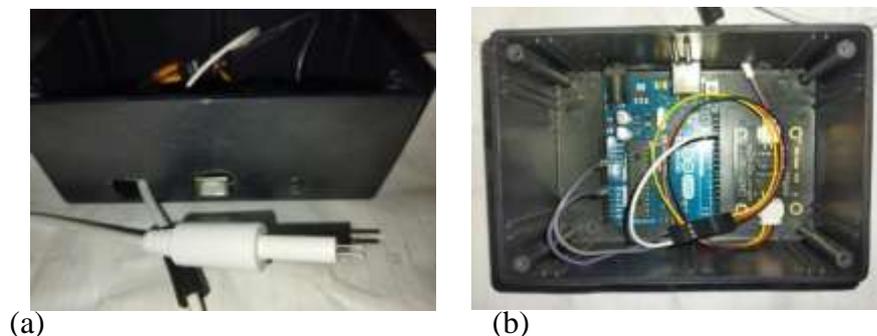
PEMBAHASAN

4.1 Perancangan Hardware

Rancang bangun adalah kegiatan dimana hasil analisis diubah menjadi perangkat lunak kemudian sistem yang sudah ada diperbaiki Nurul Samania (2020). Rancang bangun KIT konduktivitas pada penelitian ini menggunakan beberapa perangkat keras antara lain: Mikrokontroler Arduino UNO sebagai otak dari seluruh rancangan alat, Sensor TDS sebagai pendeteksi konduktivitas, probe sebagai elektroda, kabel USB, *black box*, lem G, kabel *jumper male to male*, kabel *jumper male to female*. Konduktivitas yang diperoleh oleh sensor akan diubah menjadi sinyal data digital oleh ADC (*Analog digital to converter*) yang ada di mikrokontroler Arduino UNO, dimana mikrokontroler ini sebagai komponen pemindah data Faizin (2020). Data konduktivitas keluaran dari sensor nantinya yang ditampilkan di personal komputer (PC).

Proses pembuatan Rancang bangun KIT konduktivitas diawali dengan disambungkan antara kabel probe ke sensor TDS, Setelah itu, disambungkan 3 kabel *jumper male to male* ke sensor TDS yakni pada pin Negatif (-), Positif (+), dan Analog (A),. Kemudian disambung kabel *jumper male to female* ke kabel *jumper male to male*, Selanjutnya disambungkan kabel *jumper male to female* ke mikrokontroler arduino UNO, untuk kabel dengan pin negatif (-) disambung dengan pin Ground (GND), untuk kabel dengan pin positif (+) disambung dengan pin *voltage 5V (VCC)*, sedangkan untuk kabel dengan pin *analog (A)* disambung dengan pin (A0) pada mikrokontroler arduino UNO, Lalu disiapkan kabel USB untuk menghubungkan mikrokontroler ke PC. Dan terakhir rancangan alat ditata

didalam *black box* agar rapi dan mudah dibawa ke mana-mana, rangkaian bangun KIT konduktivitas yang telah terbentuk seperti pada Gambar 4.1.

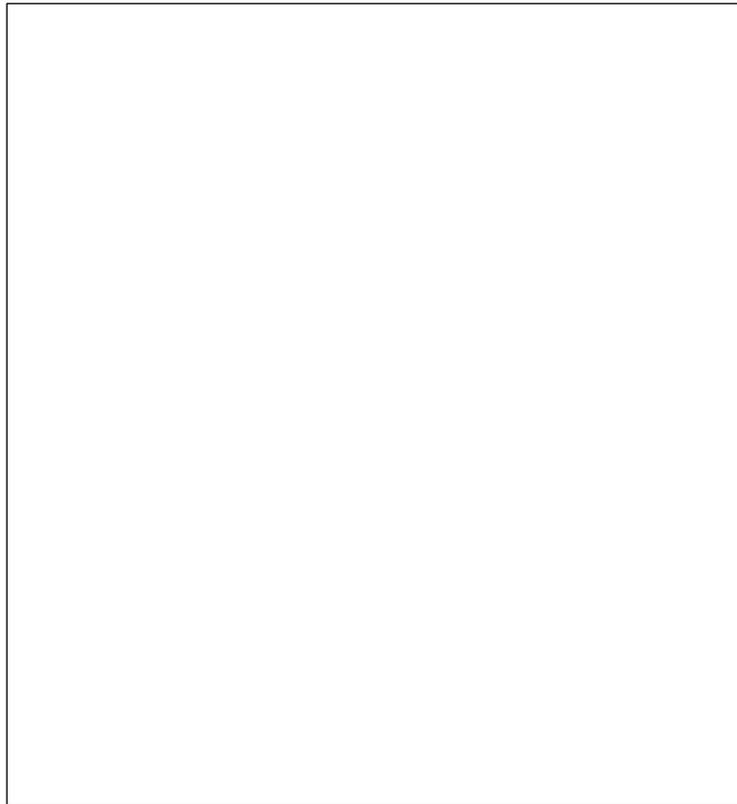


Gambar 4.1 KIT bagian luar (a) KIT bagian dalam (b)

4.2 Perancangan Software

Proses arduino UNO diperlukan perhitungan yang disimulasikan menjadi pemrograman menggunakan perangkat lunak (*software*) arduino IDE (*integrated development Environment*). Arduino IDE merupakan software yang menyediakan berbagai keperluan dengan berbasis menu (Destiarini dan Kumara 2019).

Proses perancangan software diawali dengan disiapkan software arduino IDE yang dapat didownload di web resmi arduino.cc, Kemudian disambungkan kabel USB dari mikrokontroler ke PC, Selanjutnya, Buka software Arduino IDE, pilih menu “ Alat ”, Pilih “ Port ”, pilih serial port “COM6 (Arduino Uno)“, langkah ini berfungsi sebagai port komunikasi antara *Software* dengan *Hardware*. Setelah itu, ditulis kode pemrograman yang akan digunakan, Selanjutnya di pilih menu “ *Monitor serial*” untuk menampilkan hasil dari pemrograman. Kode pemrograman yang akan digunakan seperti pada Gambar 4.2



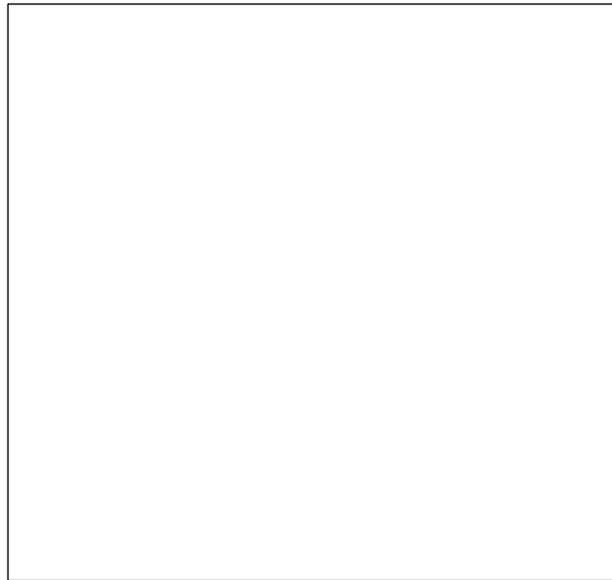
Gambar 4.2 Kode Pemrograman Arduino IDE

Kode pemrograman memiliki fungsi berbeda-beda pada masing-masing kode, kode tersebut antara lain: “*#define sampling 5*” berfungsi agar data yang terbaca terfilter, “*void setup ()*” berfungsi untuk tempat menuliskan pengaturan pin dan pengaturan *library*, “*Serial.begin(9600)*” berfungsi sebagai penentu kecepatan pengiriman data, “*int adc*” berfungsi untuk menerima bilangan bulat, “*float v, EC*” berfungsi untuk menampung nilai *decimal*, “*void loop()*” berfungsi untuk menjalankan program secara berulang-ulang tanpa batas, “*int i*” berfungsi untuk menyimpan pengulangan pada hitungan, “*i ++*” berfungsi untuk menambah nilai hitungan berbeda pada tiap pengulangannya, “*adc*” berfungsi sebagai pengubah data analog menjadi data digital, “*analogRead*” berfungsi untuk membaca nilai dari pin analog, “ $v = (adc * 5.0) / 1023$ ” sebagai rumus membaca

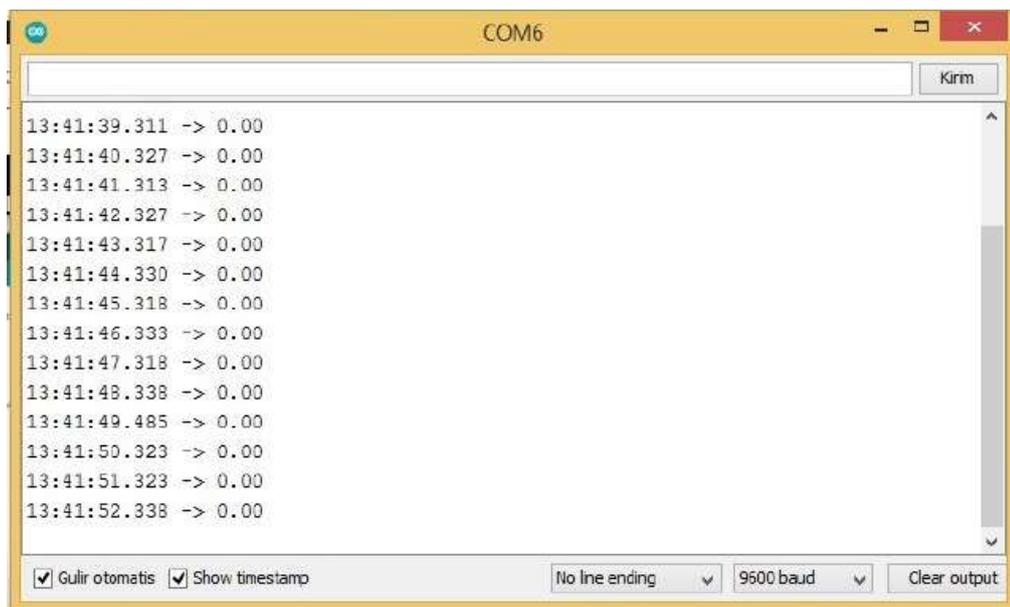
tegangan adc pada arduino, “*EC*” sebagai nilai *electrical conductivity* dimana persamaan yang akan diambil dari nilai kalibrasi alat, “*Serial.print*”) berfungsi sebagai pengirim data ke serial berupa (bilangan, karakter dll), “*Serial.print*” berfungsi membuat garis baru pada tampilan arduino IDE, “*delay*” berfungsi sebagai waktu untuk ditampilkannya nilai yang diperoleh. Menurut Leksono (2019) pada pemrograman arduino besar kecilnya huruf harus diperhatikan karna dapat menyebabkan *error*, pada setiap pernyataan pada arduino IDE harus dibuka dengan tanda ({) dan ditutup dengan tanda (}), untuk mengakhiri pernyataan menggunakan tanda (;).

4.3 Kalibrasi Alat

Kalibrasi alat adalah untuk mengetahui nilai selisih pembacaan instrumen dan membandingkan pembacaan dengan nilai standar untuk memastikan data yang benar dan valid (Irawan 2019). Sampel kalibrasi yang digunakan adalah jenis larutan standar kalium klorida (KCl) yang telah diketahui konduktivitasnya, dengan konsentrasi 0,1 M (12880 $\mu\text{S/cm}$) dan konsentrasi 0,01 M (1413 $\mu\text{S/cm}$) larutan standar kalibrasi dapat diperoleh dipasaran. Proses kalibrasi dilakukan dengan cara mencuci probe KIT yang akan dikalibrasi dengan aquademin agar steril dan di lap menggunakan tisu sampai kering, kemudian probe dicelupkan kedalam larutan standar kalibrasi sampai kedua kawat di probe terendam sampai nilai tegangan yang dihasilkan konstan. Kode pemrograman pada arduino IDE sebelum kalibrasi seperti pada Gambar 4.3.



(a)



(b)

Gambar 4.3 Kode Arduino IDE sebelum kalibrasi (a) Tampilan arduino IDE sebelum kalibrasi (b)

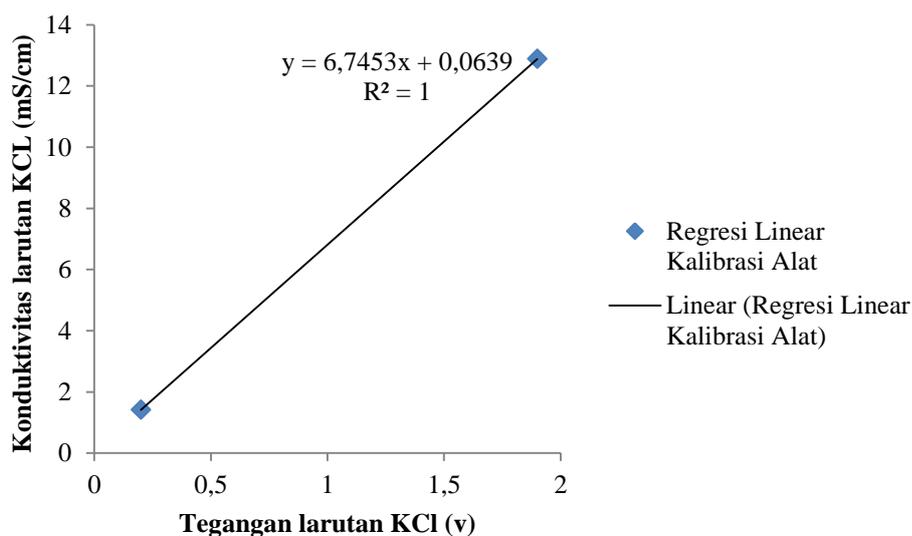
Tujuan dari kalibrasi ini selain untuk akurasi alat adalah untuk mencari persamaan regresi linier yang dihasilkan dari hubungan tegangan dengan

konduktivitas. Adapun nilai tegangan yang didapat pada masing-masing sampel kalibrasi seperti pada Tabel 4.1

Tabel 4.1 Nilai tegangan pada saat kalibrasi

Konsentrasi KCl	Konduktivitas Standar	Konduktivitas Alat	Nilai Tegangan
0,01 M	1,413	1,40 mS/cm	0,20 v
0.1 M	12,88	12,85 mS/cm	1,90 v

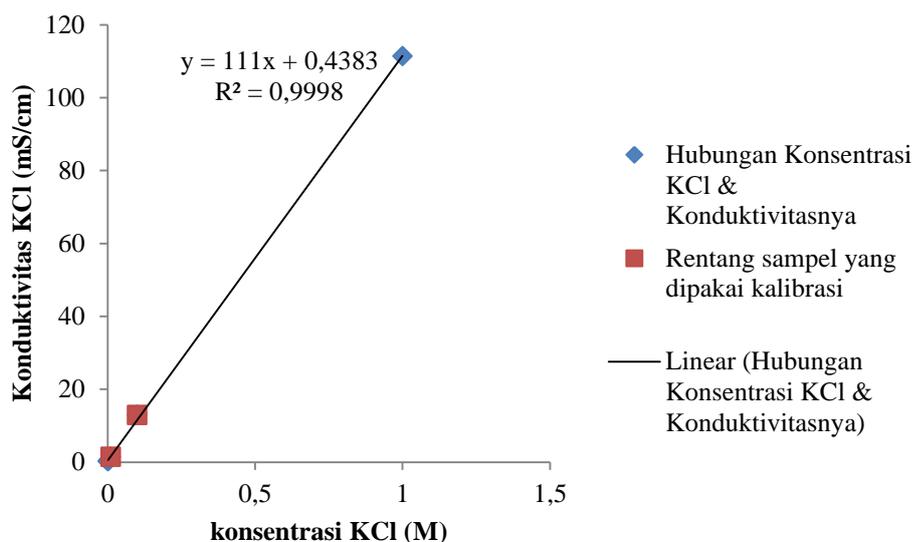
Berdasarkan data yang tegangan analog yang didapatkan dibuatlah regresi linier untuk mencari persamaan (y) yang akan digunakan untuk *script* KIT konduktivitas.. Grafik regresi linier yang diperoleh seperti pada Gambar 4.4.



Gambar 4.4 Regresi linier kalibrasi KCl

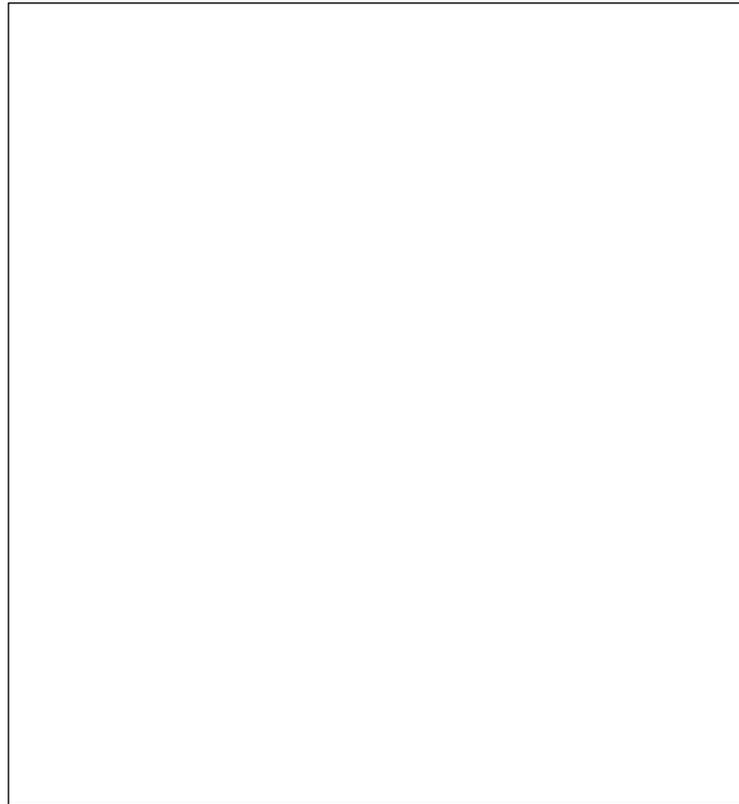
Berdasarkan Gambar 4.4 hasil regresi linier kalibrasi KCl menghasilkan persamaan $y = 6,7453x + 0,0639$ dengan $R^2 = 1$. Nilai R^2 yang semakin mendekati nilai 1 menunjukkan adanya hubungan yang linier sehingga dikategorikan sebagai korelasi yang sangat kuat. Koordinat X dalam kurva standar merupakan tegangan

keluarannya dan koordinat Y merupakan konduktivitasnya. Berdasarkan Yokogawa (2020) larutan KCl mempunyai hubungan yang linear antara konsentrasi dengan konduktivitasnya pada range konsentrasi 0 – 1 Molar. Adapun grafiknya dapat dilihat pada Gambar 4.5

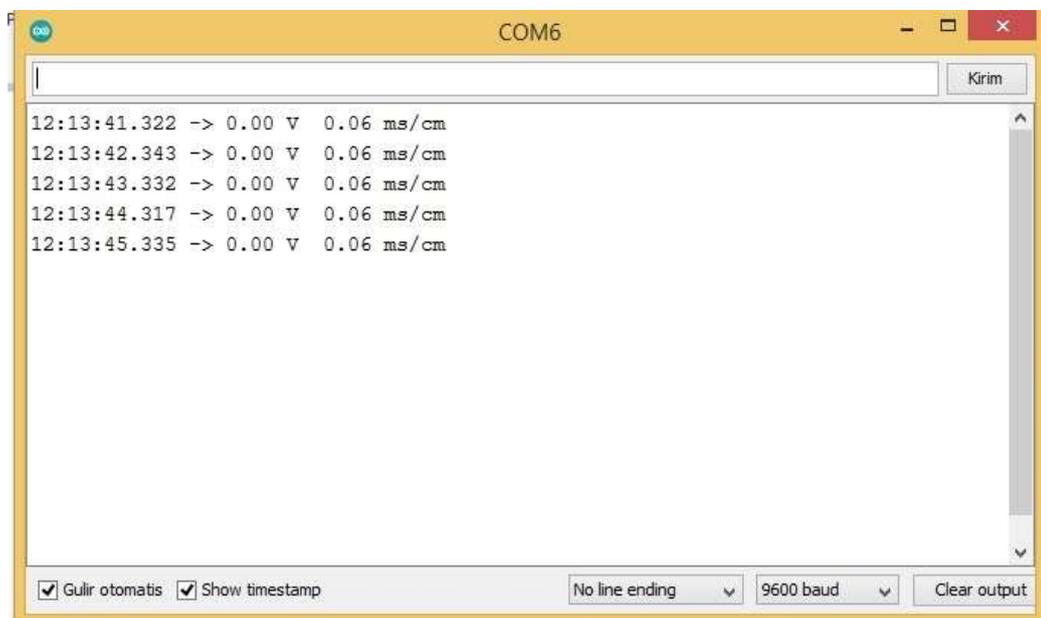


Gambar 4.5 Literatur Hubungan konsentrasi KCl dengan konduktivitasnya (Yokogawa 2020)

Untuk menampilkan konduktivitas dalam script arduino dapat menggunakan persamaan regresi linier dari larutan konsentrasi 0,01 dan 0,1 M dengan persamaan yang diperoleh yaitu $y = 6,7453x + 0,0639$. Kode pemrograman dan tampilan pada arduino IDE sesudah kalibrasi seperti pada Gambar 4.6.



(a)



(b)

Gambar 4.6 Kode Arduino sesudah kalibrasi (a) Tampilan arduino sesudah kalibrasi (b)

4.4 Validasi Alat

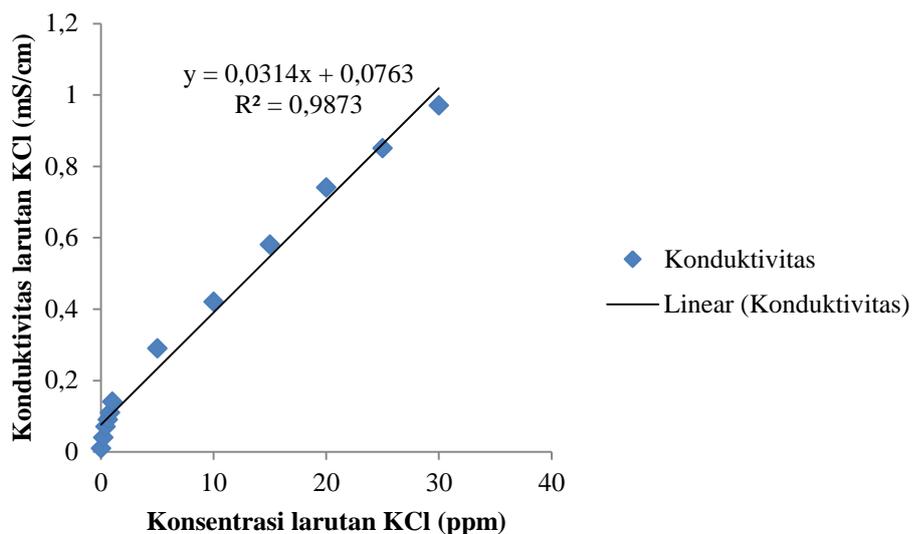
4.4.1 Uji Linieritas

Tujuan uji linieritas adalah untuk mengetahui apakah dua atau lebih variabel yang diuji mempunyai hubungan linier atau tidak signifikan. uji ini digunakan untuk melihat variable-variable yang berpengaruh dengan jumlah data yang banyak sehingga dapat ditentukan apakah variable tersebut ada pengaruh ataupun tidak. Pengujian ini sering digunakan sebagai persyaratan untuk analisis korelasi atau regresi linier (Setiawan dan Yosepha 2020). Tahap awal dalam Proses uji linearitas yakni diukur konduktivitas larutan KCl masing-masing konsentrasi 0,2; 0,4; 0,6; 0,8; 1; 5; 10; 15; 20; 25; dan 30 ppm dengan KIT konduktivitas. Pengukuran ini bertujuan untuk mendapatkan nilai konduktivitas dari masing-masing konsentrasi. Hasil pengukuran dapat dilihat pada Tabel 4.2

Tabel 4.2 Hasil Pengukuran konduktivitas pada Uji Linieritas

Konsentrasi KCl (ppm)	Tegangan (v)	Konduktivitas (mS/cm)
Blanko 0,0	0,01	0,01
0,2	0,02	0,04
0,4	0,03	0,07
0,6	0,04	0,09
0,8	0,05	0,11
1	0,06	0,14
5	0,09	0,29
10	0,11	0,42
15	0,14	0,58
20	0,17	0,74
25	0,20	0,85
30	0,23	0,97

Uji linearitas bertujuan untuk membuktikan hubungan yang linier antara konsentrasi dengan konduktivitas dari data kurva standar. Hubungan tersebut dapat ditunjukkan dengan nilai koefisien korelasi (r) dan persamaan regresi linier (Natasya 2020). Hasil Kurva Linieritas ditunjukkan pada Gambar 4.7.



Gambar 4.7 Kurva Linieritas KCl

Berdasarkan Gambar 4.7 menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi semakin tinggi pula nilai Konduktivitasnya, sehingga diperoleh persamaan regresi linier $y = 0,0314x + 0,0763$. Sensitivitas yang diperoleh dari pembuatan kurva linearitas ditunjukkan dengan nilai *slope* (kemiringan) sebesar 0,0314. Nilai tersebut menunjukkan setiap perubahan konsentrasi (sumbu x) akan memberikan perubahan terhadap nilai konduktivitas (sumbu y) sebesar 0,0314. dimana y adalah konduktivitas, b adalah *slope*, x adalah konsentrasi, dan a adalah *intersep*. Dari persamaan tersebut, nilai koefisien korelasi (r) adalah 0,9873 dimana nilai tersebut mendekati +1 yang menunjukkan bahwa hubungan tersebut linier. Hal ini sesuai dengan Yokogawa (2020) bahwasanya konduktivitas larutan KCl akan meningkat seiring dengan meningkatnya konsentrasi. Persamaan regresi linier yang didapat dari grafik linearitas selanjutnya dapat digunakan untuk menghitung konsentrasi sampel karena adanya hubungan linier antara konsentrasi (C) dengan konduktivitas (G). Tabel hasil pengujian Linearitas dapat dilihat pada Tabel 4.3

Tabel 4.3 Hasil pengujian Linearitas

<i>Slope b</i>	0,0314
Aksis intersep a	0,0763
Koefisien korelasi (r)	0,9873
Proses Relatif standar deviasi	1,75%
ANOVA Lineariti testing	0,295

Nilai relatif standar deviasi yang didapatkan sebesar 1,75% yang berarti ada hubungan yang linier antara konsentrasi dengan konduktivitas. Sesuai dengan Ihsan, Rahmani, dan Shalas (2019) bahwasanya terdapat hubungan linier jika nilai relatif standar deviasi < 5%. Untuk menghitung Nilai ANOVA linearity testing dengan menggunakan aplikasi statistik SPSS 16.0. Hasil uji ANOVA linearity testing dapat dilihat pada Tabel 4.4

Tabel 4.4 Uji ANOVA Linearity Testing

ANOVA Table

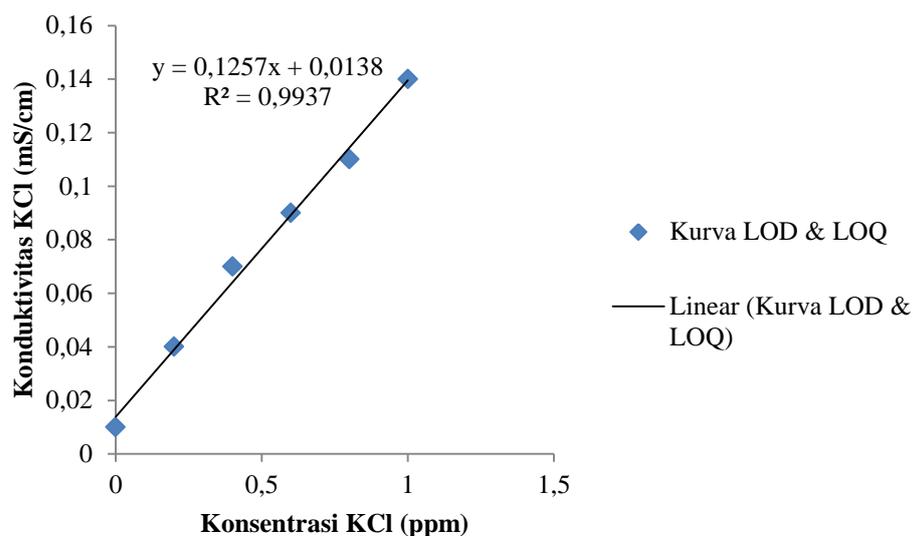
			Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
(Combined)			1,230	3	,410	43,186	,000
Konduktivitas KCl * Konsentrasi Baru	Between Groups	Linearity Deviation from Linearity	1,203	1	1,203126,702		,000
			,027	2	,014	1,428	,295
	Within Groups		,076	8	,009		
	Total		1,306	11			

Hasil analisis menunjukkan berdasarkan pada uji nilai F bahwa hubungan antara konsentrasi dengan konduktivitas pada larutan KCl menghasilkan nilai F hitung < F Tabel (1,428 < 4,46). Berdasarkan Widana dan Muliani (2020) Jika nilai F hitung < F Tabel maka terdapat hubungan yang linier antara kedua variabel. Adapun nilai signifikansi diperoleh sebesar 0,295, maka diperoleh kesimpulan bahwa nilai signifikan $\geq \alpha$ (0,295 \geq 0,05) maka dari hipotesis yang

diberikan, diterima. Yang artinya konsentrasi dan konduktivitas saling berhubungan secara linier.

4.4.2 Uji Batas Deteksi LoD (Limit of Detection) dan Batas Kuantisasi (Limit of Quantitation)

Uji validasi alat lainnya adalah LOD dan LOQ. LOD adalah konsentrasi analit terendah dalam sampel yang masih dapat dideteksi, meski tidak selalu dapat diukur, sedangkan LOQ adalah konsentrasi analit terendah dalam sampel yang dapat diukur dengan akurasi dan presisi yang wajar (Gandjar, I Gholib. 2007). Penentuan nilai LOD dan LOQ diperlukan untuk menentukan nilai yang akan dideteksi. Pentingnya dilakukan pengujian parameter ini agar dapat mengetahui batas nilai terkecil sampel yang masih dapat dideteksi pada KIT Konduktivitas dan nilai kuantitas terkecil dari sampel yang masih dapat mempengaruhi kriteria kecermatan dan keseksamaan. Pada penelitian ini menggunakan metode kurva kalibrasi dengan konsentrasi rendah, Tahap awal Uji LOD dan LOQ yakni dibuat grafik kurva standar dengan konsentrasi rendah 0,2; 0,4; 0,6; 0,8; dan 1 ppm dengan sumbu (x) adalah konsentrasi dan sumbu (y) adalah konduktivitas. Kurva LOD & LOQ dapat dilihat pada Gambar 4.8



Gambar 4.8 Kurva LOD dan LOQ

Gambar 4.8 menunjukkan kurva LOD dan LOQ, dimana didapat persamaan $y = 0,2557x + 0,0238$. Persamaan ini akan digunakan untuk membuat Tabel nilai LOD dan LOQ pada alat KIT Konduktivitas. Hasil perhitungan nilai LOD dan LOQ dapat dilihat pada Tabel 4.5.

Tabel 4.5 Nilai LOD dan LOQ KIT Konduktivitas

Konsentrasi (x)	Konduktivitas (y)	y'	$y - y'$	$(y - y')^2$
0	0,01	0,0138	-0,0038	0,00001444
0,2	0,04	0,03894	0,00106	1,1236E-06
0,4	0,07	0,06408	0,00592	3,50464E-05
0,6	0,09	0,08922	0,00078	6,084E-07
0,8	0,11	0,11436	-0,00436	1,90096E-05
1	0,14	0,1395	0,0005	0,00000025
			Σ	7,0478E-05
			SD	0,00375
			LOD	0,0898
			LOQ	0,298

Perhitungan LOD (batas deteksi) diperoleh sekitar 0,0898 mg/L. Ini menunjukkan bahwa batas konsentrasi terendah yang dapat terdeteksi

konduktivitasnya oleh KIT Konduktivitas sebesar 0,0898 mg/L, Artinya nilai tersebut menunjukkan jumlah konsentrasi terendah yang masih dapat dideteksi dan memberikan respon signifikan pada KIT konduktivitas tanpa harus memenuhi kriteria akurasi dan presisi. Sedangkan untuk hasil LOQ (batas kuantisasi) diperoleh sebesar 0,298 mg/L. Hal ini menunjukkan bahwa instrument KIT konduktivitas mampu memberikan respon untuk pengukuran konduktivitas suatu sampel dengan nilai akurasi dan presisi yang dapat diterima sebesar 0,298 mg/L. Jika konsentrasi sampel yang akan diukur konduktivitasnya melebihi batas tersebut maka pengukuran dikatakan akurat.

4.5 Analisis Konduktivitas Sampel Heparin

Penelitian penentuan konduktivitas ini bertujuan untuk mengetahui daya hantar larutan heparin injeksi yang telah diencerkan dengan konsentrasi yang berbeda-beda. Pada penelitian ini, dibuat larutan heparin injeksi dengan konsentrasi yang berbeda-beda yakni 1 ppm, 2 ppm, 3 ppm, 4 ppm, 5 ppm. Pengenceran dilakukan dengan menggunakan aquademin sebagai pelarut. Aquademin dipilih sebagai pelarut dikarenakan mempunyai konduktivitas 0.055 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Berdasarkan Rahmah (2019) Suatu air dapat dikatakan air bebas mineral apabila batas maksimal konduktivitasnya 5 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Larutan yang diukur konduktivitasnya adalah larutan heparin injeksi. Larutan heparin injeksi merupakan larutan elektrolit. Larutan heparin injeksi merupakan senyawa ionik yang bila dilarutkan dalam aquademin akan terionisasi sempurna dan berubah menjadi ion-ion dalam larutannya antara lain yaitu ion Na^+ dan SO_4^- sehingga larutan heparin injeksi ini memiliki muatan yang dapat

menghantarkan listrik. Saat mengukur konduktivitas, elektrodanya dipastikan tercelup seluruhnya ke dalam larutan sampel agar didapat hasil pengukuran yang baik dan benar. pengukuran konduktivitas sebaiknya dilakukan dari konsentrasi kecil ke konsentrasi besar. Hal ini untuk mencegah banyaknya ion-ion yang menempel pada logam konduktivimeter. Sehingga terkontaminasinya ion-ion pada larutan lain juga semakin kecil. Hasil pengukuran konduktivitas larutan heparin injeksi dapat dilihat pada Tabel 4.6

Tabel 4.6 Hasil pengukuran konduktivitas larutan heparin injeksi

Konsentrasi	pH	Konduktivitas mS/cm
1 ppm	6,582	0,12
2 ppm	6,609	0,15
3 ppm	6,627	0,19
4 ppm	6,644	0,25
5 ppm	6,766	0,30

Berdasarkan Tabel 4.6 dapat dilihat bahwa semakin tinggi konsentrasi dari heparin maka nilai konduktivitasnya juga akan semakin meningkat. Pada konsentrasi 1 ppm didapatkan nilai konduktivitas sebesar 0,12 mS/cm, pada konsentrasi 2 ppm didapatkan nilai konduktivitasn sebesar 0,15 mS/cm, pada konsentrasi 3 ppm didapatkan nilai konduktivitas sebesar 0,19 mS/cm, pada konsentrasi 4 ppm didapatkan nilai konduktivitas sebesar 0,25 mS/cm, dan yang terakhir pada konsentrasi 5 ppm didapatkan nilai konduktivitas sebesar 0,30 mS/cm. Hal ini sesuai dengan Safitri dan Supu (2020) yang menyatakan bahwa semakin meningkatnya konsentrasi di dalam suatu larutan maka nilai konduktivitasnya akan meningkat pula. Selain itu semakin tinggi konsentrasinya semakin tinggi pula pH nya dan hasil pengukuran konduktivitasnya pun semakin

besar hal ini dikarenakan pada heparin tidak menghasilkan H^+ akan tetapi dari pelarutnya lah yang terionisasi. .

4.6 Titrasi asam basa sampel Natrium Heparin

4.6.1 Pembakuan HCl

Penelitian ini yang bertindak sebagai larutan baku sekunder yakni asam klorida (HCl) hal ini dikarenakan berat molekulnya lebih kecil dan derajat kemurniannya lebih rendah daripada larutan baku primer, Pada pembakuan larutan asam klorida (HCl) 0,1 N. Mula-mula ditimbang 0,53 gram natrium karbonat (Na_2CO_3), dan melarutkannya ke dalam labu ukur dengan penambahan 25 mL aquades, kemudian ditambahkan 3 tetes indikator *metyl orange* (MO). Fungsi indikator *metyl orange* (MO) sebagai larutan penunjuk pada saat akhir titrasi. Larutan HCl yang dibuat dimasukkan ke dalam buret asam 50 mL, kemudian (Na_2CO_3) yang dilarutkan dan ditambahkan indikator metyl orange (MO) dititrasi dengan HCl hingga warna larutan berubah menjadi warna merah mudah, yang menandakan titik akhir titrasi, yang selanjutnya dicatat volume titik akhirnya. Hasil pembakuan HCl dapat dilihat pada Tabel 4.7

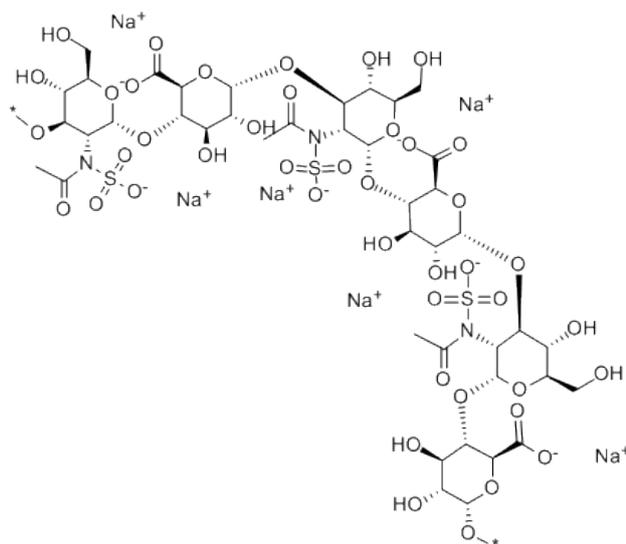
Tabel 4.7 Hasil pembakuan HCl

Percobaan ke-	Volume Na_2CO_3	Volume titran (HCl)
1	100 mL	17,7 mL
2	100 mL	17,8 mL
3	100 mL	17,7 mL

Pembakuan dilakukan untuk membuktikan HCl 0,1 N dan hasil pembakuan HCl yang dilakukan di peroleh normalitas HCl sebesar 0,1 N.

4.6.1 Penentuan kadar Natrium pada Heparin

Titration asam basa dilakukan untuk menentukan banyaknya jumlah mol HCl yang akan menggantikan ion Na^+ dari muatan negatif heparin. Jumlah mol Na^+ berhubungan dengan mol gugus negatif heparin (yang terdiri dari gugus sulfonat dan karboksilat) dimana satu mol menyatakan jumlah zat suatu sistem yang mengandung sejumlah besaran elementer (atom, molekul, dan ion), dimana 1 mol Na^+ mengandung $6,023 \times 10^{23}$ ion Na^+ pada heparin. Struktur heparin dapat dilihat pada Gambar 4.9.



Gambar 4.9 Struktur Sodium Heparin

Berdasarkan Ratnasari, dkk (2016), titration asam basa merupakan salah satu metode analisis kuantitatif untuk menentukan konsentrasi dari suatu zat yang ada dalam larutan. Mula-mula dipipet sebanyak 1, 2, 3, 4, dan 5 mL larutan induk 100 ppm Natrium heparin dengan masing-masing didapat konsentrasi heparin 1, 2, 3, 4, dan 5 mg/L (ppm) dalam 100 mL, kemudian dipipet 25 ml dan

dimasukkan dalam erlenmeyer kemudian ditambah 3 tetes indikator methyl orange (MO) Menurut Nuryanti et al. (2010) indikator *metyl orange* dipakai sebagai penunjuk pada saat titik akhir titrasi. Selanjutnya dititrasi dengan larutan HCl 0,1 N yang sudah distandarisasi. Penambahan HCl 0,1 N sampai terjadi perubahan warna dari kuning menjadi merah muda. Titrasi dilakukan 3 kali dan dicatat volume larutan HCl 0,1 N yang diperlukan untuk titrasi. Hasil titrasi dapat dilihat pada Tabel 4.8

Tabel 4.8 Hasil titrasi natrium heparin

Heparin 1 ppm				
Percobaan	Volume Heparin (mL)	Volume HCl yang dibutuhkan(mL)	Rata-rata Volume HCl (mL)	Mol Na⁺ (mol)
ke-1	25	0,5		
ke-2	25	0,4	0,43	4,3 x 10 ⁻⁵
ke-3	25	0,4		
Heparin 2 ppm				
ke-1	25	0,5		
ke-2	25	0,5	0,5	5 x 10 ⁻⁵
ke-3	25	0,5		
Heparin 3 ppm				
ke-1	25	0,6		
ke-2	25	0,7	0,67	6,7 x 10 ⁻⁵
ke-3	25	0,6		
Heparin 4 ppm				
ke-1	25	0,8		
ke-2	25	0,8	0,8	8 x 10 ⁻⁵
ke-3	25	0,8		
Heparin 5 ppm				
ke-1	25	1		
ke-2	25	0,9	0,97	9,7 x 10 ⁻⁵
ke-3	25	1		

Berdasarkan perhitungan, rata-rata hasil titrasi setara dengan jumlah mol HCl yang akan menggantikan ion Na⁺ dari muatan negatif, dimana pada

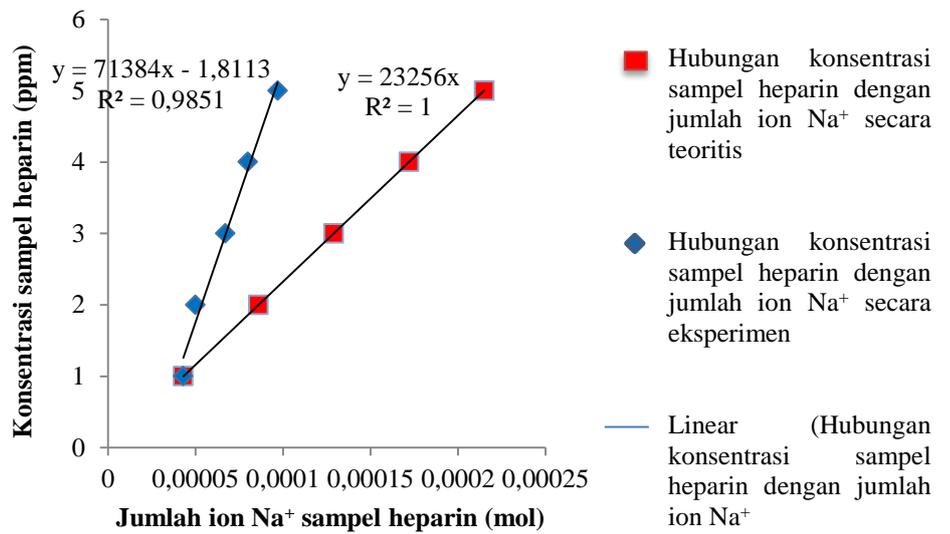
konsentrasi 1 ppm yakni $4,3 \times 10^{-5}$ mol menunjukkan bahwasanya ada $4,3 \times 10^{-5}$ mol HCl yang dipakai untuk menggantikan ion Na^+ dari muatan negatif heparin pada konsentrasi 1 ppm. Pada konsentrasi 2 ppm dibutuhkan 5×10^{-5} mol, pada konsentrasi 3 ppm dibutuhkan $6,7 \times 10^{-5}$ mol, pada konsentrasi 4 ppm dibutuhkan 8×10^{-5} mol, pada konsentrasi 5 ppm dibutuhkan $9,7 \times 10^{-5}$ mol. Perbandingan Hasil titrasi dan konduktivitas Heparin dapat dilihat pada Tabel 4.9

Tabel 4.9 Data Hasil titrasi dan konduktivitas Heparin

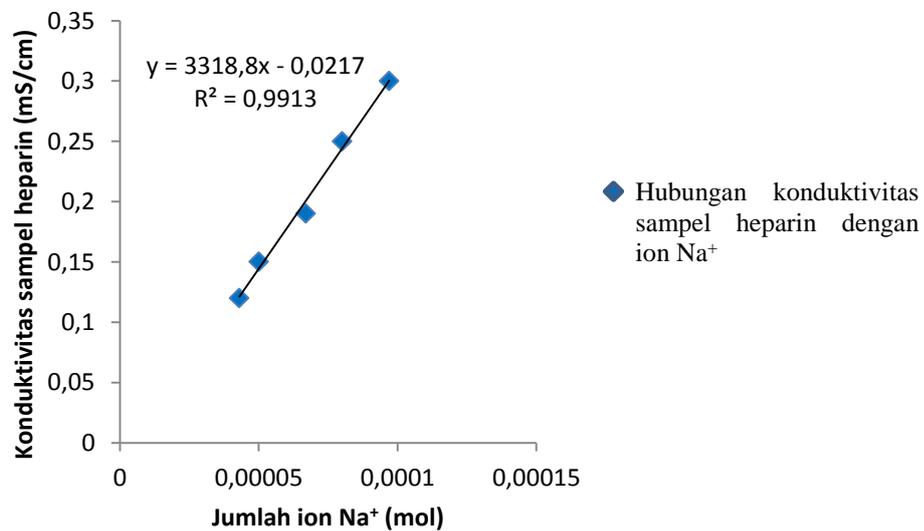
Konsentrasi heparin (mg/L)	Jumlah mol Na^+ hasil titrasi sampel eksperimen (mol)	Konduktivitas (mS/cm)	Jumlah mol Na^+ Teoritis (mol)	Selisih Σ mol Eksperimen-Teoritis (mol)
1	$4,3 \times 10^{-5}$	0,12	$4,3 \times 10^{-5}$	-
2	5×10^{-5}	0,15	$8,6 \times 10^{-5}$	$3,6 \times 10^{-5}$
3	$6,7 \times 10^{-5}$	0,19	$1,29 \times 10^{-4}$	$6,2 \times 10^{-5}$
4	8×10^{-5}	0,25	$1,72 \times 10^{-4}$	$9,2 \times 10^{-5}$
5	$9,7 \times 10^{-5}$	0,30	$2,15 \times 10^{-4}$	$1,18 \times 10^{-4}$

Berdasarkan data yang diperoleh, dilihat dari data teoritis jumlah mol Na^+ yang digantikan terjadi peningkatan 2 kali lipat tiap bertambahnya konsentrasi, sedangkan berdasarkan eksperimen terjadi peningkatan jumlah tidak sesuai nilai teoritis. Penyebab ketidaksesuaian ini masih belum ada referensi terkait hal tersebut, dan perlu adanya penelitian lebih lanjut terkait peningkatan jumlah mol Na^+ yang tidak sesuai nilai teoritis. Data yang diperoleh bahwasanya ion Na^+ pada gugus sulfonat dan karboksilat yang tidak tergantikan oleh H^+ dari HCl adalah pada konsentrasi 1 ppm sebesar 0 mol, 2 ppm sebesar $3,6 \times 10^{-5}$ mol, 3 ppm sebesar $6,2 \times 10^{-5}$ mol, 4 ppm sebesar $9,2 \times 10^{-5}$ mol, 5 ppm sebesar $1,18 \times 10^{-4}$ mol, yang artinya semakin pekat larutan heparin semakin banyak pula Na^+ yang tidak tergantikan. Pentingnya gugus sulfonat dan karboksilat dalam heparin adalah

untuk membentuk ikatan untuk mengaktifkan beberapa protein reseptor, salah satunya adalah reseptor protein pembekuan darah. Adapun grafik Dari Perbandingan Hasil titrasi dan konduktivitas heparin dapat dilihat pada Gambar 4.10



(a)



(b)

Gambar 4.10 Hubungan antara Konsentrasi sampel heparin (mS/cm) dengan jumlah ion Na^+ (mol) (a) Hubungan antara konduktivitas sampel heparin dengan jumlah ion Na^+ (mol) (b)

Grafik (a) menjelaskan hubungan perubahan tiap satuan konsentrasi dengan mol HCl yang akan menggantikan ion Na^+ dari muatan negatif. Dari grafik dapat diketahui selisih gradien garis antara nilai secara eksperimen dan teoritis sebesar 48128. Angka ini menunjukkan adanya kenaikan jumlah mol HCl tiap kenaikan satuan konsentrasi. Semakin besar konsentrasi larutan sampel heparin, maka jumlah ion Na^+ dari muatan negatif semakin banyak yang tidak tergantikan. Dari grafik (b) juga diketahui bahwa hubungan antara konduktivitas dan jumlah mol HCl yang akan menggantikan ion Na^+ dari muatan negatif bersifat linear. Semakin besar konduktivitas larutannya, maka semakin banyak pula jumlah mol HCl yang akan menggantikan ion Na^+ dari muatan negatif. Hal ini sesuai O. C. N. Ratnasari (2020) dimana konduktivitas berbanding lurus dengan n, dimana n menyatakan banyaknya muatan dalam larutan. Makin banyak muatan dalam larutan, maka konsentrasi larutan tersebut makin tinggi.

4.6 Pembuatan Rancang Bangun KIT dalam perspektif Islam

Ilmu pengetahuan sangat penting bagi setiap umat manusia, bahkan Allah akan meninggikan derajat orang yang beriman dan berilmu. Allah swt. memerintahkan kita untuk mengembangkan ilmu pengetahuan dan teknologi dalam QS. Yunus/10: 101.

قُلْ أَنْظَرُوا مَاذَا فِي السَّمٰوٰتِ وَالْاَرْضِ ۚ وَمَا تُعٰنِي الْاٰيٰتُ وَالنُّذُرُ عَنْ قَوْمٍ لَا يُؤْمِنُوْنَ

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

Dalam ayat tersebut Allah swt. memerintahkan kepada rasul-Nya agar menyuruh kaumnya untuk memperhatikan dengan kepala mereka segala yang ada di langit dan di bumi. Semua ciptaan Allah swt. tersebut apabila dipelajari dan diteliti akan menghasilkan ilmu pengetahuan agar manusia yang beriman mampu melakukan perubahan di dalam dunia ke arah yang lebih maju.

Ayat ini, dan banyak lagi yang lainnya, mendorong setiap muslim untuk lebih giat lagi dalam menuntut ilmu dan pengembangan teknologi melalui kontemplasi, eksperimentasi dan pengamatan. Ayat ini juga mendorong manusia untuk membuka pikirannya, selalu tafakur dan tadabur dalam menyikapi seluruh kejadian di alam semesta ini, hanya dapat dieksplorasi melalui pengamatan indrawi (Shihab, 2002). Allah SWT berfirman dalam surat Ali Imron ayat 190-191 yang berbunyi:

إِنَّ فِي خَلْقِ السَّمُوتِ وَالْأَرْضِ وَاخْتِلَافِ اللَّيْلِ وَالنَّهَارِ لَآيَاتٍ لِّأُولِي الْأَلْبَابِ ﴿١٩٠﴾ الَّذِينَ يَذْكُرُونَ
 اللَّهَ قِيمًا وَفُتُوذًا وَعَلَىٰ جُنُوبِهِمْ وَيَتَفَكَّرُونَ فِي خَلْقِ السَّمُوتِ وَالْأَرْضِ رَبَّنَا مَا خَلَقْتَ هَذَا بَطْلًا
 سُبْحَانَكَ فَقِنَا عَذَابَ النَّارِ ﴿١٩١﴾

Artinya: “*Sesungguhnya dalam penciptaan langit dan bumi, dan pergantian malam dan siang terdapat tanda-tanda (kebesaran Allah) bagi orang yang berakal, (yaitu) orang-orang yang mengingat Allah sambil berdiri, duduk atau dalam keadaan berbaring, dan mereka memikirkan tentang penciptaan langit dan bumi (seraya berkata), "Ya Tuhan kami, tidaklah Engkau menciptakan semua ini sia-sia; Mahasuci Engkau, lindungilah kami dari azab neraka"*” (Q.S. Ali ‘Imran: 190 – 191).

Pada ayat 190 terdapat kata Ulul Albab yang pada hakikatnya adalah orang yang menggunakan akalnya untuk mengenal siapa tuhan-Nya, mengenai bagaimana keagungannya, kebijakannya, dan keadilannya dalam melihat pesan yang disampaikan pada ayat-ayat Allah Swt. Seorang Ulul Albab akan mampu

mengungkap hikmah dari setiap ciptaan Allah Swt. Ayat 191 mengungkapkan bahwa seorang Ulul Albab semestinya akan selalu mengingat dan memikirkan tentang penciptaan dan kekuasaan-Nya dalam kondisi apapun. Pembuatan Rancang Bangun KIT ini merupakan salah satu bentuk upaya manusia sebagai khalifatullah fi al 'ardh atau wakil Allah yang ditugaskan untuk mengingat, memikirkan, mensyukuri, dan memanfaatkanNya untuk kemaslahatan manusia. Surat Al-Baqarah ayat 30 menegaskan posisi manusia sebagai khalifah di bumi.

وَإِذْ قَالَ رَبُّكَ لِلْمَلَائِكَةِ إِنِّي جَاعِلٌ فِي الْأَرْضِ خَلِيفَةً ۗ قَالُوا أَتَجْعَلُ فِيهَا مَن يُفْسِدُ فِيهَا وَيَسْفِكُ الدِّمَاءَ
وَنَحْنُ نُسَبِّحُ بِحَمْدِكَ وَنُقَدِّسُ لَكَ ۗ قَالَ إِنِّي أَعْلَمُ مَا لَا تَعْلَمُونَ

Artinya: *"Ingatlah ketika Tuhanmu berfirman kepada para Malaikat : Sesungguhnya Aku hendak menjadikan seorang khalifah di muka bumi". Mereka berkata: "Mengapa Engkau hendak menjadikan (khalifah) di bumi itu orang yang akan membuat kerusakan padanya dan menumpahkan darah, padahal kami senantiasa bertasbih dengan memuji Engkau dan mensucikan Engkau?" Tuhan berfirman: "Sesungguhnya Aku mengetahui apa yang tidak kamu ketahui". (Q.S. Al-Baqarah: 30).*

Penelitian ini merupakan bentuk tanggung jawab dari hasil proses berfikir manusia sebagai makhluk yang di berikan kemampuan berupa akal oleh Allah SWT untuk memenuhi tugasnya sebagai khalifatullah fil al 'ardh. Salah satunya yakni dengan mempelajari dan memanfaatkan berbagai bentuk ilmu, termasuk gabungan ilmu kimia dengan komputasi untuk menghasilkan rancang bangun KIT konduktivitas berbasis arduino IDE untuk aplikasi pada Heparin sebagai bentuk untuk mengingat keagungan Allah Swt. atas ciptaanNya dan menjadi orang yang berakal.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

1. Rancang bangun KIT konduktivitas berbasis arduino IDE (*Integrated Development Environment*) terlaksanakan. Dengan batas konsentrasi terendah yang dapat terdeteksi konduktivitasnya sebesar 0,0898 mg/L, dengan respon untuk pengukuran konduktivitas suatu sampel dengan nilai akurasi dan presisi yang dapat diterima sebesar 0,298 mg/L.
2. Hasil pengukuran konduktivitas sampel heparin injeksi 5000 IU dengan menggunakan KIT konduktivitas didapatkan pada konsentrasi 1 ppm sebesar 0,12 mS/cm, 2 ppm sebesar 0,15 mS/cm, 3 ppm sebesar 0,19 mS/cm, 4 ppm sebesar 0,25 mS/cm, 5 ppm sebesar 0,30 mS/cm, dimana semakin meningkatnya konsentrasi di dalam suatu larutan maka nilai konduktivitasnya akan meningkat.

5.2 Saran

Setelah melakukan ujicoba terhadap alat ini dapat ditarik beberapa saran yang dapat dijadikan pertimbangan untuk pengembangan KIT Konduktivitas berbasis Arduino Uno ini masih banyak memiliki kekurangan dan keterbatasan. Oleh karena itu, perlu dilakukan pengembangan dan penyempurnaan lebih lanjut.

DAFTAR PUSTAKA

- Andryani, Viki. 2015. “Pemanfaatan Antosianin pada Ubi Jalar Ungu (*Ipomoea batatas* L.) sebagai Indikator Asam Basa.” *Skripsi*: 1–82.
- Ariyadi. 2018. “Al-qur’an Views Relating to Environmental Conservation.”
- Atkins, Peter, dan Julio d e Paula. 2006. *Atkins’ Physical Chemistry*.
- Beni, Muhammad, dan Uripno Budiono. 2013. “Skor Pt/Aptt pada Pasien yang mendapat Heparin di Intensive Care Unit (icu) RSUP dr.Kariadi Semarang.”
- Catalano, Michael a. Et al. 2020. “Heparin-Induced Thrombocytopenia in Patients Readmitted after Open Cardiac Surgical Procedures: a Case Series.” *Jtcvs open* 4: 36–42.
- Christian, Gilang Ananda Putera dan. 2017. “Perancangan Alat Ukur Kadar Padatan Terlarut, Kekeruhan dan pH Air menggunakan Arduino Uno.” : 111.
- Dahlan, Bahrin bin. 2017. “Sistem Kontrol Penerangan menggunakan Arduino Uno pada Universitas Ichsan Gorontalo.” *Ilkom jurnal ilmiah* 9(3): 282–89.
- Daintith, John. 2004. *628 Dictionary of Inorganic Chemistry*.
- Destiarini, dan Pius Widya Kumara. 2019. “Robot Line Follower Berbasis Mikrokontroler Arduino Uno Atmega328.” *Jurnal Informanika* 5(1): 18–25.
- Dewanta, Alexander Rahma Angga. 2018. “Analog to Digital Converter untuk PLC menggunakan Mikrokontroler.” *Skripsi* العدد (3): 1–13.
- Elly Mayangsari & Bayu Lestari, Nurdiana. 2019. *Farmakoterapi Kardiovaskuler*. Malang: UB Press.
- Endra, Robby Yuli, Ahmad Cucus, Freddy Nur Afandi, dan Muhammad Bintang Syahputra. 2019. “Model Smart Room dengan menggunakan Mikrokontroler Arduino untuk Efisiensi Sumber Daya.” *Explore:jurnal sistem Informasi dan Telematika* 10(1).
- Faizin, Ahmad Amirul. 2020. *Skripsi* “Rancang Bangun Deteksi Kadar Alkohol

pada Urin menggunakan Sensor MQ-3 Berbasis Mikrokontroler Arduino Uno"

Fathulrohman, Yusuf Nur Insan, dan M.kom Asep Saepuloh, St. 2018. "Alat Monitoring Suhu dan Kelembaban menggunakan Arduino Uno." *Jurnal Manajemen dan Teknik Informatika* 02(01): 161–71.

Fitria. 2013. "Sistem Pendeteksi dan Pengaman Kebocoran Tabung Gas Lpg Berbasis Internet of Things." *Journal of Chemical Information and Modeling* 53(9): 1689–99.

Gandjar, I Gholib., dan Abdul Rohman. 2007. Book *Kimia Farmasi Analisis*. Yogyakarta: Pustaka Pelajar.

Harmita. 2004. "Petunjuk Pelaksanaan Validasi Metode dan Cara Perhitungannya." *Majalah Ilmu Kefarmasian* 10(1): 19–23.

Helmi Guntoro, Yoyo Somantri, Erik Haritman. 2013. "Rancang Bangun Magnetic Door Lock menggunakan Keypad dan Solenoid Berbasis Mikrokontroler Arduino Uno." 12(1): 39–48.

Hindayani, Ayu et al. 2022. "Akurasi dan Presisi Metode Konduktivitas menggunakan Sel Pemantauan Kualitas Air Minum Sekunder Pengukuran Jones Tipe E." 05(01): 41–51.

Ichwan, Muhammad, Milda Gustiana Husada, dan M. Iqbal Ar Rasyid. 2013. "Pembangunan Prototipe Sistem Pengendalian Peralatan Listrik pada Platform Android." *Jurnal Informatika* 4(1): 13–25.

Ihsan, Bachtiar Rifai Pratita, Putri Aulia Rahmani, dan Alvan Febrian Shalas. 2019. "Validasi Metode KLT-Densitometri untuk Analisis Kuersetin dalam Ekstrak dan Produk Jamu yang Mengandung Daun Jambu Biji (*Psidium Duajava* L.). *Pharmaceutical Journal of Indonesia* 2019 5(1): 45–51.

Frawan, Anom. 2019. "Kalibrasi Spektrofotometer sebagai Penjaminan Mutu Hasil Pengukuran dalam Kegiatan Penelitian dan Pengujian." *Indonesian Journal of Laboratory* 1(2): 1.

Irwan, Fadhilah, dan Afdal. 2016. "Analisis Hubungan Konduktivitas Listrik dengan Total Dissolved Solid (TDS) dan Temperatur pada Beberapa Jenis Air." *Jurnal Fisika Unand* 5(1): 85–93.

- Leksono, Jati Widya. 2019. "Buku Panduan Arduino Uno."
- Lubis, Alifia Rahardhini Nourma. 2015. "Uji Aktivitas in Vitro Antiplatelet dan Antikoagulan Fraksi n-Heksana Kulit Batang Belimbing Wuluh (Averrhoa Bilimbi l.)." *Phd Proposal* 1: 1–18.
- M Irsan. 2017. "Rancang Bangun Alat Ukur Konduktivitas Air Berbagai Sumber Berbasis Mikrokontroler Atmega328." *Departemen Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sumatera Utara Medan*: 66.
- Maulidia, Nilnar Rohmati. 2021. "Docking Oligomer Heparin 2s dan 2sns dengan Konformasi Iduronat 2s0 pada Komplek Reseptor fgfr1- fgf2 sebagai Antikanker." *Skripsi*: 10–27.
- Mikuš, Peter, Iva Valášková, dan Emil Havránek. 2004. "Analytical Characterization of Heparin by Capillary Zone Electrophoresis with Conductivity Detection and Polymeric Buffer Additives." *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis* 36(3): 441–46.
- Mulyadi,*, b., dan J. Soemarsono. 2018. "Trombositopenia pada Pengobatan dengan Heparin." *Indonesian Journal of Clinical Pathology and Medical Laboratory* 13(3): 114.
- Nahain, Abdullah Al et al. 2018. "Heparin Mimetics with Anticoagulant Activity." *Medicinal Research Reviews* 38(5): 1582–1613.
- Natasya, Rahma. 2020. "Penentuan Kadar Logam Berat Timbal (pb) pada Kerang Darah (Anadara Granosa) dengan Metode Microwave Digestion Menggunakan Spektroskopi Serapan Atom (AAS)." *Engineering, Construction and Architectural Management* 25(1): 1–9.
- Nurul Samania. 2020. "Rancang Bangun Aplikasi E-Voting Pemilihan Ketua Umum Himpunan Mahasiswa Informatika (HMTI) Universitas Cokroaminoto Palopo berbasis Website." *Applied Microbiology and Biotechnology* 2507(1): 1–9.
- Nuryanti, Siti, Sabirin Matsjeh, Chairil Anwar, dan Tri Joko Raharjo. 2010. "Indikator Titrasi Asam-Basa dari Ekstrak Bunga Sepatu (Hibiscus Rosa Sinensis L)." *Agritech* 30(3): 178–83.
- Pinem, Rendi Mahardika. 2018. *Skripsi*. "Pengaruh Penambahan Garam Kalium Halida (Kcl dan Kbr) Terhadap Karakteristik Nanosilikon dari Pasir Alam

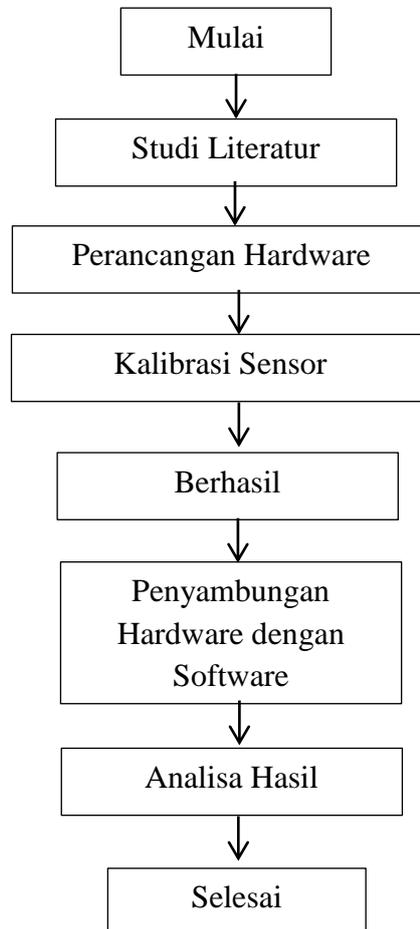
secara Magnesiotermik.

- Primaswara, a. S., n. Neran, dan s. Siswoyo. 2016. "Utilization of Microcontroler for Developing Conductivity Measuring Instrument for Water Quality Analysis." (1): 24–27.
- Purba, Hot Bonardo. 2018. *Skripsi*. "Kinerja Grafit/Grafena, Magnesium (mg)/Grafit, dan (mg)/Grafena sebagai Elektroda pada Anoda Baterai Primer" Departemen Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sumatera Utara Medan
- Puspita, Sinta. 2011. "Pembakuan Hcl." *Laporan Praktikum Analitik*.
- Rahmah, Amalia. 2019. "Rancang Bangun Alat Pembuatan Aquademin Metode Tanpa Pemanasan (Tinjauan Kinerja pada Ion Exchanger)." : 6–20.
- Ratnasari, Odilia Clara Nina. 2020. "Jurusan Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam".
- Ratnasari, Sinta, Sede Suhendar, dan Vina Amalia. 2016. "Studi Potensi Ekstrak Daun Adam Hawa (Rhoeo Discolor) sebagai Indikator Titrasi Asam-Basa." *Chimica Et Natura Acta* 4(1): 39.
- Rita Amalya, Riad Syech, Sugianto. 2016. "Pengaruh Sifat Fisika Terhadap Kemurnian Madu yang Beredar di Kota Pekanbaru." : 1–6.
- Safitri, Fifit, dan Idawati Supu. 2020. "Uji Konduktivitas Film Elektrolit Polimer Kitosan Cangkang Kepiting dengan Penambahan Kcl." *Jambura Physics Journal* 1(2): 99–109.
- Samsir, Jimmi Hendrik p. Sitorus, dan Reagan Subakti Saragih. 2020. "Perancangan Pengontrol Lampu Rumah Miniatur dengan Menggunakan Micro Controler Arduino berbasis Android." *Jurnal Bisantara Informatika* 4(1): 1–11.
- Setiawan, Cruisietta Kaylana, dan Sri Yanthy Yosepha. 2020. "Pengaruh Green Marketing dan Brand Image Terhadap Keputusan Pembelian Produk the Body Shop Indonesia (Studi Kasus pada Followers Account Twitter @thebodyshopindo)." *Jurnal Ilmiah M-Progress* 10(1): 1–9.
- Sharif-Askari, Fatemeh Saheb, Syed Azhar Syed Sulaiman, Narjes Saheb Sharif-Askari, dan Ali Al Sayed Hussain. 2014. "Development of An Adverse

- Drug Reaction Risk Assessment Score Among Hospitalized Patients with Chronic Kidney Disease.” *Plos one* 9(4): 1–8.
- Sugito, Heri, dan Mujasam. 2009. “Konduktivitas Listrik Pulp Kakao Dengan Fermentasi dan Pengenceran.” *Berkala fisika* 12(3): 93–98.
- Sumariyah, Tony Yulianto dan Jumadi Priyono. 2006. “Rancang Bangun Sistem Pengukur Konduktivitas Larutan.” 9(3).
- Sumarno, d & d. I. Kusumaningtyas. 2018. “Penentuan Limit Deteksi dan Limit Kuantitasi untuk Analisis Logam Timbal (pb) Dalam Air Tawar Menggunakan Alat Spektrofotometer Serapan Atom Dedi.” 16(1): 1–5.
- Tarigan, d Yolanda, b Nurhayati, a Durachim, dan n Marlina. 2020. “Pengaruh Lama Penyimpanan dan Konsentrasi Natrium Sitrat dalam Larutan Preservatif pada Packed Red Cell Terhadap Fragilitas Osmotik.” *Politeknik Kesehatan Kemenkes Bandung*.
- Tjuitno, Aurellia Valmai, Rafi Rajfan Hanif, Unieka Miro, dan ir Agus Surono. 2020. “Konduktometri.” (2): 1–15.
- Utomo, Setyo Budi. 2017. “Rancang Bangun Generic Programmable Penghubung Pengguna dengan i/o dari Arduino.” : 159.
- Widana,Wayan, dan Putu Lia Muliani. 2020. Analisis Standar Pelayanan Minimal pada Instalasi Rawat Jalan di Rsud Kota Semarang *Uji Persyaratan Analisis*.
- Yokogawa. 2020. “Flexa Series Conductivity Analyzer Guide.”
- Yuliara, I Made. 2016. “Modul Regresi Linier Sederhana.” *Universitas Udayana*: 1-10.
- Zainul, Rahadian. 2018. “Silver Sulfate (Ag_2SO_4): Molecular Analysis and Ion Transport.” (23): 48–55.
- Zamora, Ronaldi, Harmadi Harmadi, dan Wildian. 2016. “Perancangan Alat Ukur TDS (Total Dissolved Solid) Air dengan Sensor Konduktivitas Secara Real Time.” *Sainstek :Jurnal Sains dan Teknologi* 7(1): 11.
- Zulfikridin, Dicky. 2019. “Rancang Bangun Conductivity Meter Menggunakan Probe Pipa Kapiler untuk Memantau Kualitas Susu Prosiding.” : 199–210.

LAMPIRAN

Lampiran 1. Rancangan Penelitian



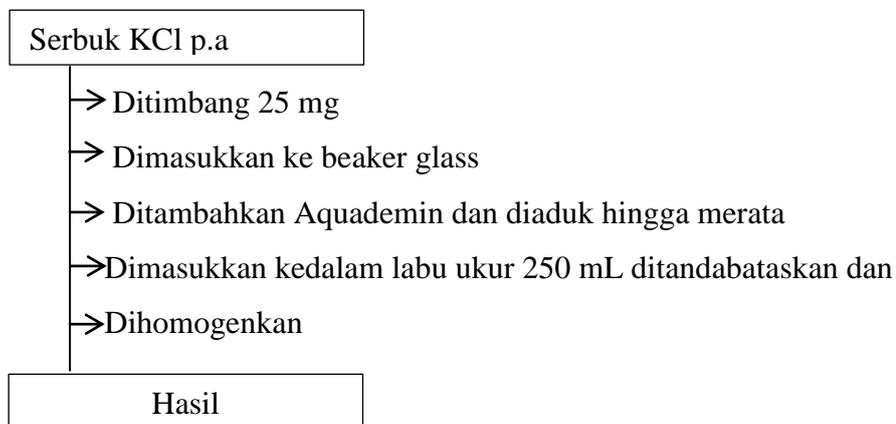
Penelitian ini dilakukan secara kuantitatif, tahap pertama dilakukan yakni perancangan *hardware* dengan menyambungkan Mikrokontroler arduino dengan sensor TDS dan juga probe. Selanjutnya KIT yang telah jadi disambungkan ke *Personal computer* untuk tahap perancangan *software* dengan menggunakan bahasa arduino IDE. KIT yang sudah jadi dan telah diprogram selanjutnya dikalibrasi dengan menggunakan larutan standar KCl 1.413 ms/cm & 12.88 ms/cm yang ada dipasaran, dicari hubungan antara tegangan keluaran dengan konduktivitas yang telah diketahui untuk mendapatkan script *EC* (electrical

conductivity) pada arduino IDE. tahap selanjutnya yakni uji linearitas alat dengan cara mengencerkan 100 ppm larutan induk KCl menjadi larutan standar dengan variasi konsentrasi. Dicari hubungan konduktivitas dengan konsentrasi yang ditentukan. Tahap selanjutnya yakni perhitungan nilai LOD & LOQ dengan mencari hubungan nilai konduktivitas dengan konsentrasi yang ditentukan.

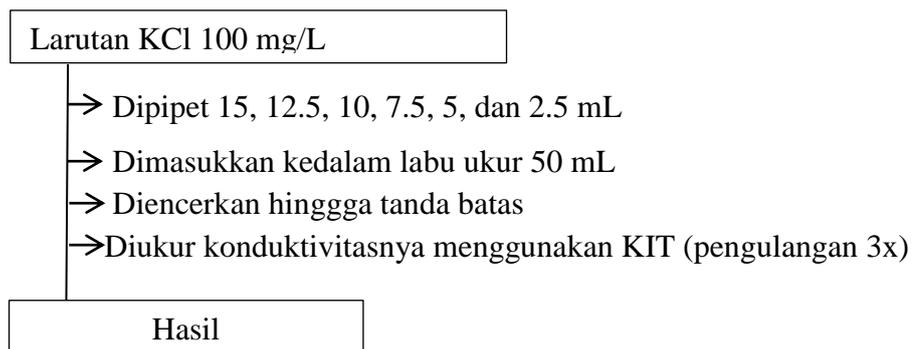
Tahap selanjutnya yakni analisis nilai konduktivitas heparin variasi konsentrasi dengan cara mengukur sampel heparin variasi konsentrasi yang sudah diencerkan dengan KIT. Selanjutnya yakni penentuan kadar natrium dalam sampel heparin variasi konsentrasi dengan HCl sebagai titran dan sampel heparin sebagai titrat. Sebelum titrasi HCl perlu dibakukan terlebih dahulu menggunakan natrium karbonat dan indikator *methyl orange*.

Lampiran 2. Diagram Alir

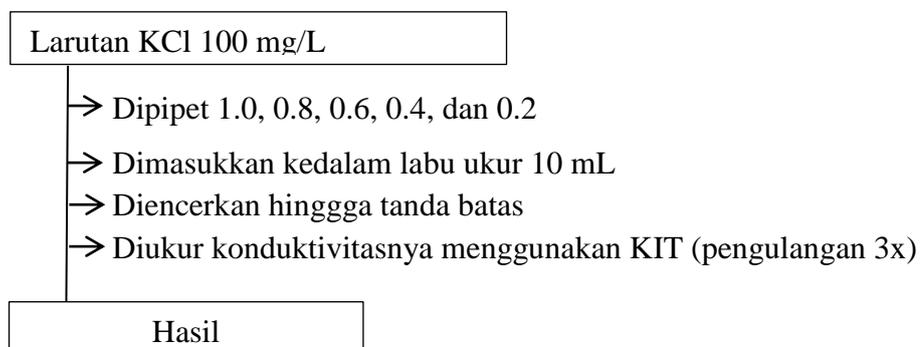
1. Pembuatan larutan Induk KCl 100 mg/L



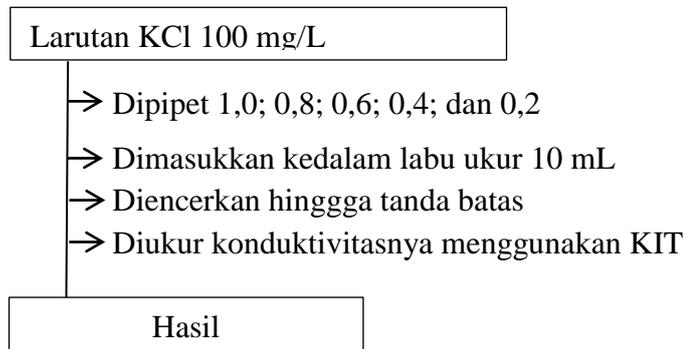
2. Pembuatan larutan standar KCl untuk Uji Linearitas Alat



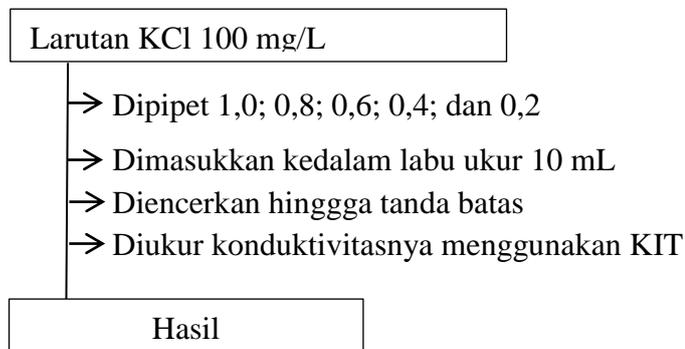
3. Pembuatan larutan standar KCl untuk Uji Linearitas Alat



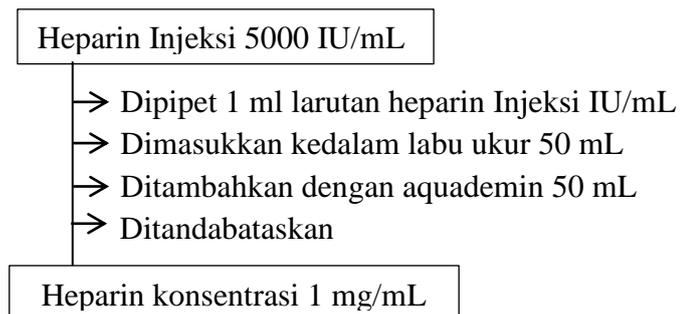
4. Pembuatan larutan standar KCl p.a untuk deteksi LOD & LOQ



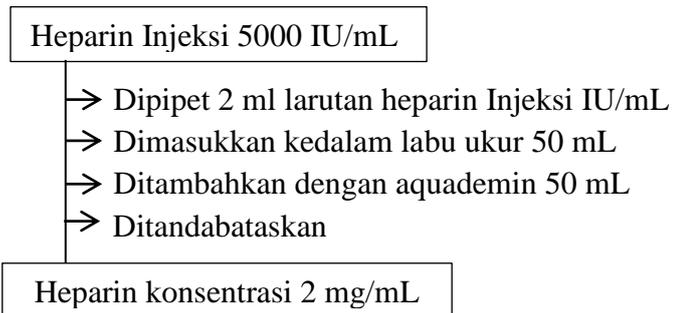
5. Pembuatan larutan standar KCl p.a untuk kurva standar



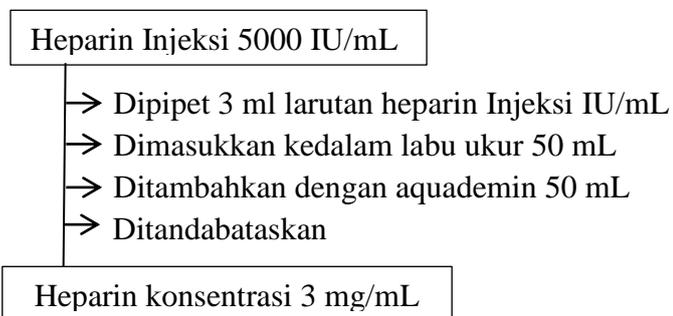
6. Pembuatan Larutan Heparin Konsentrasi 1 mg/mL



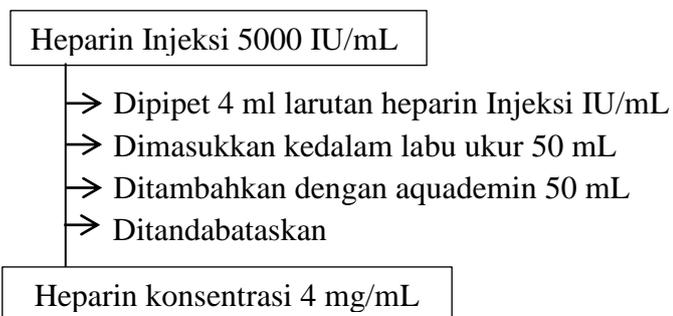
7. Pembuatan Larutan Heparin Konsentrasi 2 mg/mL



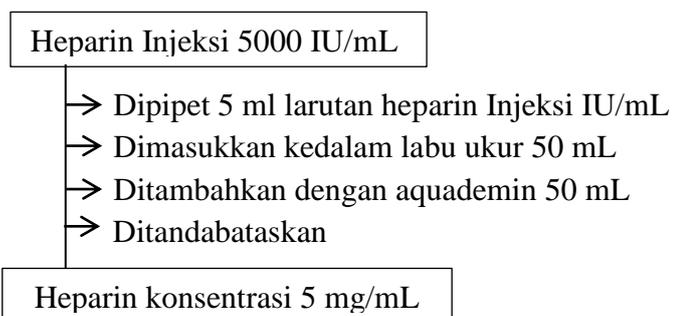
8. Pembuatan Larutan Heparin Konsentrasi 3 mg/mL



9. Pembuatan Larutan Heparin Konsentrasi 4 mg/mL

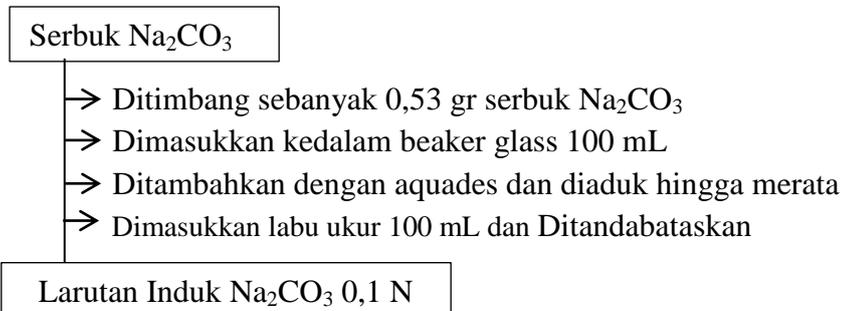


10. Pembuatan Larutan Heparin Konsentrasi 5 mg/mL

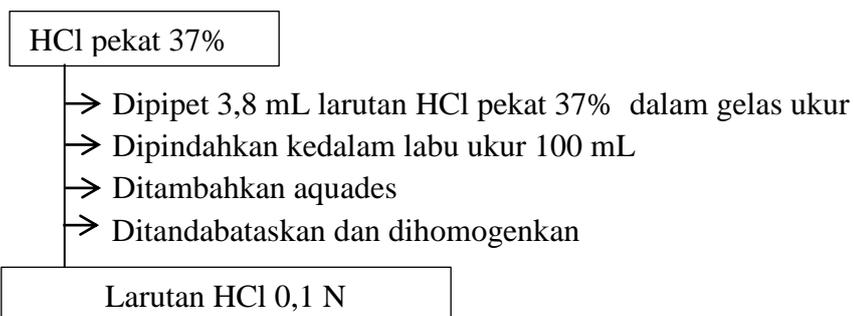


11. Titrasi Asam Basa Natrium Heparin

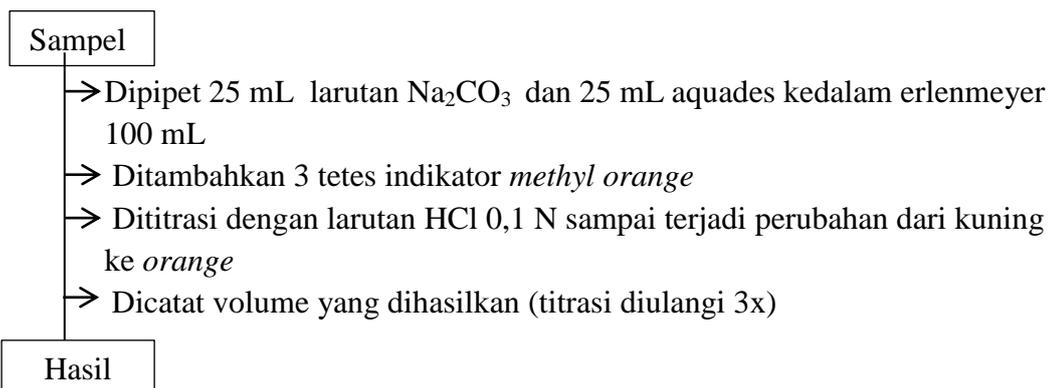
- Pembakuan HCl
- Pembuatan Larutan induk Na_2CO_3 0,1 N



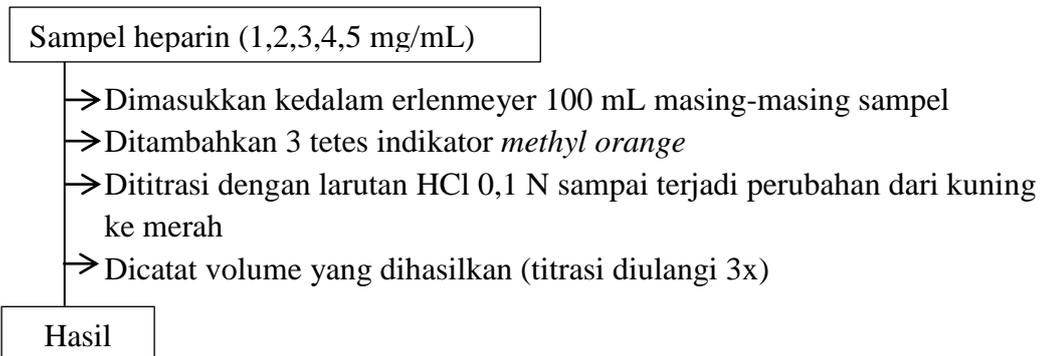
- Pembuatan Larutan HCl 0,1 N



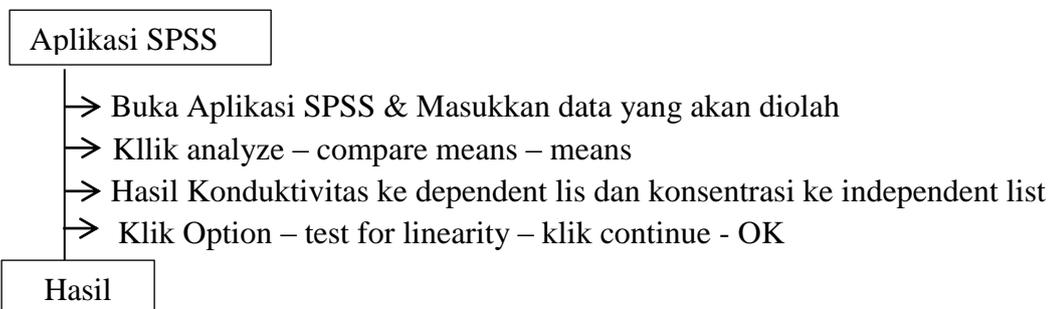
- Pembakuan HCl



- Penentuan kadar Natrium pada Heparin



- Menghitung Nilai ANOVA dengan aplikasi SPSS 16.0



Lampiran 3. Perhitungan

1. Pembuatan larutan induk KCl 100 mg/L

Mencari berapa gram yang diperlukan untuk membuat larutan induk KCl 100 mg/L

Konsentrasi 1 ppm = 1 mg/L

$$100 \text{ ppm} = \frac{\text{Berat (mg)}}{250 \text{ mL}}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat KCl} &= 250 \text{ mL} \times 100 \text{ mg/L} \\ &= 250 \text{ mL} \times 100/1000 \\ &= 250 \text{ mL} \times 0,1 \text{ mg/mL} \\ &= 25 \text{ mg} \end{aligned}$$

- Pembuatan larutan standar KCl 30 mg/L untuk Uji Linearitas Alat

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

$$100 \text{ mg/L} \times V_1 = 30 \text{ mg/L} \times 50 \text{ mL}$$

$$V_1 = \frac{30 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \times 50 \text{ mL}}{100 \frac{\text{mg}}{\text{L}}}$$

$$V_1 = 15 \text{ mL}$$

Sehingga, larutan standar 30 mg/L dibuat dengan cara dipipet 15 mL larutan induk 100 mg/L kedalam labu ukur 50 mL, kemudian ditandabatkan dengan Aquades sampai tanda batas

- Pembuatan larutan standar KCl 25 mg/L untuk Uji Linearitas Alat

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

$$100 \text{ mg/L} \times V_1 = 25 \text{ mg/L} \times 50 \text{ mL}$$

$$V_1 = \frac{25 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \times 50 \text{ mL}}{100 \frac{\text{mg}}{\text{L}}}$$

$$V_1 = 12,5 \text{ mL}$$

Sehingga, larutan standar 25 mg/L dibuat dengan cara dipipet 12,5 mL larutan induk 100 mg/L kedalam labu ukur 50 mL, kemudian ditandabatkan dengan Aquades sampai tanda batas

- Pembuatan larutan standar KCl 20 mg/L untuk Uji Linearitas Alat

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

$$100 \text{ mg/L} \times V_1 = 20 \text{ mg/L} \times 50 \text{ mL}$$

$$V_1 = \frac{20 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \times 50 \text{ mL}}{100 \frac{\text{mg}}{\text{L}}}$$

$$V_1 = 10 \text{ mL}$$

Sehingga, larutan standar 20 mg/L dibuat dengan cara dipipet 10 mL larutan induk 100 mg/L kedalam labu ukur 50 mL, kemudian ditandabatkan dengan Aquades sampai tanda batas

- Pembuatan larutan standar KCl 15 mg/L untuk Uji Linearitas Alat

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

$$100 \text{ mg/L} \times V_1 = 15 \text{ mg/L} \times 50 \text{ mL}$$

$$V_1 = \frac{15 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \times 50 \text{ mL}}{100 \frac{\text{mg}}{\text{L}}}$$

$$V_1 = 7,5 \text{ mL}$$

Sehingga, larutan standar 15 mg/L dibuat dengan cara dipipet 7,5 mL larutan induk 100 mg/L kedalam labu ukur 50 mL, kemudian ditandabatkan dengan Aquades sampai tanda batas

- Pembuatan larutan standar KCl 10 mg/L untuk Uji Linearitas Alat

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

$$100 \text{ mg/L} \times V_1 = 10 \text{ mg/L} \times 50 \text{ mL}$$

$$V_1 = \frac{10 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \times 50 \text{ mL}}{100 \frac{\text{mg}}{\text{L}}}$$

$$V_1 = 5 \text{ mL}$$

Sehingga, larutan standar 10 mg/L dibuat dengan cara dipipet 5 mL larutan induk 100 mg/L kedalam labu ukur 50 mL, kemudian ditandabatkan dengan Aquades sampai tanda batas

- Pembuatan larutan standar KCl 5 mg/L untuk Uji Linearitas Alat

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

$$100 \text{ mg/L} \times V_1 = 5 \text{ mg/L} \times 50 \text{ mL}$$

$$V_1 = \frac{5 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \times 50 \text{ mL}}{100 \frac{\text{mg}}{\text{L}}}$$

$$V_1 = 2,5 \text{ mL}$$

Sehingga, larutan standar 5 mg/L dibuat dengan cara dipipet 2,5 mL larutan induk 100 mg/L kedalam labu ukur 50 mL, kemudian ditandabatkan dengan Aquades sampai tanda batas

- Pembuatan larutan standar KCl 1,0 mg/L untuk Uji Linearitas Alat

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

$$10 \text{ mg/L} \times V_1 = 1,0 \text{ mg/L} \times 10 \text{ mL}$$

$$V_1 = \frac{1,0 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \times 10 \text{ mL}}{10 \frac{\text{mg}}{\text{L}}}$$

$$V_1 = 1 \text{ mL}$$

Sehingga, larutan standar 1,0 mg/L dibuat dengan cara dipipet 1 mL larutan induk 100 mg/L kedalam labu ukur 10 mL, kemudian ditandabatkan dengan Aquades sampai tanda batas

- Pembuatan larutan standar KCl 0,8 mg/L untuk Uji Linearitas Alat

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

$$10 \text{ mg/L} \times V_1 = 0,8 \text{ mg/L} \times 10 \text{ mL}$$

$$V_1 = \frac{0,8 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \times 10 \text{ mL}}{10 \frac{\text{mg}}{\text{L}}}$$

$$V_1 = 0,8 \text{ mL}$$

Sehingga, larutan standar 0,8 mg/L dibuat dengan cara dipipet 0,8 mL larutan induk 100 mg/L kedalam labu ukur 10 mL, kemudian ditandabatkan dengan Aquades sampai tanda batas

- Pembuatan larutan standar KCl 0,6 mg/L untuk Uji Linearitas Alat

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

$$10 \text{ mg/L} \times V_1 = 0,6 \text{ mg/L} \times 10 \text{ mL}$$

$$V_1 = \frac{0,6 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \times 10 \text{ mL}}{10 \frac{\text{mg}}{\text{L}}}$$

$$V_1 = 0,6 \text{ mL}$$

Sehingga, larutan standar 0,6 mg/L dibuat dengan cara dipipet 0,6 mL larutan induk 100 mg/L kedalam labu ukur 10 mL, kemudian ditandabatkan dengan Aquades sampai tanda batas

- Pembuatan larutan standar KCl 0,4 mg/L untuk Uji Linearitas Alat

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

$$10 \text{ mg/L} \times V_1 = 0,4 \text{ mg/L} \times 10 \text{ mL}$$

$$V_1 = \frac{0,4 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \times 10 \text{ mL}}{10 \frac{\text{mg}}{\text{L}}}$$

$$V_1 = 0,4 \text{ mL}$$

Sehingga, larutan standar 0,4 mg/L dibuat dengan cara dipipet 0,4 mL larutan induk 100 mg/L kedalam labu ukur 10 mL, kemudian ditandabatkan dengan Aquades sampai tanda batas

- Pembuatan larutan standar KCl 0,2 mg/L untuk Uji Linearitas Alat

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

$$10 \text{ mg/L} \times V_1 = 0,2 \text{ mg/L} \times 10 \text{ mL}$$

$$V_1 = \frac{0,2 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \times 10 \text{ mL}}{10 \frac{\text{mg}}{\text{L}}}$$

$$V_1 = 0,2 \text{ mL}$$

Sehingga, larutan standar 0,2 mg/L dibuat dengan cara dipipet 0,2 mL larutan induk 100 mg/L kedalam labu ukur 10 mL, kemudian ditandabatkan dengan Aquades sampai tanda batas

2. Uji Linearitas

- Tabel data Uji Linearitas

Konsentrasi ppm (x)	Konduktivitas mS/cm (y)	x'	y'	y* x
0	0,01	0	0,0001	0
0,2	0,04	0,04	0,0016	0,008
0,4	0,07	0,16	0,0049	0,028
0,6	0,09	0,36	0,01	0,054
0,8	0,11	0,64	0,0121	0,088
1	0,14	1	0,0196	0,14
5	0,29	25	0,0841	1,45
10	0,42	100	0,1764	4,2
15	0,58	225	0,3364	8,7
20	0,74	400	0,5476	14,8
25	0,85	625	0,7225	21,25
30	0,97	900	0,9409	29,1
108	4,31	2277,2	2,8543	79,818

- Perhitungan manual *Slope* b

$$\begin{aligned}
 \text{Slope } b &= \frac{n(\sum y' x') - (\sum x)(\sum y)}{n(\sum x') - (\sum x)^2} \\
 &= \frac{12(79,818) - (108)(4,31)}{12(2277,2) - (108)^2} \\
 &= \frac{492,336}{15662,4} \\
 &= 0,0314342629 \approx 0,0314
 \end{aligned}$$

- Perhitungan manual *Intersep* a

$$\begin{aligned}
 \text{Intersep } a &= \hat{y} - b \hat{x} \\
 &= 0,359167 - 0,0314(9) \\
 &= 0,0763
 \end{aligned}$$

- Perhitungan manual Koefisien Korelasi (r)

$$\begin{aligned} \text{Koefisien Korelasi (r)} &= \frac{n \sum_{i=1}^n (y'x') - (\sum_{i=1}^n x) (\sum_{i=1}^n y)}{\sqrt{[n \sum_{i=1}^n x'^2 - (\sum_{i=1}^n x)^2] [n \sum_{i=1}^n y'^2 - (\sum_{i=1}^n y)^2]}} \\ &= \frac{12 (79,818) - (108)(4,31)}{\sqrt{[12(2277,2) - (108)^2][12(2,8545) - (4,31)^2]}} \\ &= 0,9873 \end{aligned}$$

- Perhitungan manual % RSD

$$\begin{aligned} \text{Proses Relatif standar deviasi SD} &= \sqrt{\frac{\sum (\hat{y} - y')^2}{n-1}} \\ &= \sqrt{\frac{0,27277934}{12-1}} \\ &= \sqrt{0,0247981218} \\ &= 0,157474194 \approx 0,1575 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \%RSD &= \frac{SD}{\bar{x}} \times 100\% \\ &= \frac{0,1575}{9} \times 100\% \\ &= 1,75 \% \end{aligned}$$

2. Uji LOD & LOQ

- Tabel data Uji lod & loq

Konsentrasi		Konduktivitas		
(x)	(y)	y'	y-y'	(y-y') ²
0	0,01	0,0138	-0,0038	0,00001444
0,2	0,04	0,03894	0,00106	1,1236E-06
0,4	0,07	0,06408	0,00592	3,50464E-05
0,6	0,09	0,08922	0,00078	6,084E-07
0,8	0,11	0,11436	-0,00436	1,90096E-05
1	0,14	0,1395	0,0005	0,00000025

- Pembuatan Tabel data Uji LOD & LOQ

Persamaan Kurva LOD & LOQ $y = 0,1257x + 0,0138$

$$\begin{aligned} \text{Larutan Blanko } 0 \text{ y}' &= 0,1257 (0) + 0,0138 \\ &= 0,0138 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} y-y' &= 0,01 - 0,0138 \\ &= - 0,00138 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} [y-y']^2 &= (- 0,00138)^2 \\ &= 0,00001444 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Larutan } 0,2 \text{ ppm} &= 0,1257 (0,2) + 0,0138 \\ &= 0,03894 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} y-y' &= 0,04 - 0,03894 \\ &= 0,00106 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} [y-y']^2 &= (0,00106)^2 \\ &= 0,0000011236 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Larutan } 0,4 \text{ ppm} &= 0,1257 (0,4) + 0,0138 \\ &= 0,06408 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} y-y' &= 0,07 - 0,06408 \\ &= 0,00592 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} [y-y']^2 &= (0,0052)^2 \\ &= 0,0000350464 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Larutan } 0,6 \text{ ppm} &= 0,1257 (0,6) + 0,0138 \\ &= 0,08922 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} y-y' &= 0,09 - 0,08922 \\ &= 0,00078 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} [y-y']^2 &= (0,00078)^2 \\ &= 0,0000006084 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Larutan 0,8 ppm} &= 0,1257 (0,8) + 0,0138 \\
 &= 0,11436 \\
 y-y' &= 0,11 - 0,11436 \\
 &= -0,00436 \\
 [y-y']^2 &= (-0,00436)^2 \\
 &= 0,0000190096
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Larutan 1 ppm} &= 0,1257 (1) + 0,0138 \\
 &= 0,1395 \\
 y-y' &= 0,14 - 0,1395 \\
 &= 0,0005 \\
 [y-y']^2 &= (0,0005)^2 \\
 &= 0,00000025
 \end{aligned}$$

- Perhitungan Nilai LOD & LOQ

$$\begin{aligned}
 SD &= \sqrt{\frac{\sum(\hat{y}-y')^2}{n-1}} \\
 &= \sqrt{\frac{0,000070478}{6-1}} \\
 &= \sqrt{0,0000140956} \\
 &= 0,00375
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{LOD} &= \frac{3 \times SD}{\text{Slope } b} \\
 &= \frac{3 \times 0,00375}{0,1257} \\
 &= 0,0898
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{LOQ} &= \frac{10 \times SD}{\text{Slope } b} \\ &= \frac{10 \times 0,00375}{0,1257} \\ &= 0,298 \end{aligned}$$

3. Pengenceran Larutan heparin injeksi

Sampel heparin injeksi 5000 IU/mL (100 IU = 1 mg)

5000 IU = 50 mg/mL = 50.000 mg/L = 50.000 ppm

- Pengenceran larutan Heparin dari 50.000 ppm menjadi 1000 ppm

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

$$50.000 \text{ mg/L} \times V_1 = 100 \text{ mL} \times 1000 \text{ mg/L}$$

$$\begin{aligned} V_1 &= \frac{100 \text{ mL} \times 1000 \text{ mg/L}}{50.000 \text{ mg/L}} \\ &= \frac{100.000 \text{ mL}}{50.000} \end{aligned}$$

$$= 2 \text{ mL}$$

- Pengenceran larutan Heparin menjadi 1000 ppm menjadi 100 ppm

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

$$1000 \text{ mg/L} \times V_1 = 100 \text{ mL} \times 100 \text{ mg/L}$$

$$\begin{aligned} V_1 &= \frac{100 \text{ mL} \times 100 \text{ mg/L}}{1000 \text{ mg/L}} \\ &= \frac{10000 \text{ mL}}{1000} \end{aligned}$$

$$= 10 \text{ mL}$$

- Pembuatan larutan sampel konsentrasi Heparin 1 ppm

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

$$100 \text{ mg/L} \times V_1 = 100 \text{ mL} \times 1 \text{ mg/L}$$

$$V_1 = \frac{100 \text{ mL} \times 1 \text{ mg/L}}{100 \text{ mg/L}}$$

$$= 1 \text{ mL}$$

- Pembuatan larutan sampel konsentrasi Heparin 2 ppm

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

$$100 \text{ mg/L} \times V_1 = 100 \text{ mL} \times 2 \text{ mg/L}$$

$$V_1 = \frac{100 \text{ mL} \times 2 \text{ mg/L}}{100 \text{ mg/L}}$$

$$= 2 \text{ mL}$$

- Pembuatan larutan sampel konsentrasi Heparin 3 ppm

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

$$100 \text{ mg/L} \times V_1 = 100 \text{ mL} \times 3 \text{ mg/L}$$

$$V_1 = \frac{100 \text{ mL} \times 3 \text{ mg/L}}{100 \text{ mg/L}}$$

$$= 3 \text{ mL}$$

- Pembuatan larutan sampel konsentrasi Heparin 4 ppm

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

$$100 \text{ mg/L} \times V_1 = 100 \text{ mL} \times 4 \text{ mg/L}$$

$$V_1 = \frac{100 \text{ mL} \times 4 \text{ mg/L}}{100 \text{ mg/L}}$$

$$= 4 \text{ mL}$$

- Pembuatan larutan sampel konsentrasi Heparin 5 ppm

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

$$100 \text{ mg/L} \times V_1 = 100 \text{ mL} \times 5 \text{ mg/L}$$

$$V_1 = \frac{100 \text{ mL} \times 5 \text{ mg/L}}{100 \text{ mg/L}}$$

$$= 5 \text{ mL}$$

4. Perhitungan Titrasi Asam basa Natrium Heparin

- Pembakuan HCl

- Pembuatan Larutan Induk Na_2CO_3 0,1 N

$$N = m \times a$$

$$N = \frac{gr}{Bm \times v} \times a$$

$$0,1 N = \frac{gr \times 2}{105,99 \frac{gr}{mol} \times \frac{100}{1000}}$$

$$0,1 N = \frac{gr \times 2}{105,99 \frac{gr}{mol} \times 0,1}$$

$$gr = \frac{0,1 N \times 105,99 \frac{gr}{mol} \times 0,1}{2}$$

$$= 0,53 \text{ gr}$$

o Normalitas HCl

Titration 1

$$V \text{ HCl} \times N_1 = V \text{ Na}_2\text{CO}_3 \times N_2$$

$$17,7 \text{ mL} \times N_1 = 25 \text{ mL} \times 0,1 N$$

$$N_1 = 0,141$$

Titration 2

$$V \text{ HCl} \times N_1 = V \text{ Na}_2\text{CO}_3 \times N_2$$

$$17,8 \text{ mL} \times N_1 = 25 \text{ mL} \times 0,1 N$$

$$N_1 = 0,140$$

Titration 3

$$V \text{ HCl} \times N_1 = V \text{ Na}_2\text{CO}_3 \times N_2$$

$$17,7 \text{ mL} \times N_1 = 25 \text{ mL} \times 0,1 N$$

$$N_1 = 0,141$$

$$\text{Rata-rata Normalitas HCl} = 0,141 + 0,140 + 0,141 / 3 = 0,14067 \approx 0,1 N$$

- Pengenceran HCl pekat 37% menjadi HCl encer 0,1 N

$$\text{HCl pekat } 37\% = 12 N$$

$$V_1 \times N_1 = V_2 \times N_2$$

$$V_1 \times 12 N = 100 \text{ mL} \times 0,1 N$$

$$V_1 = \frac{100 \text{ mL} \times 0,1 N}{12 N}$$

$$V_1 = 0,83 \text{ mL}$$

- Tabel Hasil Titration Asam-Basa

Heparin 1 ppm			
Percobaan	Volume Heparin	Volume HCl yang dibutuhkan	Rata-rata
ke-1	25 mL	0,5 mL	0,43 mL
ke-2	25 mL	0,4 mL	
ke-3	25 mL	0,4 mL	
Heparin 2 ppm			
ke-1	25 mL	0,5 mL	0,5 mL
ke-2	25 mL	0,5 mL	
ke-3	25 mL	0,5 mL	
Heparin 3 ppm			
ke-1	25 mL	0,6 mL	0,67 mL
ke-2	25 mL	0,7 mL	
ke-3	25 mL	0,6 mL	
Heparin 4 ppm			
ke-1	25 mL	0,8 mL	0,8 mL
ke-2	25 mL	0,8 mL	
ke-3	25 mL	0,8 mL	
Heparin 5 ppm			
ke-1	25 mL	1 mL	0,97 mL
ke-2	25 mL	0,9 mL	
ke-3	25 mL	1 mL	

- Konversi hasil titrasi ke mol
 - Konversi HCl 0,1 N Jadi 0,1 M
- N = M x Valensi

$$0,1 \text{ N} = M \times 1$$

$$M = 0,1 \text{ N}/1$$

$$= 0,1 \text{ M}$$

o Perhitungan Rata-rata Hasil titrasi ke mol

a. Heparin 1 ppm

$$n = M \times V$$

$$= 0,1 \text{ M} \times 0,43 \text{ mol}$$

$$= 0,043 \text{ mmol}$$

$$= 4,3 \times 10^{-5} \text{ mol}$$

b. Heparin 2 ppm

$$n = M \times V$$

$$= 0,1 \text{ M} \times 0,5 \text{ mol}$$

$$= 0,05 \text{ mmol}$$

$$= 5 \times 10^{-5} \text{ mol}$$

c. Heparin 3 ppm

$$n = M \times V$$

$$= 0,1 \text{ M} \times 0,67 \text{ mol}$$

$$= 0,067 \text{ mmol}$$

$$= 6,7 \times 10^{-5} \text{ mol}$$

d. Heparin 4 ppm

$$n = M \times V$$

$$= 0,1 \text{ M} \times 0,8 \text{ mol}$$

$$= 0,08 \text{ mmol}$$

$$= 8 \times 10^{-5} \text{ mol}$$

e. Heparin 5 ppm

$$n = M \times V$$

$$= 0,1 \text{ M} \times 0,97 \text{ mol}$$

$$= 0,097 \text{ mmol}$$

$$= 9,7 \times 10^{-5} \text{ mol}$$

- F TABEL 0,05

Titik Persentase Distribusi F untuk Probabilita = 0,05															
df untuk penyebut (N2)	df untuk pembilang (N1)														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	161	199	216	225	230	234	237	239	241	242	243	244	245	245	246
2	18.51	19.00	19.16	19.25	19.30	19.33	19.35	19.37	19.38	19.40	19.40	19.41	19.42	19.42	19.43
3	10.13	9.55	9.28	9.12	9.01	8.94	8.89	8.85	8.81	8.79	8.76	8.74	8.73	8.71	8.70
4	7.71	6.94	6.59	6.39	6.26	6.16	6.09	6.04	6.00	5.96	5.94	5.91	5.89	5.87	5.86
5	6.61	5.79	5.41	5.19	5.05	4.95	4.88	4.82	4.77	4.74	4.70	4.68	4.66	4.64	4.62
6	5.99	5.14	4.76	4.53	4.39	4.28	4.21	4.15	4.10	4.06	4.03	4.00	3.98	3.96	3.94
7	5.59	4.74	4.35	4.12	3.97	3.87	3.79	3.73	3.68	3.64	3.60	3.57	3.55	3.53	3.51
8	5.32	4.46	4.07	3.84	3.69	3.58	3.50	3.44	3.39	3.35	3.31	3.28	3.26	3.24	3.22
9	5.12	4.26	3.86	3.63	3.48	3.37	3.29	3.23	3.18	3.14	3.10	3.07	3.05	3.03	3.01
10	4.96	4.10	3.71	3.48	3.33	3.22	3.14	3.07	3.02	2.98	2.94	2.91	2.89	2.86	2.85
11	4.84	3.98	3.59	3.36	3.20	3.09	3.01	2.95	2.90	2.85	2.82	2.79	2.76	2.74	2.72
12	4.75	3.89	3.49	3.26	3.11	3.00	2.91	2.85	2.80	2.75	2.72	2.69	2.66	2.64	2.62
13	4.67	3.81	3.41	3.18	3.03	2.92	2.83	2.77	2.71	2.67	2.63	2.60	2.58	2.55	2.53
14	4.60	3.74	3.34	3.11	2.96	2.85	2.76	2.70	2.65	2.60	2.57	2.53	2.51	2.48	2.46
15	4.54	3.68	3.29	3.06	2.90	2.79	2.71	2.64	2.59	2.54	2.51	2.48	2.45	2.42	2.40
16	4.49	3.63	3.24	3.01	2.85	2.74	2.66	2.59	2.54	2.49	2.46	2.42	2.40	2.37	2.35
17	4.45	3.59	3.20	2.96	2.81	2.70	2.61	2.55	2.49	2.45	2.41	2.38	2.35	2.33	2.31
18	4.41	3.55	3.16	2.93	2.77	2.66	2.58	2.51	2.46	2.41	2.37	2.34	2.31	2.29	2.27
19	4.38	3.52	3.13	2.90	2.74	2.63	2.54	2.48	2.42	2.38	2.34	2.31	2.28	2.26	2.23
20	4.35	3.49	3.10	2.87	2.71	2.60	2.51	2.45	2.39	2.35	2.31	2.28	2.25	2.22	2.20
21	4.32	3.47	3.07	2.84	2.68	2.57	2.49	2.42	2.37	2.32	2.28	2.25	2.22	2.20	2.18
22	4.30	3.44	3.05	2.82	2.66	2.55	2.46	2.40	2.34	2.30	2.26	2.23	2.20	2.17	2.15
23	4.28	3.42	3.03	2.80	2.64	2.53	2.44	2.37	2.32	2.27	2.24	2.20	2.18	2.15	2.13
24	4.26	3.40	3.01	2.78	2.62	2.51	2.42	2.36	2.30	2.25	2.22	2.18	2.15	2.13	2.11
25	4.24	3.39	2.99	2.76	2.60	2.49	2.40	2.34	2.28	2.24	2.20	2.16	2.14	2.11	2.09
26	4.23	3.37	2.98	2.74	2.59	2.47	2.39	2.32	2.27	2.22	2.18	2.15	2.12	2.09	2.07
27	4.21	3.35	2.96	2.73	2.57	2.46	2.37	2.31	2.25	2.20	2.17	2.13	2.10	2.08	2.06
28	4.20	3.34	2.95	2.71	2.56	2.45	2.36	2.29	2.24	2.19	2.15	2.12	2.09	2.06	2.04
29	4.18	3.33	2.93	2.70	2.55	2.43	2.35	2.28	2.22	2.18	2.14	2.10	2.08	2.05	2.03
30	4.17	3.32	2.92	2.69	2.53	2.42	2.33	2.27	2.21	2.16	2.13	2.09	2.06	2.04	2.01
31	4.16	3.30	2.91	2.68	2.52	2.41	2.32	2.25	2.20	2.15	2.11	2.08	2.05	2.03	2.00
32	4.15	3.29	2.90	2.67	2.51	2.40	2.31	2.24	2.19	2.14	2.10	2.07	2.04	2.01	1.99
33	4.14	3.28	2.89	2.66	2.50	2.39	2.30	2.23	2.18	2.13	2.09	2.06	2.03	2.00	1.98
34	4.13	3.28	2.88	2.65	2.49	2.38	2.29	2.23	2.17	2.12	2.08	2.05	2.02	1.99	1.97
35	4.12	3.27	2.87	2.64	2.49	2.37	2.29	2.22	2.16	2.11	2.07	2.04	2.01	1.99	1.96
36	4.11	3.26	2.87	2.63	2.48	2.36	2.28	2.21	2.15	2.11	2.07	2.03	2.00	1.98	1.95
37	4.11	3.25	2.86	2.63	2.47	2.36	2.27	2.20	2.14	2.10	2.06	2.02	2.00	1.97	1.95
38	4.10	3.24	2.85	2.62	2.46	2.35	2.26	2.19	2.14	2.09	2.05	2.02	1.99	1.96	1.94
39	4.09	3.24	2.85	2.61	2.46	2.34	2.26	2.19	2.13	2.08	2.04	2.01	1.98	1.95	1.93
40	4.08	3.23	2.84	2.61	2.45	2.34	2.25	2.18	2.12	2.08	2.04	2.00	1.97	1.95	1.92
41	4.08	3.23	2.83	2.60	2.44	2.33	2.24	2.17	2.12	2.07	2.03	2.00	1.97	1.94	1.92
42	4.07	3.22	2.83	2.59	2.44	2.32	2.24	2.17	2.11	2.06	2.03	1.99	1.96	1.94	1.91
43	4.07	3.21	2.82	2.59	2.43	2.32	2.23	2.16	2.11	2.06	2.02	1.99	1.96	1.93	1.91
44	4.06	3.21	2.82	2.58	2.43	2.31	2.23	2.16	2.10	2.05	2.01	1.98	1.95	1.92	1.90
45	4.06	3.20	2.81	2.58	2.42	2.31	2.22	2.15	2.10	2.05	2.01	1.97	1.94	1.92	1.89

Lampiran 4. Gambar

- Preparasi sampel



- Pengukuran Konduktivitas



- Pengukuran pH



- Titrasi Asam basa

