



**ANALISIS KADAR ION AMONIUM DAN NITRAT SECARA
SIMULTAN DENGAN METODE SISTEM ALIR *MULTI-
COMMUTATION* POTENSIOMETRI**

SKRIPSI

Oleh:
Fajrin Nurul Hikmah
NIM 121810301022

**JURUSAN KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS JEMBER
2019**



**ANALISIS KADAR ION AMONIUM DAN NITRAT SECARA
SIMULTAN DENGAN METODE SISTEM ALIR *MULTI-
COMMUTATION* POTENSIOMETRI**

SKRIPSI

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah
satu syarat untuk menyelesaikan Program Studi Kimia (S1)
dan mencapai gelar Sarjana Sains

Oleh:

**Fajrin Nurul Hikmah
NIM 121810301022**

**JURUSAN KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS JEMBER
2019**

PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan untuk:

1. Ayahanda Nurudin, Ibunda Sumiati tercinta. Terimakasih telah memberikan doa, cinta, kasih sayang, bimbingan, nasehat dan semangat yang tiada hentinya.
2. Saudaraku tercinta Asnia Zuhrotul Maqia yang selalu memberikan doa, dan dukungannya.
3. Keluarga besarku yang selalu menemani, memberi motivasi.
4. Almamater tercinta MI Al-Ma'arif, SMPN 1 Srono, SMAN 1 Srono serta dosen-dosen di Jurusan Kimia FMIPA UNEJ yang telah memberikan ilmu dan membimbing dengan penuh kesabaran.
5. Keluarga Lanthanida angkatan 2012 yang selama ini berjuang bersama dan berbagi kenangan yang tak terlupakan
6. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu

MOTTO

“Barang siapa yang bersungguh sungguh, sesungguhnya kesungguhan tersebut
untuk kebaikan dirinya sendiri”

(Qs. Al-Ankabut: 6) *)

“Barang siapa yang keluar rumah untuk mencari ilmu maka ia berada di jalan
Allah hingga ia pulang”

(Hadis Riwayat Tirmidzi) **)

“Waktu bagaikan pedang. Jika engkau tidak memanfaatkannya dengan baik,
maka ia akan memanfaatkanmu”

(Hadis Riwayat Muslim) ***)

**) Kementerian Agama RI. 2007. *Al-Qur'an dan Terjemahnya dilengkapi dengan Kajian Usul Fiqih dan Intisari Ayat*. Bandung: PT. Sygma Examedia Arkanleema.

**) Muhammad Nashiruddin Al-Albani. 2011. *Buku Shahih Sunan Tirmidzi*. Jakarta: Pustaka Azzam.

***) Muhammad Fu'ad Abdul Baqi. 2013. *Buku Kumpulan Hadits Shahih Bukhari Muslim*. Yogyakarta: Hikam Pustaka.

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini

Nama : Fajrin Nurul Hikmah

NIM : 121810301022

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul “analisis kadar ion amonium dan nitrat secara simultan dengan metode sistem alir *multi-commutation* potensiometri” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali jika dalam pengutipan substansi disebutkan sumbernya, dan belum pernah diajukan pada institusi manapun, serta bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa adanya tekanan dan paksaan dari pihak mana pun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata dikemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 12 Juni 2019

Yang menyatakan

Fajrin Nurul Hikmah

NIM 121810301022

SKRIPSI

**ANALISIS KADAR ION AMONIUM DAN NITRAT SECARA
SIMULTAN DENGAN METODE SISTEM ALIR *MULTI-
COMMUTATION* POTENSIOMETRI**

Oleh:

Fajrin Nurul Hikmah

NIM 121810301022

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : Tri Mulyono, S.Si., M.Si.

Dosen Pembimbing Anggota : Drs. Zulfikar, Ph.D.

PENGESAHAN

Skripsi berjudul "Analisis kadar ion amonium dan nitrat secara simultan dengan metode sistem alir *multi-commutation* potensiometri karya Fajrin Nurul Hikmah telah diuji dan disahkan pada:

hari, tanggal :

tempat : Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember

Tim Penguji

Ketua,



Tri Mulyono, S.Si, M.Si.
NIP. 196810021998021001

Anggota I,

Drs. Zulfikar, Ph.D.
NIP. 196310121987021001

Anggota II,

Asnawati, S.Si., M.Si
NIP. 196808141999032001

Anggota III,

Novita Andarini, S.Si., M.Si
NIP. 197211122000032001

Mengesahkan,
Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam,

Drs. Sujito, Ph.D.
NIP. 196102041987111001

RINGKASAN

Analisis Kadar Ion Amonium dan Nitrat Secara Simultan dengan Metode Sistem Alir *Multi-Commutation*; Fajrin Nurul Hikmah, 121810301022; 2019: 66 halaman; Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

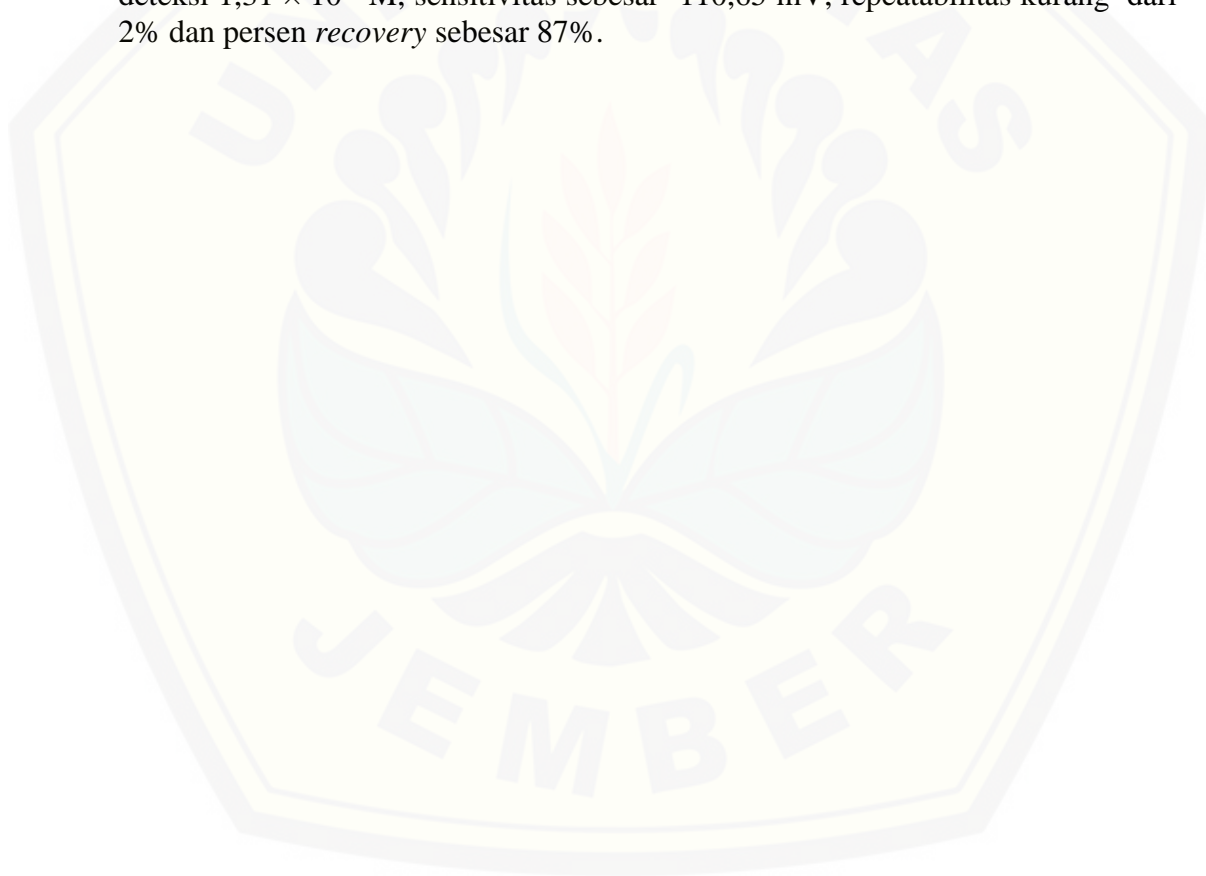
Amonium dan nitrat berada dalam beberapa sumber air dialam. Amonium dan nitrat tersebut dalam bentuk ion maupun senyawa. Amonium dan nitrat terdapat pada sumber air seperti laut, sungai, sumber air sumur dan air hujan, selain itu juga dapat ditemukan dalam limbah cair industri kimia. Amonium (NH_4^+) dan nitrat (NO_3^-) merupakan bentuk terionisasi dari amonia (NH_3) ketika berada dalam larutan air dan pada pH yang rendah. Amonium dalam perairan sawah berperan sebagai sumber nitrogen bagi tanaman, namun keberadaan amonium di perairan dengan konsentrasi yang besar dapat menimbulkan bau yang tidak sedap dan berbahaya. Amonium dan nitrat dalam pelarut air akan berada dalam bentuk ion.

Metode yang cocok dalam penentuan kadar ion dalam air adalah metode Sistem Alir *Multi-commutation* potensiometri secara simultan. Teknik analisis ini masih jarang digunakan dalam beberapa penelitian, dengan berbagai rangkaian yang terus dikembangkan untuk meningkatkan kemampuan analisis metode Sistem Alir *Multi-commutation* potensiometri secara simultan. Berdasarkan hal tersebut metode penelitian memiliki peluang untuk dikembangkan dengan rangkaian yang berbeda. Penelitian dilakukan menggunakan metode Sistem Alir *Multi-commutation* potensiometri secara simultan untuk penentuan amonium dan nitrat. Nilai potensial dari amonium dan nitrat dapat diukur dengan menggunakan FIA potentiometer. Dua detektor tersebut akan dihubungkan dengan satu monitor saja, sehingga penelitian semakin cepat dan efisien.

Rangkaian Sistem Alir *Multi-commutation* yang digunakan terdiri dari beberapa komponen yaitu, *three way solenoid valve*, *Ion Selective Electrode*, pompa peristaltik, ADC, komputer (Software LabVIEW 2012) dan *Arduino Uno*. Ketika kedua *three way valve solenoid* berada dalam keadaan mati, katub yang terhubung larutan terbuka, sehingga larutan sampel bisa teralirkan melewati general port dengan bantuan pompa peristaltik. Setelah itu, secara bergantian sampel dan larutan ISA diaktifkan. Waktu pergantian dikendalikan melalui *Arduino Uno*. *Arduino Uno* merupakan suatu sistem mikrokontroler yang berfungsi sebagai pusat pengendali *output* maupun *input*. *Source code* arduino (*Sketch*) yang telah dibuat kemudian ditanamkan (*Embedded*) ke mikrokontroler, sehingga mikrokontroler dapat bekerja sesuai dengan program yang dibuat. Mikrokontroler harus dihubungkan ke *power supply* untuk mendukung mikrokontroler tersebut bekerja. Pencampuran akan terjadi pada *reaction coil* dan dialirkan menuju ke detektor. Nilai potensial pada *ion selective electrode* dibaca ADC (analog digital converter) Go!Link dan diubah menjadi sinyal digital, diakuisisi dan diolah dengan *software* LabView. Dilakukan optimasi volume injeksi ISA CuSO_4 dan larutan ISA $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$. Variasi volume injeksi yang digunakan adalah 100, 200, 300, 400, dan 500 μL , dengan laju alir 25 $\mu\text{L}/\text{detik}$,

pipa silikon berdiameter 0,8 mm. Hasil optimasi diperoleh volume injeksi yang paling optimum pada larutan ISA CuSO_4 adalah 400 μL dan pada larutan ISA $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ adalah 500 μL . Volume injeksi yang paling optimum ini digunakan untuk pengukuran larutan standar dan sampel. Tujuannya yaitu untuk mengetahui kinerja sistem injeksi alir yang meliputi linieritas, limit deteksi, sensitivitas, reproduisibilitas dan uji recovery dan mengetahui pengaruh volume injeksi terhadap respon kedua detektor dalam mendeteksi amonium dan nitrat secara simultan dengan metode sistem alir *multi-commutation*.

Sistem alir *multi-commutation* potensiometri secara simultan untuk analisis secara simultan menunjukkan kinerja yang baik dengan beberapa kriteria yaitu linieritas dengan nilai regresi sebesar 0,9991, limit deteksi $2,23 \times 10^{-5}$ M sensitivitas sebesar 45,36 mV, repeatabilitas kurang dari 2% dan persen *recovery* sebesar 112% untuk amonium. Sedangkan pada nitrat menunjukkan kinerja baik dengan beberapa kriteria yaitu linieritas dengan nilai regresi sebesar 0,9938, limit deteksi $1,31 \times 10^{-5}$ M, sensitivitas sebesar -110,65 mV, repeatabilitas kurang dari 2% dan persen *recovery* sebesar 87%.



PRAKATA

Segala puji syukur dipanjatkan kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat serta hidayah-Nya, sehingga penulisan skripsi yang berjudul “Analisis Kadar Ion Amonium dan Nitrat Secara Simultan dengan Metode Sistem Alir *Multi-Commutation*” dapat terselesaikan dengan baik. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat menyelesaikan pendidikan program sarjana strata satu (S1) pada Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

Penulisan skripsi ini banyak mendapatkan bantuan moril maupun materil dari berbagai pihak, sehingga ucapan terima kasih disampaikan dengan tulus kepada:

1. Drs. Sujito, Ph.D, selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember;
2. Dr. Bambang Piluharto, S.Si., M.Si, selaku Ketua Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember;
3. Tri Mulyono, S.Si., M.Si selaku Dosen Pembimbing Utama dan Drs. Zulfikar, Ph.D selaku Dosen Pembimbing Anggota yang telah meluangkan waktu, tenaga, pikiran, kasih sayang serta doa dan membimbing dengan penuh kesabaran dalam penulisan skripsi ini;
4. Asnawati, S.Si., M.Si selaku Dosen Penguji I dan Novita Andarini, S.Si., M.Si., selaku Dosen Penguji II yang telah meluangkan waktunya guna menguji serta memberikan kritik dan saran demi kesempurnaan skripsi ini;
5. Ika Oktavianawati S.Si., M.Sc., selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah membimbing selama menjadi mahasiswa;
6. Bapak dan ibu dosen Jurusan Kimia FMIPA UNEJ yang telah memberikan ilmu dan pengetahuan;
7. Teknisi-teknisi laboratorium Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember;

Segala bentuk kritik dan saran yang bersifat membangun diharapkan dari semua pihak demi kesempurnaan skripsi ini dan semoga skripsi ini dapat bermanfaat terhadap perkembangan ilmu pengetahuan, khususnya di bidang kimia.

Jember, Juni 2019

Penulis



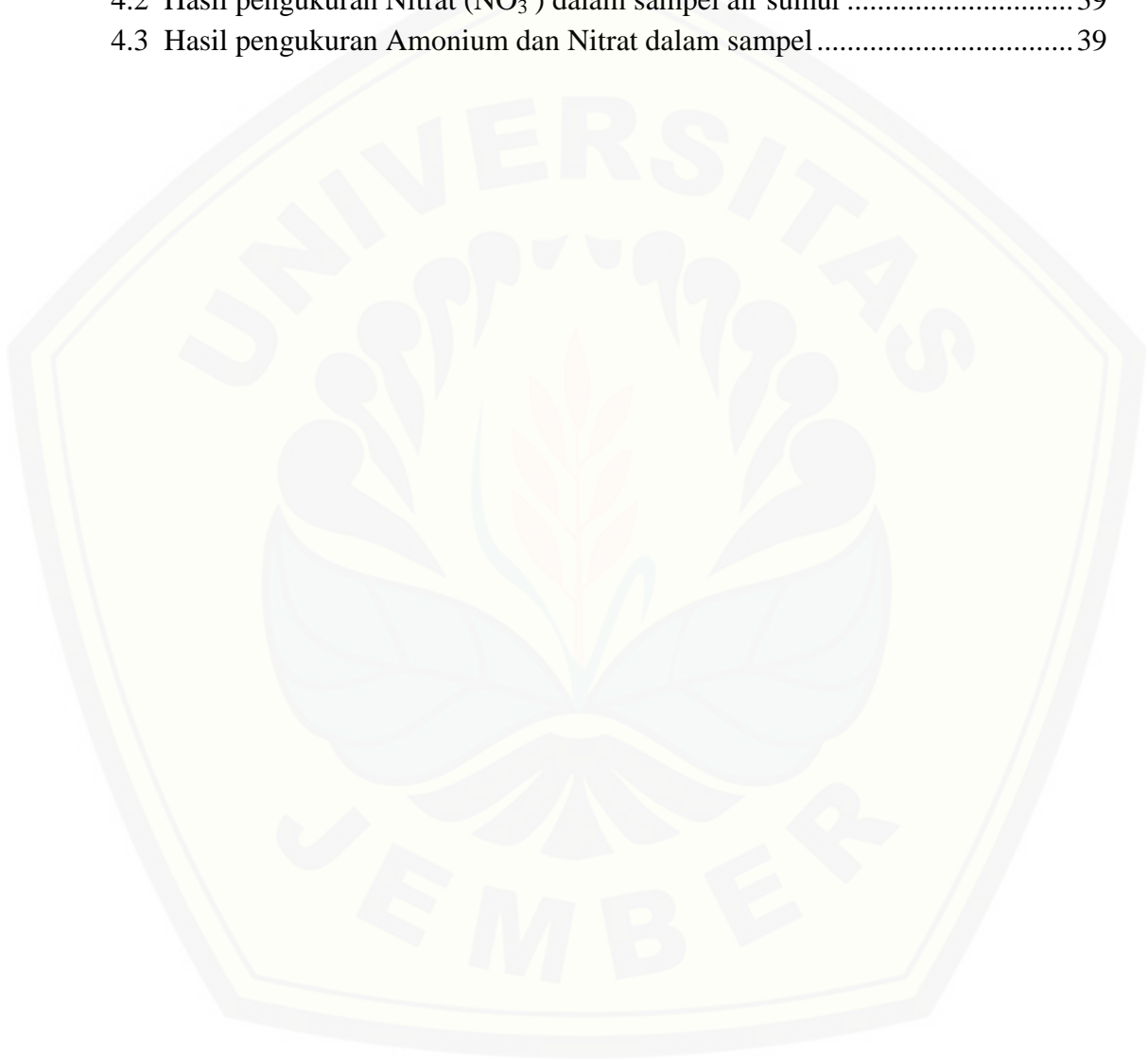
DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN SAMPUL.....	i
HALAMAN JUDUL	ii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iii
HALAMAN MOTO	iv
HALAMAN PERNYATAAN.....	v
HALAMAN PEMBIMBING	vi
HALAMAN PENGESAHAN.....	vii
RINGKASAN	viii
PRAKATA	x
DAFTAR ISI.....	xii
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR.....	xv
DAFTAR GAMBAR.....	xvi
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Penelitian	4
1.5 Manfaat Penelitian	4
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Air	5
2.2 Amonium.....	5
2.3 Nitrat	7
2.4 <i>Multi-commutation in Flow Injection Analysis</i>	8
2.5 Potensiometri	17
2.6 <i>Software LabView</i>	20
BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN	23
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	23

3.2 Alat dan Bahan	23
3.2.1 Alat	23
3.2.2 Bahan	23
3.3 Diagram Alir Penelitian	24
3.4 Prosedur Penelitian	24
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	29
4.1 Volume Optimum Larutan ISA	29
4.2 Kurva Kalibrasi	30
4.3 Analisis Sampel	39
BAB 5. PENUTUP	40
5.1 Kesimpulan	40
5.2 Saran	40
DAFTAR PUSTAKA	41
LAMPIRAN	45

DAFTAR TABEL

	Halaman
2.1 Kadar Senyawa Kimia dalam Air Minum.....	5
4.1 Hasil pengukuran Amonium (NH_4^+) dalam sampel air sumur.....	34
4.2 Hasil pengukuran Nitrat (NO_3^-) dalam sampel air sumur	39
4.3 Hasil pengukuran Amonium dan Nitrat dalam sampel.....	39



DAFTAR GAMBAR

	Halaman
2.1 Sistem <i>Multi-commutation</i>	9
2.2 Pembentukan aliran pada <i>reaction coil</i>	9
2.3 Bentuk model aliran sampel dan reagen.....	9
2.4 Pompa Peristaltik.....	11
2.5 Sistem kerja <i>three-way solenoid valve</i>	12
2.6 Modul Mikrokontroler <i>Arduino Uno</i>	13
2.7 Pengaruh diameter tube terhadap proses dispersi.....	15
2.8 Pengaruh panjang reaktor terhadap proses dispersi.....	16
2.9 Pengaruh injeksi volume terhadap proses dispersi	17
2.10 Pengaruh laju alir terhadap proses dispersi	17
2.11 Pengukuran Potensiometri.....	20
3.1. Diagram Analisis ammonium dan nitrat.....	24
3.2. Skema analisis Amonium dan Nitrat	25
4.1 Kurva penentuan volume larutan ISA CuSO_4	29
4.2 Kurva penentuan volume larutan ISA $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	30
4.3 Kurva kalibrasi larutan standart amonium.....	31
4.4 Konsistensi nilai pengukuran amonium.....	33
4.5 Kurva kalibrasi larutan standar nitrat	34
4.6 Kurva kalibrasi larutan standar nitrat dengan metode <i>batch</i>	35
4.7 Konsistensi nilai pengukuran nitrat	48

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
3.1 Pembuatan Larutan Nitrat	45
3.2 Pembuatan Larutan Amonium	46
4.1 Optimasi	48
4.2 Pembuatan Kurva Kalibrasi	48
4.3 Perhitungan Limit Deteksi	49
4.4 Perhitungan Repeatabilitas	50
4.5 Perhitungan Konsentrasi Sampel dan Uji Recovery	51
4.6 Konversi Satuan ppm ke satuan molaritas	58

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Ion amonium (NH_4^+) dan nitrat (NO_3^-) merupakan nitrogen anorganik yang terdapat dalam air (Effendi, 2003). Jumlah amonium dan nitrat yang melebihi ambang batas dapat berdampak negatif. Konsumsi amonium dan nitrat berlebih dapat mengganggu proses pengikatan oksigen oleh hemoglobin (Dewi dkk., 2016). Berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia nomor 492 Tahun 2010 kadar nitrat tidak boleh melebihi 50 mg/L untuk air minum. Jumlah maksimum amonium dalam air minum kurang dari 1,5 mg/L (Permenkes No. 492 Tahun 2010). Kondisi ini menyebabkan perlu adanya metode analisis yang efektif untuk mengidentifikasi amonium dan nitrat dalam air.

Beragam teknik analisis telah dikembangkan untuk penetapan kadar ion ammonium dan nitrat. Metode analisis amonium dan nitrat yang telah digunakan adalah kalorimetri (Patton dan Kryskalla, 2011), Gas Chromatography-Mass Spectrometry/ GC-MS (Lubrano dkk., 2016), dan elektroforesis kapiler (Jaakkola 2012). Metode-metode tersebut kurang sesuai untuk analisis amonium dan nitrat secara rutin karena memerlukan preparasi sampel dan biaya operasional yang cukup mahal. Metode lain yang juga digunakan adalah *flow injection analysis* (FIA).

Flow Injection Analysis (FIA) merupakan metode yang dilakukan dengan menyuntikkan sejumlah volume sampel ke dalam suatu aliran *carrier* yang terhubung dengan detektor. Namun, sistem FIA memiliki beberapa keterbatasan seperti konsumsi reagen yang relatif tinggi dan limbah yang lebih besar. Beberapa keterbatasan ini telah berhasil diminimalkan melalui konsep *multi-commutation*. Sistem aliran injeksi *multi-commutation* dapat ditandai dengan penggunaan perangkat pergantian individu (biasanya katup selenoid), yang dapat diatur sebagai jaringan aliran. *Multi-commutation* memiliki beberapa keuntungan, seperti meningkatkan fleksibilitas sistem aliran, meningkatkan pencampuran, memfasilitasi otomatisasi dan mengurangi konsumsi reagen yang terlalu banyak. Sistem alir *Multi-commutation* sebagai hasil pengembangan FIA merupakan

metode yang dapat digunakan untuk menganalisis kandungan ion nitrat dan ammonium.

Multi-commutation in Flow Injection Analysis mengacu pada rancangan sistem kendali oleh komputer sehingga pada semua langkah yang terlibat dalam pengolahan sampel dapat dilaksanakan secara otomatis. Sistem alir *multi-commutation* menggunakan perangkat katup solenoid yang dapat diatur sebagai jaringan aliran secara manual ataupun dikontrol menggunakan komputer dengan sebuah *software* kontrol. Sistem alir *multi-commutation* mempunyai kelebihan antara lain mengurangi konsumsi reagen dan analit, meningkatkan fleksibilitas sistem aliran, meningkatkan pencampuran dan memfasilitasi otomatisasi. Keuntungan utama dari metode ini yaitu injeksi sampel secara berturut-turut dan volume pada setiap bagian mudah dikontrol (Rocha dkk., 2002). Beberapa penelitian telah menggunakan sistem alir *multi-commutation* yaitu metode sistem alir *multi-commutation* untuk menganalisis protein (Strzelak dkk., 2014) dan sistem alir *multi-commutation* dalam penentuan kreatin (Tymecky, 2013). Berdasarkan pada penelitian tersebut, keduanya menggunakan satu jenis detektor dan digunakan untuk menganalisis satu analit dalam satu waktu, sehingga kurang efisien. Oleh karena itu, dibutuhkan pengembangan instrumen pengukuran sistem alir *multi-commutation* dengan dua detektor agar lebih efisien. Pengembangan metode FIA dengan dua detektor telah dilakukan oleh Martinovic *et al.* (2008) dengan menggunakan metode *Flow Injection Analysis* yang digabungkan dengan dua detektor, yaitu spektrofotometer dan potentiometer secara paralel untuk penentuan thiol dan asam askorbat. Namun pengembangan sistem alir *multi-commutation* dengan detektor potensiometer belum banyak dilakukan.

Berdasarkan uraian diatas, maka penelitian ini difokuskan untuk mengembangkan metode sistem alir *multi-commutation* menggunakan potensiometri dalam pengukuran kandungan amonium dan nitrat secara simultan. Metode tersebut diharapkan dapat menentukan nitrat dan amonium dalam air secara cepat dan efisien.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, dapat dirumuskan permasalahan sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh volume injeksi terhadap respon kedua detektor dalam mendeteksi amonium dan nitrat secara simultan dengan menggunakan metode sistem alir *multi-commutation* ?
2. Bagaimana kinerja pengukuran meliputi linieritas, sensitivitas, limit deteksi, repeabilitas dan uji perolehan kembali dalam analisis amonium dan nitrat menggunakan *Multi-Commutated Flow Injection Analysis* (MCFIA) dengan deteksi potensiometri secara simultan?
3. Berapa kadar amonium dan nitrat dalam sumber air sumur menggunakan *Multi-Commutated Flow Injection Analysis* (MCFIA) dengan deteksi potensiometri secara simultan?

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah dari penelitian ini meliputi:

1. Sampel diperoleh dari sumber air sumur di lingkungan persawahan Desa Tapanrejo Kecamatan Muncar Kabupaten Banyuwangi
2. Elektroda yang digunakan adalah elektroda ion selektif NO_3^- tipe ELIT 8021 komersil produksi nico2000
3. Elektroda yang digunakan adalah elektroda ion selektif NH_4^+ tipe ELIT 8051 komersil produksi nico2000
4. Elektroda referensi yang digunakan adalah elektroda ion selektif tipe ELIT 003 komersil dengan isian CH_3COOLi produksi nico2000
5. Laju alir dalam penelitian ini yakni 25 $\mu\text{L}/\text{detik}$
6. Diameter *tube* yang digunakan 0,8 mm.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini yakni:

1. Mengetahui jumlah volume injeksi optimum dalam penentuan amonium dan nitrat dengan menggunakan metode sistem alir *multi-commutation* secara simultan.
2. Mengetahui kinerja sistem alir *multi-commutation* meliputi linieritas, sensitivitas, limit deteksi, repeabilitas dan uji perolehan kembali.
3. Mengetahui kadar amonium dan nitrat dalam sumber air sumur di lingkungan persawahan Desa Tapanrejo Kecamatan Muncar Kabupaten Banyuwangi menggunakan *Multi-Commutated Flow Injection Analysis* (MCFIA) secara simultan dengan deteksi potensiometri.

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi penelitian terkait analisis sistem alir *multi-commutation* secara simultan menggunakan potensiometri dan sebagai analisa alternatif dalam menentukan konsentrasi amonium dan nitrat.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Air

Air merupakan sumber daya alam yang diperlukan untuk hajat hidup orang banyak, bahkan oleh semua makhluk hidup (Effendi,2003). Air merupakan kebutuhan dasar dari semua bentuk kehidupan. Air adalah substansi yang memungkinkan terjadinya kehidupan seperti yang ada di bumi. Seluruh organisme sebagian besar tersusun dari air dan hidup dalam lingkungan yang didominasi oleh air. Air adalah medium yang biologis di bumi ini. Air adalah satu-satunya substansi umum yang ditemukan di alam sekitar dalam tiga wujud fisik materi: padat, cair dan gas (Campbell, 2002).

Air juga dapat membawa dampak buruk bagi kesehatan manusia jika mengandung senyawa yang berbahaya bagi tubuh. Kandungan zat organik dan anorganik dalam air minum tidak boleh melebihi standar yang sudah ditentukan. Berikut tabel batas normal senyawa kimia dalam air minum menurut permenkes no 492 tahun 2010.

Tabel 2.1 Kadar Senyawa Kimia dalam Air Minum

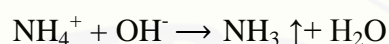
No	Jenis Parameter	Satuan	Kadar Maksimum yang diperbolehkan
1	Arsen	mg/l	0,01
2	Fluorida	mg/l	1,5
3	Total Kromium	mg/l	0,05
4	Kadmium	mg/l	0,003
5	Nitrit (sebagai NO_2^-)	mg/l	3
6	Nitrat (sebagai NO_3^-)	mg/l	50
7	Sianida	mg/l	0,07
8	Selenium	mg/l	0,01
9	Amonia	mg/l	1,5
10	Sulfat	mg/l	250

(Sumber: Permenkes No. 492, 2010)

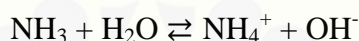
2.2 Amonium

Nitrogen dalam bentuk anorganik terdiri dari amonium, gas ammonia, nitrit, dan nitrat, N_2O , NO , dan gas N_2 . Amonium terbentuk dari hidrolisis

amonia. Amonia berasal dari hidrolisis urea yang terkandung dalam urin. Amonium memiliki rumus kimia NH_4^+ dan merupakan jenis kation dan dapat membentuk garam yang senyawanya mudah larut dalam air. Ammonium bersifat tidak berwarna, berbau menyengat dan berbahaya bagi kesehatan. Garam amonium dapat terurai menjadi amonia dan asam kecuali jika asamnya tak mudah menguap melalui proses pemanasan. Gas amonia akan dilepaskan ketika campuran senyawa dipanaskan.



Amonium bersifat basa sebagai “substansi bergabung dengan ion hidrogen (protons)”. Amonium dalam larutan berada dalam kesetimbangan seperti berikut :



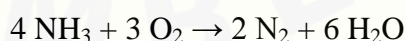
Pasangan elektron bebas yang aktif dari nitrogen dapat menyebabkan ammonium bereaksi sebagai basa. Adanya pasangan elektron bebas terjadi muatan negatif sekitar atom nitrogen karena nitrogen lebih elektronegatif dari hidrogen sehingga menarik ikatan elektron pada molekul amonia kearahnya. Kombinasi dari negatifitas ekstra tersebut dan daya tarik pasangan bebas, menarik hydrogen dari air. Amonia memiliki dua reaksi yaitu:

- 1). Reaksi substitusi : masuknya ion H^+ (dari molekul H_2O) dalam amonia, misal :



- 2). Reaksi oksidasi : reaksi Amonia dengan Oksigen membentuk Nitrogen dan Air.

reaksinya :

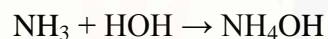


(Svehla, 1985).

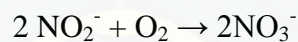
2.3 Nitrat

Nitrat (NO_3^-) adalah ion – ion anorganik yang merupakan bagian utama dari nitrogen. Nitrat adalah unsur hara yang berperan penting terhadap pertumbuhan tanaman dan algae. Nitrat mudah larut dan tidak teradsorpsi oleh koloid tanah karena merupakan salah satu jenis ion bergerak. Nitrat mudah teroksidasi di alam (Mukhlis, 2003).

Nitrifikasi merupakan proses perubahan nitrogen amonium secara biologis menjadi nitrogen-nitrat. Reaksi pembentukan nitrit dari amonia dikatalisis oleh bakteri *Nitrosomonas*, sedangkan perubahan nitrit menjadi nitrat dikatalisis oleh bakteri *Nitrobakter*. Nitrifikasi bersifat reversible dan dalam kondisi anaerob (Kanisius, 1983). Nitrifikasi ada dua tingkat, yakni : Nitritasi dan Nitratasi. Nitritasi adalah perubahan amonia menjadi nitrit, yang dilakukan oleh bakteri *Nitrosomonas* dan *Nitrosococcus*.



Amonia bereaksi dengan air membentuk amoniak yang melepaskan ion-ion amonium dan hidroksil. Ion amonium dioksidasi membentuk ion-ion nitrit dan ion hidrogen. Nitratasi adalah perubahan nitrit menjadi nitrat yang dilakukan oleh bakteri *Nitrobakter*.



Nitrat dalam tanah bersumber dari senyawa nitrogen yang berasal dari pupuk, baik pupuk organik maupun anorganik (pupuk kimia) yang umumnya dalam bentuk ammonium (NH_4^+), ammonium ini kemudian dengan cepat diubah menjadi nitrat dalam tanah. Pemberian pupuk yang berlebihan akan meningkatkan kandungan nitrat dalam tanah dan tanaman. Nitrat dalam tanah berfungsi dalam proses fotosintesis. Nitrat dalam tubuh manusia dikonversi menjadi nitrit dengan bantuan enzim tertentu. Nitrit dikonversi menjadi nitrosamine yang dapat memicu kanker (Soemirat, 1994).

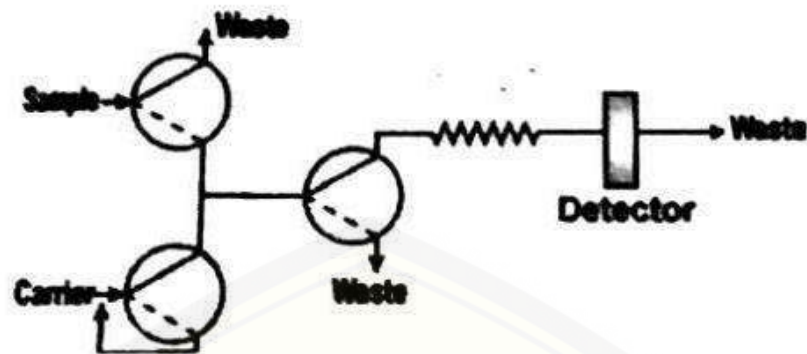
Nitrat merupakan jenis anion karena memiliki rumus kimia bermuatan negatif yaitu NO_3^- . Nitrat mudah berpasangan dengan kation atau ion bermuatan positif membentuk garam seperti pembentukan garam NaNO_3 . Keberadaan nitrat

dalam lingkungan, khususnya pada air, hanya dapat dianalisa secara laboratorium karena nitrat tidak berasa, tidak berwarna, dan tidak berbau (Svehla, 1985).

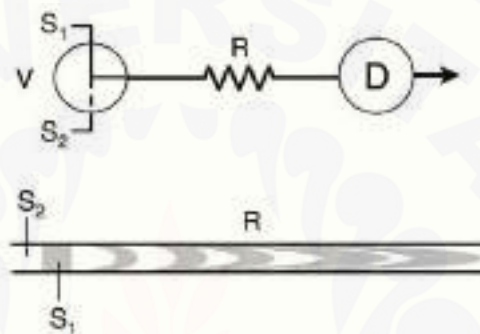
2.4 Multi-commutation in Flow Injection Analysis

Menurut Skoog and Leary (1992) *flow injection analysis* merupakan suatu teknik aliran secara langsung dan sesuai untuk analisis otomatis secara cepat pada sampel air yang untuk pertama kalinya dipaparkan oleh Ruzicka dan Hansen pada tahun 1975. Prinsip kerja *flow injection analysis* didasarkan pada pemasukan sejumlah volume tertentu dari sampel ke dalam aliran carrier. Aliran carrier kemudian akan mengalir melewati *loop* sebagai pemberi tenaga bagi reagen untuk terjadinya reaksi kimia antara sampel dan reagen, dan bila perlu larutan *buffer* dialirkan oleh pompa peristaltik. Sampel dan reagen dialirkan dengan menggunakan pompa. Total aliran kemudian mengalir menuju detektor sebagai satu kesatuan membentuk suatu zona dan selanjutnya menuju buangan (Kennedy, 1990).

Multi-commutation in Flow Injection Analysis merupakan modifikasi dari sistem alir FIA yang mengacu pada rancangan sistem kendali oleh komputer sehingga sistem alir pada semua langkah yang terlibat dalam pengolahan sampel dapat dilaksanakan secara otomatis. Sistem alir *multi-commutation* menggunakan perangkat katup solenoid yang dapat diatur sebagai jaringan aliran secara manual ataupun dikontrol menggunakan komputer dengan sebuah software. Kelebihan dari sistem *multi-commutation* antara lain meningkatkan fleksibilitas sistem aliran, mengurangi konsumsi reagen dan analit, meningkatkan pencampuran dan memfasilitasi otomatisasi. Keuntungan utama dari metode ini terletak pada injeksi sampel secara berturut-turut dan volume pada setiap bagian yang mudah dikontrol (Rocha dkk., 2002). Prinsip *Multi-commutation* yakni injeksi berdasarkan waktu, dimana injeksi volume sampel dialirkan melalui solenoid seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.1.



Gambar 2.1 Sistem *Multi-commutation* (Sumber: Pramauro dkk., 1996)



Gambar 2.2 Pembentukan aliran pada *reaction coil*. S_1 dan S_2 : larutan; V: *three way solenoid valve*; R: *reaction coil*; D: detektor (Sumber: Rocha dkk., 2002)



Gambar 2.3 *Multi-commutation* bentuk model aliran sampel dan reagen. Cs: larutan carrier; R: larutan reagen; S: larutan sampel. Simbol lingkaran hitam menunjukkan bahwa sampel dan reagen mengalami pencampuran (Sumber: Lavorante dkk., 2007)

Sampel dan reagen yang dialirkan ke dalam media alir akan membentuk model aliran seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.3. Sampel bergerak melalui zona pencampuran dan terjadi reaksi, lebar aliran akan meningkat karena sampel menyebar ke dalam cairan pembawa seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.4. Hasil dispersi berasal dari dua proses, yaitu proses konveksi karena aliran dari cairan pembawa dan difusi karena gradien konsentrasi antara sampel dan cairan pembawa. Parameter fisik yang mempengaruhi tinggi puncak dan waktu kembali

mencakup volume sampel yang disuntikkan, laju aliran, panjang, diameter dan geometri pencampuran dan zona reaksi. Kinetika reaksi kimia antara sampel dan reagen dalam cairan pembawa juga mempengaruhi tinggi puncak dan waktu kembali (Harvey, 2016).

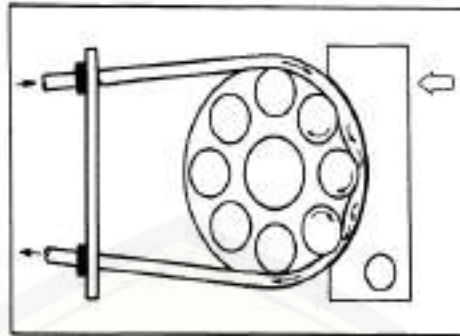
Pencampuran sampel dengan reagen dalam aliran terjadi terutama disebabkan oleh proses difusi terkontrol dan terjadi reaksi kimia. Detektor secara kontinyu merekam parameter absorban, potensial elektroda atau parameter-parameter fisik lainnya sebagai hasil yang diterima dari perubahan sampel setelah aliran terjadi (Christian, 1989).

2.4.1 Instrumentasi *Multi-commutation* FIA (MCFIA)

Sistem alir *Multi-commutation* FIA (MCFIA) paling sedikit terdiri dari empat komponen utama, yaitu: pompa, *insertion unit/ injection*, *transport* dan *reaction unit/ mixing reaction*, dan *detection*. Sedangkan komponen pendukung yang digunakan misalnya komputer yang mengatur jalannya sampel, *Arduino Uno*, *ADC (analog to digital converter)*, perekaman data dari detektor dan perhitungan hasil analisis.

a. Unit penggerak

Suatu unit yang berfungsi menggerakkan cairan ke unit-unit yang lain dalam suatu FIA dengan kecepatan (*flow rate*) yang konstan dan bebas dari denyut atau gangguan selama aliran berlangsung (*pulse-free*). Unit ini dapat berupa pompa peristaltik, pompa syringe, dan botol bertekanan tinggi atau diletakkan dengan ketinggian tertentu. Pompa peristaltik memiliki prinsip kerja berdasarkan tekanan dan perpindahan. Pompa peristaltik harus didukung suatu pipa elastis untuk menggerakkan cairan. Pipa-pipa ini ditekan oleh beberapa pemutar yang berputar dan menekan secara bergantian, dengan cara ini cairan yang berada dalam pipa dapat digerakkan (Kalrberg and Pacey, 1989).



Gambar 2.4 Pompa Peristaltik (Sumber: Kalrberg dan Pacey, 1989)

b. Unit transportasi

Unit ini memiliki beberapa fungsi, diantaranya adalah :

- 1) Tempat terjadinya pencampuran dan reaksi yang diinginkan
- 2) Sebagai tempat mengalirnya sampel, larutan pembawa dan reagen
- 3) Menghubungkan bagian satu dengan bagian lainnya dalam FIA.

Pipa yang digunakan dalam unit ini memiliki ukuran internal diameter (i.d) dalam range 0,1–2 mm, namun yang sering digunakan adalah 0,3; 0,5 dan 0,7 mm yang masing-masing digunakan untuk menghasilkan dispersi yang rendah, sedang dan tinggi. Material pipa ini dapat berupa PVC, silicon atau plastik lainnya.

Selain pipa juga terdapat konektor dalam transport unit ini yang berfungsi menghubungkan pipa yang satu dengan yang lainnya. Komponen penting dalam transport unit yang lain adalah reaktor. Reaktor dalam FIA dapat dikategorikan sebagai *open tube*, *coil and packed reactor*, *single bed string reactor* (sbsr) dan *mixing chamber*.

c. Unit Penyisipan

Unit ini bertugas untuk memasukkan sampel dengan volume tertentu ke dalam aliran carier dengan ketentuan :

- 1) Sampel yang dimasukkan dalam volume yang akurat dan *reproduksibel*
- 2) Sampel harus masuk dalam aliran carier sedemikian rupa sehingga tidak mengganggu jalannya aliran tersebut
- 3) Operasi injeksi harus cepat dan kalau mungkin dapat dikontrol secara elektronik

Unit penyisipan yang digunakan dalam sistem *Multi-commutation* yakni *three-way solenoid valve* atau sering disebut katup solenoid 3 saluran yang memiliki 1 lubang inlet, 1 lubang outlet dan 1 lubang pembuangan. Namun penggunaan katup solenoid 3 saluran dalam sistem *Multi-commutation* dapat pula menjadi 2 lubang inlet dan 1 lubang outlet atau sebaliknya. Untuk sistem kerja *three-way solenoid valve* dapat dilihat pada gambar 2.5.



Gambar 2.5 Sistem kerja *three-way solenoid valve* (Sumber: Pramauro dkk.,1996)

d. Detektor

Detektor yang digunakan dalam FIA idealnya memiliki keistimewaan diantaranya: kecilnya volume *flow-cell*, *noise* rendah, *flow rate independent* signal, respon yang cepat dan linear dalam daerah konsentrasi yang lebar dan sensitivitasnya tinggi. Kriteria utama detektor FIA adalah cepat tanggap karena lebar puncak dari FIA hanya beberapa detik saja, maka detektor dan perangkat elektroniknya harus mempunyai waktu tanggap kurang dari satu detik. Beberapa detektor dalam sistem FIA yaitu amperometer, penyerap atom, luminisensi kimia, fluorometer, potensiometer, pH meter, elektroda membran ion selektif, dan spektrofotometer (Sukarti, 1998).

e. *Arduino Uno*

Arduino Uno berfungsi sebagai pengontrol *three-way solenoid valve* dengan pemrograman menggunakan komputer. *Arduino Uno* adalah salah satu produk berlabel *arduino* yang sebenarnya adalah suatu papan elektronik yang

mengandung mikrokontroler ATmega328 (sebuah keping yang secara fungsional bertindak seperti sebuah komputer). Mikrokontroler adalah sebuah keping yang mengandung prosesor atau yang memproses dan sekaligus memori yang berguna untuk menyimpan data (Kadir, 2016). Bentuk fisik dari *Arduino Uno* dapat dilihat pada gambar 2.6.



Gambar 2.6 Modul Mikrokontroler *Arduino Uno* (Sumber: Ardian, 2013)

Hardware arduino uno memiliki spesifikasi sebagai berikut:

1. 14 pin IO Digital (pin 0–13) Sejumlah pin digital dengan nomor 0–13 yang dapat dijadikan input atau output yang diatur dengan cara membuat program IDE.
2. 6 pin Input Analog (pin 0–5) Sejumlah pin analog bernomor 0–5 yang dapat digunakan untuk membaca nilai input yang memiliki nilai analog dan mengubahnya ke dalam angka antara 0 dan 1023.
3. 6 pin Output Analog (pin 3, 5, 6, 9, 10 dan 11) Sejumlah pin yang sebenarnya merupakan pin digital tetapi sejumlah pin tersebut dapat diprogram kembali menjadi pin output analog dengan cara membuat programnya pada IDE.

Papan Arduino Uno dapat mengambil daya dari USB port pada komputer dengan menggunakan USB charger atau dapat pula mengambil daya dengan menggunakan suatu AC adapter dengan tegangan 9 volt. Power supply jika tidak melalui AC adapter, maka papan Arduino akan mengambil daya dari USB port. Tetapi apabila diberikan daya melalui AC adapter secara bersamaan dengan USB port maka papan Arduino akan mengambil daya melalui AC adapter secara otomatis (B. Gustomo, 2015).

Software arduino yang digunakan adalah driver dan IDE, walaupun masih ada beberapa software lain yang sangat berguna selama pengembangan arduino. Integrated Development Environment (IDE), suatu program khusus untuk suatu komputer agar dapat membuat suatu rancangan atau sketsa program untuk papan Arduino. IDE arduino merupakan software yang sangat canggih ditulis dengan menggunakan java. IDE arduino terdiri dari :

1. Editor Program Sebuah window yang memungkinkan pengguna menulis dan mengedit program dalam bahasa processing.
2. Compiler Berfungsi untuk kompilasi sketch tanpa unggah ke board bisa dipakai untuk pengecekan kesalahan kode sintaks sketch. Sebuah modul yang mengubah kode program menjadi kode biner bagaimanapun sebuah mikrokontroler tidak akan bisa memahami bahasa processing.
3. Uploader Berfungsi untuk mengunggah hasil kompilasi sketch ke board target. Pesan error akan terlihat jika board belum terpasang atau alamat port COM belum terkonfigurasi dengan benar. Sebuah modul yang memuat kode biner dari komputer ke dalam memory didalam papan arduino

(B. Gustomo, 2015).

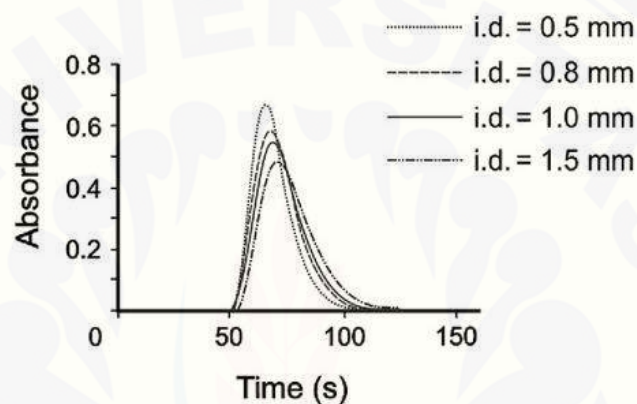
f. *ADC (analog to digital converter)*

Analog To Digital Converter (ADC) adalah pengubah input analog menjadi kode – kode digital. ADC banyak digunakan sebagai pengatur proses industri, komunikasi digital dan rangkaian pengukuran/pengujian. Umumnya ADC digunakan sebagai perantara antara sensor yang kebanyakan analog dengan sistim komputer seperti sensor suhu, cahaya, tekanan/berat, aliran dan sebagainya kemudian diukur dengan menggunakan sistim digital (komputer). ADC (Analog to Digital Converter) memiliki 2 karakter prinsip, yaitu kecepatan sampling dan resolusi. Kecepatan sampling suatu ADC menyatakan seberapa sering sinyal analog dikonversikan ke bentuk sinyal digital pada selang waktu tertentu. Kecepatan sampling biasanya dinyatakan dalam sample per second (SPS). Prinsip kerja ADC adalah mengkonversi sinyal analog ke dalam bentuk besaran yang merupakan rasio perbandingan sinyal input dan tegangan referensi (Gregory dkk., 2010).

2.4.2 Faktor-faktor yang mempengaruhi Analisis Sistem Alir

a) Diameter pipa

Penurunan dispersi disebabkan oleh waktu TR yang rendah untuk *tube* dengan diameter kecil. Nilai kontribusi dapat diamati pada gambar 2.9, bahwa semakin besar nilai kontribusi difusi maka terjadi peningkatan pada nilai TR. Gambar 2.9 menunjukkan bahwa lebar dan tinggi puncak merupakan fungsi dari jari-jari *tube*, lebar puncak meningkat dengan bertambahnya jari-jari dan tinggi puncak menurun dengan bertambahnya jari-jari.

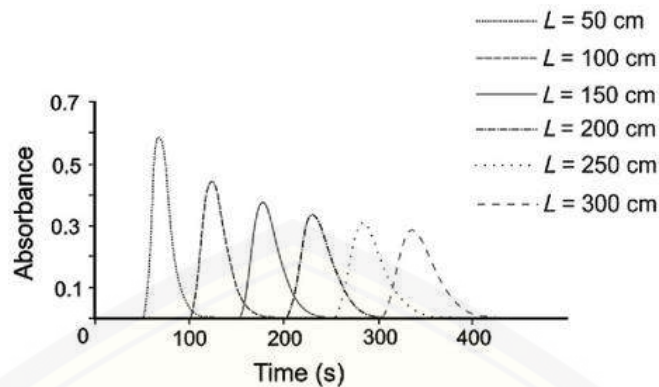


Gambar 2.7 Pengaruh diameter tube terhadap proses dispersi
(Sumber: Cerda dkk., 2014)

Gambar 2.7 menunjukkan bahwa semakin besar diameter *tube* maka proses dispersi semakin meningkat sehingga puncak yang dihasilkan semakin lebar dan rendah, apabila diameter *tube* semakin kecil maka proses dispersi semakin menurun dan puncak yang dihasilkan semakin runcing dan tinggi (Trojanowicz, 2008).

b) Panjang reaktor

Kasus pada bentuk reaktor ini, peningkatan jarak tempuh dapat meningkatkan dispersi sampel. Gambar 2.10 mengenai pengaruh panjang reaktor dengan dispersi sampel:

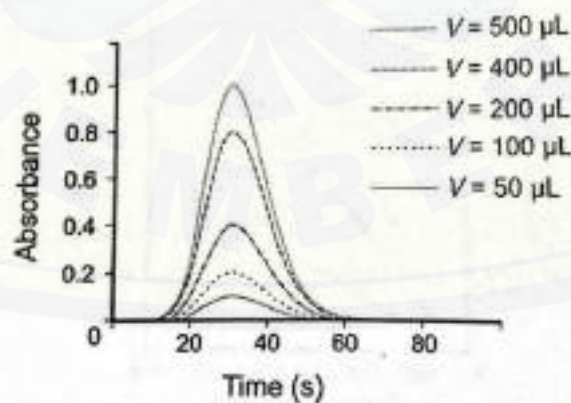


Gambar 2.8 Pengaruh panjang reaktor terhadap proses dispersi
(Sumber: Trojanowicz, 2008)

Gambar 2.8 menunjukkan semakin panjang reaktor/*coil* maka proses dispersi akan mengalami peningkatan sehingga puncak yang dihasilkan lebar dan rendah sedangkan semakin pendek reaktor/*coil* maka proses dispersi semakin sedikit sehingga puncak yang dihasilkan runcing dan tinggi. Panjang reaktor/*coil* semakin panjang maka sampel akan mengalami jarak tempuh yang lebih jauh menuju detektor sehingga sampel akan banyak mengalami proses dispersi (Trojanowicz, 2008).

c) Injeksi Volume

Jumlah volume yang diinjeksikan mempengaruhi tinggi puncak, semakin banyak volume injeksi semakin tinggi puncak yang dihasilkan.



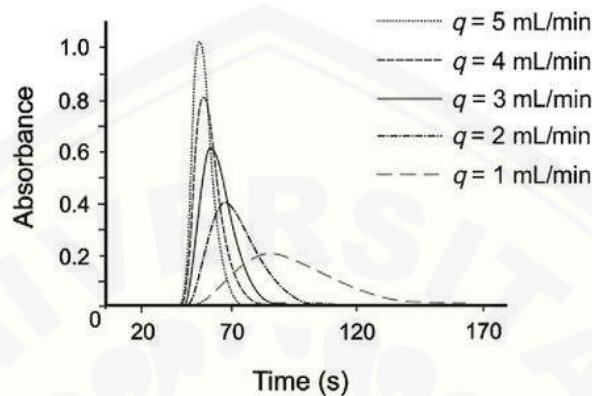
Gambar 2.9 Pengaruh injeksi volume terhadap proses dispersi
(Sumber: Trojanowicz, 2008)

Gambar 2.9 menunjukkan bahwa semakin banyak volume sampel yang diinjeksi maka puncak yang dihasilkan semakin tinggi, apabila volume sampel yang

di injeksi sedikit maka puncak semakin kecil (Trojanowicz, 2008).

d) Laju Alir

Efek laju alir juga berpengaruh pada proses dispersi, dispersi berkurang dengan meningkatnya laju alir



Gambar 2.10 Pengaruh laju alir terhadap proses dispersi
(Sumber: Cerda dkk., 2014)

Gambar 2.10 menunjukkan semakin besar laju alir maka proses dispersi semakin rendah sehingga menghasilkan puncak yang runcing, sedangkan semakin kecil laju alir maka proses dispersi semakin meningkat sehingga puncak menjadi lebar dan rendah (Trojanowicz, 2008).

2.5 Potensiometri

Potensiometri adalah suatu cara analisis berdasarkan pengukuran beda potensial sel dari suatu sel elektrokimia. Potensiometri mempelajari hubungan antara konsentrasi dengan potensial. Metode ini digunakan untuk mengukur pH suatu larutan, menentukan titik akhir titrasi dan menentukan konsentrasi ion – ion tertentu dengan menggunakan ion selektif elektroda. Susunan alat pada potensiometri meliputi elektroda pembanding, elektroda indikator dan alat pengukur potensial (Hendayana, 1994). Prinsip potensiometri didasarkan pada pengukuran potensial listrik antara elektroda indikator dan elektroda yang dicelupkan pada larutan. Pengukuran potensial pada elektroda indikator harus menggunakan elektroda standar yang berfungsi sebagai pembanding dan mempunyai harga potensial tetap selama pengukuran (Day dan Underwood, 1986).

Elektroda yang digunakan dalam metode potensiometri ada dua macam yaitu elektroda pembanding atau elektroda referensi dan elektroda indikator. Elektroda pembanding atau elektroda referensi merupakan elektroda konstan dan sama sekali tidak peka terhadap komposisi larutan yang sedang diselidiki. Harga potensial sel elektroda pembanding sudah diketahui. Elektroda indikator merupakan pasangan elektroda pembanding yang potensialnya tergantung pada konsentrasi zat yang sedang diteliti (Day dan Underwood, 1986). Sensor kimia dalam potensiometri adalah elektroda indikator. Elektroda ini dibagi menjadi dua golongan yaitu elektroda logam dan elektroda membran. Yang digunakan dalam penelitian ini adalah elektroda indikator membran yang disebut elektroda selektif ion (ISE) (Khopkar, 1990).

Elektroda Selektif Ion (ESI) merupakan suatu sensor elektrokimia yang banyak digunakan karena memiliki selektivitas, sensitifitas, keakuratan, dan ketepatan yang relatif besar. Elektroda Selektif Ion (ESI) merupakan setengah sel elektrokimia, yang terdiri dari sebuah membran selektif ion, larutan pengisi internal, dan sebuah elektroda referensi internal atau terdiri dari membran selektif ion dan sebuah solid contact. Gangguan terhadap kerja ESI umumnya hanya sedikit dan mudah diatasi sehingga ESI sangat efektif digunakan (Skoog, 2007). Elektroda Selektif Ion (ESI) dapat digunakan sebagai detektor untuk mengetahui titik akhir titrasi ataupun penentuan konsentrasi dari suatu ion berdasarkan pengukuran potensial. Potensial pada antar muka membran ESI tergantung pada aktifitas dari ion analit yang ada (Khopkar, 1990).

Ion selektif elektroda bekerja dengan prinsip dasar dari sel galvanic yaitu dengan mengukur potensial listrik yang dihasilkan oleh membran pada ion tertentu dan dibandingkan dengan elektroda indikator. Kekuatan beda potensial yang dihasilkan sebanding dengan konsentrasi dari ion yang terukur (selektif). Rumus dasar yang digunakan pada sel galvanic yaitu :

$$E_{\text{sel}} = E_{\text{ISE}} - E_{\text{ref}} \quad (2.1)$$

Potensial sel sebanding dengan potensial ISE dikurangi potensial elektroda referensi. Perbedaan pada permukaan membran ISE ditentukan dari persamaan:

$$E = K - (2.303RT/nF) \log (a) \quad (2.2)$$

Dimana :

K = konstanta untuk menghitung semua potensial ion.

R = konstanta gas

T = temperatur

n = jumlah elektron yang berpindah

F = konstanta Faraday

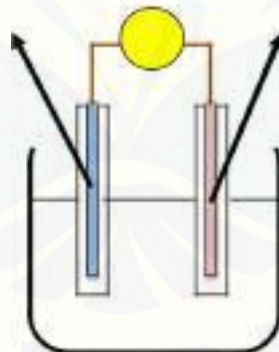
a = aktivitas ion analit dalam larutan

dengan memplotkan potensial yang diukur dengan versus $\log(a)$ akan diperoleh kurva linier (Svehla, 1985).

Skema pengukuran penentuan konsentrasi ion-ion dalam larutan secara langsung melalui pengukuran potensial elektroda selektif ion (ESI), dimana digunakan dua elektroda yaitu elektroda pembanding dan elektroda indikator,

Elektroda Pembanding

Elektroda Indikator



Gambar 2.11 Pengukuran Potensiometri

Elektroda selektif ion yang digunakan pada penelitian ini merupakan elektroda komersial yang dikombinasikan dengan elektroda *reference* dan dialirkan pada volt meter (Khopkar, 1990). Analisis secara potensiometri bergantung pada hubungan antara nilai potensial dengan logaritma konsentrasi analit. Nilai potensial yang terukur berbanding lurus dengan nilai logaritma konsentrasi. Potensial elektroda yang terukur (E) dihubungkan dengan aktivitas ion analit yang dirumuskan oleh persamaan Nernst.

$$E = E_0 + \frac{0,0591}{z_i} \log a_i \quad (2.3)$$

Keterangan:

E_0 = potensial standar (mV)

z_i = muatan ion

a_i = aktivitas ion analit

(Wang, 2001).

Pengukuran konsentrasi dalam metode potensiometri tidak diperoleh secara langsung dari pengukuran potensial. Oleh karena itu untuk mengetahui nilai konsentrasi perlu diketahui hubungan antara konsentrasi dengan aktivitas. Hubungan antara konsentrasi dengan aktivitas dapat dinyatakan dengan persamaan :

$$a_i = \gamma_i \times c_i \quad (2.4)$$

Keterangan:

a_i = aktivitas ion analit

γ_i = koefisien aktivitas ion analit

c_i = konsentrasi ion analit

(Kim, 2006).

2.6 Software LabVIEW

LabVIEW adalah sebuah software pemrograman yang diproduksi oleh National Instruments dengan konsep yang berbeda seperti bahasa pemrograman lainnya yaitu C++, matlab atau Visual basic , LabVIEW juga mempunyai fungsi dan peranan yang sama, perbedaannya bahwa labVIEW menggunakan bahasa pemrograman berbasis grafis atau blok diagram sementara bahasa pemrograman lainnya menggunakan basis text. Program labVIEW dikenal dengan sebutan Vi atau Virtual instruments karena penampilannya dan operasinya dapat meniru sebuah instrument. User pada labVIEW pertama-tama membuat user interface atau front panel dengan menggunakan control dan indikator, yang dimaksud dengan kontrol adalah knobs, push buttons, dials dan peralatan input lainnya sedangkan yang dimaksud dengan indikator adalah graphs, LEDs dan peralatan display lainnya. Setelah menyusun user interface, lalu user menyusun blok diagram yang berisi

kode-kode VIs untuk mengontrol front panel. Software LabVIEW terdiri dari tiga komponen utama, yaitu *Front Panel*, *Block Diagram* dari VI, *Control* dan *Function Pallett* (Artanto, 2012).

Pembuatan aplikasi Vis harus memperhatikan tipe data tiap simbol agar data flow dapat berjalan semestinya. Tipe data yang tersedia yaitu numerik, boolean dan string. Tipe data dari sebuah simbol dapat diketahui dari warna node atau warna kabel ketika dihubungkan ke simbol lainnya. Untuk tipe data numerik ditandai dengan warna oranye (untuk bilangan float) atau biru (untuk bilangan integer), tipe data boolean ditandai dengan warna hijau dan tipe data string ditandai dengan warna merah muda. LabVIEW banyak digunakan karena memiliki kelebihan. Beberapa kelebihan LabVIEW antara lain :

1. Pembuatan program di LabVIEW jelas dan mudah dipahami, karena berbentuk grafis, dengan instruksi berbentuk ikon-ikon, yang dihubungkan dengan garis untuk menunjukkan aliran data, mirip flowchart.
2. Pembuatan program yang mudah, yaitu hanya dengan menarik keluar ikon instruksi yang sudah tersedia di palet (kotak instruksi), dan menghubungkannya dengan garis ke ikon lain. Garis ini sama seperti variabel pada bahasa pemrograman teks. LabVIEW menyederhanakan pembuatan program, karena garis tersebut hanya akan terhubung apabila tipe datanya sesuai sehingga menghilangkan kebutuhan manajemen memori dan deklarasi tipe data setiap variabel seperti dalam bahasa pemrograman teks. LabVIEW tidak perlu mengingat nama instruksi, karena semua ditampilkan pada palet.
3. Mempersingkat waktu pembuatan program karena mudah dipahami dan mudah dibuat.
4. LabVIEW didesain sebagai sebuah bahasa program paralel (multicore) yang mampu menangani beberapa instruksi sekaligus dalam waktu bersamaan. Hal ini sangat sulit dilakukan dalam bahasa program teks, karena biasanya bahasa program teks mengeksekusi instruksinya secara berurutan per baris, satu demi satu. Pengguna dapat membuat aplikasi eksekusi paralel ini secara mudah dengan menempatkan beberapa struktur loop secara terpisah dalam block diagram dengan LabView.

5. Sifat modular LabVIEW memungkinkan pengguna untuk membuat program yang kompleks dan rumit menjadi sederhana, yaitu dengan cara membuat subprogram, atau di LabVIEW disebut subVI. Ikon-ikon dalam LabVIEW sebenarnya merupakan subVI. Beberapa subVI dapat digabungkan menjadi sebuah subVI. subVI-subVI gabungan tersebut dapat digabungkan lagi menjadi sebuah subVI lain, demikian seterusnya dengan tingkat hirerarki yang tidak terbatas.

(Artanto, 2012).

LabVIEW mulai digunakan pertama kali di dalam laboratorium dan sampai sekarang masih tetap dipakai di beberapa laboratorium, mulai penelitian yang besar dan untuk perkembangan laboratorium di seluruh dunia (seperti di Lawrence Livormore, Argonne, Batelle, Sandia, Laboratorium Jet Propulsion, White Sands, Oak Ridge di Amerika, CERN di Eropa) dan dipakai untuk keperluan belajar-mengajar di beberapa universitas (Travis dan Kring, 2006).

BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Tempat penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Kimia Analitik, Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember. Waktu penelitian dimulai pada bulan Januari 2019 hingga Maret 2019.

3.2 Alat dan Bahan

3.2.1 Alat

Peralatan yang akan digunakan dalam preparasi meliputi gelas ukur, gelas kimia, pengaduk gelas, corong, labu ukur, pipet tetes, pipet volum, pipet mohr, labu erlenmeyer, ball pipet, botol semprot dan neraca.

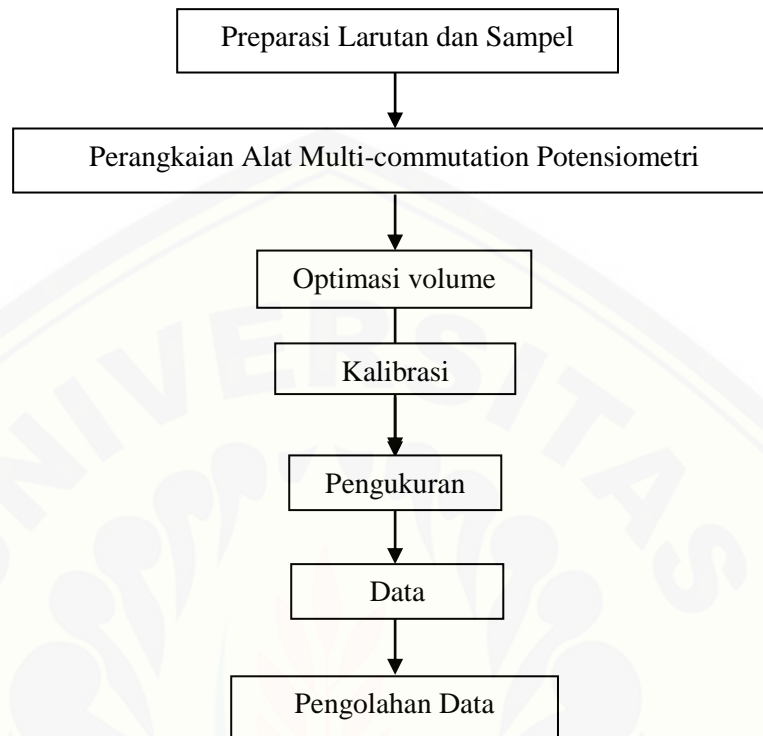
Peralatan yang akan digunakan dalam perangkaian alat meliputi komputer (Software labview 2012), elektroda selektif ion amonium tipe ELIT 8051 komersil, elektroda selektif ion nitrat tipe ELIT 8021 komersil, elektroda referensi tipe ELIT 003 komersil dengan isian CH_3COOLi , konektor, *Arduino Uno*, *three way solenoid valve*, pompa peristaltik, dan *tubing coil*. Go!Link.

3.2.2 Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu NaNO_3 merek *merck* dengan kemurnian 99,5%, $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ merek *merck* dengan kemurnian 99,5%, NH_4Cl merek *merck* dengan kemurnian 99,8%, $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ merek *merck* dengan kemurnian 99%, akuades, kertas saring merek whatman nomer 93 dengan ukuran pori 10 mikron, akuademin merek hydrobatt.

3.3 Diagram Alir

Tahap penelitian ini meliputi



Gambar 3.1. Diagram Analisis ammonium dan nitrat dengan metode *Multi-commutation* menggunakan potensiometri

3.4 Prosedur Penelitian

3.4.1 Preparasi larutan dan sampel

a. Preparasi sampel

Sampel air sumur disaring terlebih dahulu untuk menghilangkan kotoran, kemudian disimpan dalam botol.

b. Pembuatan larutan induk NO_3^- $1,6 \times 10^{-2}\text{M}$

NaNO_3 sebagai larutan primer disiapkan dengan menimbang 1,37 gram NaNO_3 dalam beaker gelas dan dilarutkan dengan akuades kemudian dipindahkan ke labu ukur 1000 mL dan diencerkan dengan akuades sampai tanda batas menggunakan labu ukur.

c. Pembuatan larutan standar NO_3^-

Larutan standar NO_3^- dibuat dengan mengencerkan larutan induk NO_3^- pada labu ukur 100 ml dengan akuades. Variasi konsentrasi larutan standar yang

digunakan adalah $4,84 \times 10^{-6}$ M, $1,6 \times 10^{-5}$ M, $1,6 \times 10^{-4}$ M, $1,6 \times 10^{-3}$ M, $1,6 \times 10^{-2}$ M.

d. Pembuatan larutan ISA $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 2M

Larutan ISA $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 2 M dibuat dengan cara 26,4 gram $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ dilarutkan kedalam labu ukur 100 mL sampai tanda batas.

e. Pembuatan Larutan Induk NH_4^+ $5,6 \times 10^{-2}$ M

NH_4Cl sebagai larutan primer disiapkan dengan menimbang 2,97 gram NH_4Cl dan dilarutkan sampai tanda batas pada labu ukur 1000 mL.

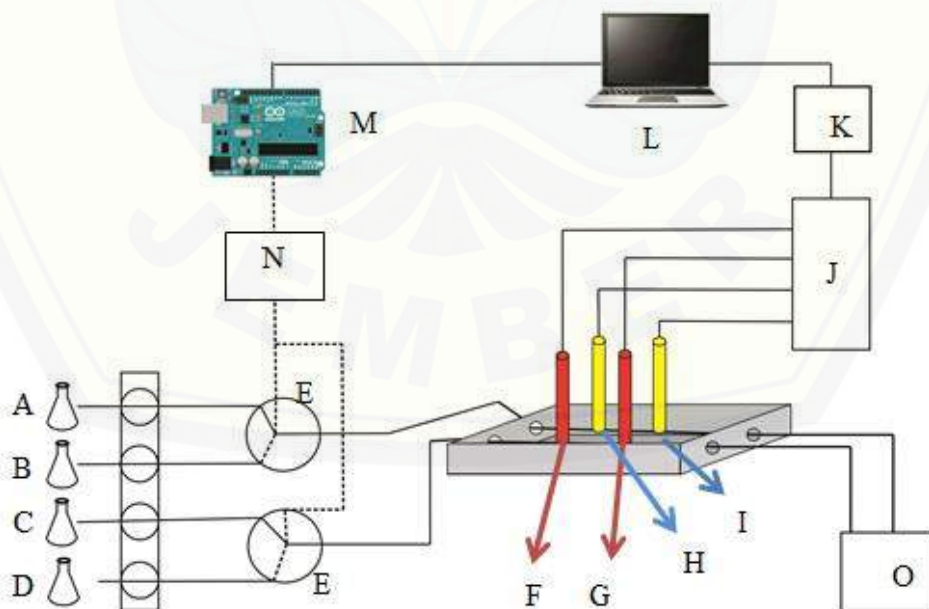
f. Pembuatan Larutan standar NH_4^+

Larutan standar NH_4^+ dibuat dari larutan induk $5,6 \times 10^{-2}$ M yang diencerkan pada labu ukur 100 mL dengan variasi konsentrasi $5,6 \times 10^{-6}$ M, $5,6 \times 10^{-5}$ M, $5,6 \times 10^{-4}$ M, $5,6 \times 10^{-3}$ M, $5,6 \times 10^{-2}$ M.

g. Pembuatan Larutan ISA CuSO_4 1M

Ditimbang 24,97 gram $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ kemudian dimasukkan ke dalam labu ukur 100 mL dan ditambahkan akuades sampai tanda batas.

3.4.2 Skema Alat



Gambar 3.2. Skema analisis Amonium dan Nitrat dengan metode *Multi-Commutation Flow Injection Analysis* menggunakan potensiometri.

Keterangan:

- A = sampel atau larutan standar
- B = carrier atau larutan ISA
- C = sampel atau larutan standar
- D = carrier atau larutan ISA
- E = *valve*
- F = selektif ion elektroda NH_4^+
- G = elektroda referensi
- H = selektif ion elektroda NO_3^-
- I = elektroda referensi
- J = konektor
- K = ADC (Go! Link)
- L = PC
- M = *arduino uno*
- N = pembuangan

3.4.3 Prosedur sistem alir *Multi-commutation*

Kedua *three way valve solenoid* ketika dalam keadaan mati akan mengalirkan sampel menuju ke elektroda ion selektif. Setelah itu, secara bergantian A dan B diaktifkan dimana A untuk sampel, B untuk larutan ISA, sama halnya dengan C dan D dimana C untuk sampel dan D untuk larutan ISA. Waktu pergantian dilakukan sesuai dengan model aliran sampel dan larutan ISA. Pembacaan sinyal dimulai dengan pengambilan larutan ISA dan bertahan dalam jangka waktu yang telah ditentukan.

3.4.4 Penentuan Volume injeksi

Optimasi volume injeksi dilakukan dengan menggunakan larutan standar nitrat dan amonium konsentrasi paling tinggi, yaitu nitrat $1,6 \times 10^{-2}$ M dan amonium $5,6 \times 10^{-2}$ M. Larutan standar ini sebagai larutan yang mengalir, sedangkan larutan ISA $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ dan larutan ISA $(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O})$ sebagai larutan yang diinjeksikan. Larutan diukur secara simultan dengan laju alir 25 $\mu\text{L}/\text{detik}$ dan variasi volume injeksi. Volume injeksi divariasikan menjadi 100 μL , 200 μL , 300 μL , 400 μL dan 500 μL , kemudian ditentukan volume injeksi yang paling optimum.

3.4.5 Pembuatan Kurva Kalibrasi

Pengukuran nilai potensial larutan standar nitrat dan larutan standar amonium dengan variasi konsentrasinya dilakukan pada laju alir 25 $\mu\text{L}/\text{detik}$ dan

volume injeksi yang optimum. Range konsentrasi larutan standar NO_3^- yang digunakan adalah $4,84 \times 10^{-6}$ M, $1,6 \times 10^{-5}$ M, $1,6 \times 10^{-4}$ M, $1,6 \times 10^{-3}$ M, $1,6 \times 10^{-2}$ M dan range konsentrasi NH_4^+ adalah $5,6 \times 10^{-6}$ M, $5,6 \times 10^{-5}$ M, $5,6 \times 10^{-4}$ M, $5,6 \times 10^{-3}$ M, $5,6 \times 10^{-2}$ M. Hasil pengukuran dibuat kurva kalibrasi antara log konsentrasi dengan nilai potensial. Kurva kalibrasi tersebut menghasilkan persamaan regresi ($y = mx + c$) yang digunakan untuk menentukan kadar amonium dan nitrat dalam sampel.

3.4.6 Pengukuran Sampel

Pengukuran nilai potensial sampel air sumur dilakukan pada kondisi laju alir 25 $\mu\text{L}/\text{detik}$ dan volume injeksi optimum. kemudian aliran menuju ke detektor yang berupa potensiometri untuk menghasilkan data yang akan ditampilkan oleh komputer.

3.4.7 Karakteristik Data

Kerja dari suatu alat dapat diketahui baik atau tidaknya dengan mengevaluasi karakteristiknya meliputi Linieritas, sensitivitas, limit deteksi, dan akurasi

a. Linieritas

Uji linieritas ditentukan dengan cara menganalisa hasil kurva kalibrasi. Pengukuran tersebut menghasilkan nilai potensial. Nilai potensial yang diperoleh tiap konsentrasi dirata-rata dan dibuat persamaan garisnya dengan metode regresi linier ($y = mx + c$). Nilai *slope* atau kemiringan (m), intersep (c) dan sebagai parameter adanya hubungan linier digunakan koefisien korelasi (r) yang menggambarkan linieritasnya (Ermer dan Miller, 2005). Hubungan linier yang dapat diterima adalah $> 0,9970$, sedangkan nilai ideal jika $r = +1$ atau $r = -1$ menunjukkan jika hubungan antara kedua peubah sangat erat, sedangkan nilai r yang mendekati nol menggambarkan hubungan antara peubah tidak linier. Jika nilai regresi yang diperoleh kurang dari 0,9970, maka konsentrasi larutan standar yang digunakan diubah-ubah sampai menemukan regresi yang dapat diterima (Miller dan Miller, 2010).

b. Sensitivitas

Nilai sensitivitas diperoleh dari menganalisa persamaan garis dari kurva kalibrasi antara variasi kadar nitrat dan amonium dengan respon detektor yang akan ditunjukkan dari *slope* (m) atau kemiringan kurva kalibrasi tersebut. Nilai sensitivitas yang benar menunjukkan bahwa perubahan kadar yang kecil dari nitrat dan ammonium dapat memberikan respon potensial yang berarti sehingga dapat diperoleh respon sensor yang sangat sensitif.

c. Limit Deteksi

Salah satu analisa data dari detektor adalah kemampuannya untuk mendeteksi konsentrasi suatu analit. Semakin kecil konsentrasi yang bisa dideteksi, semakin baik analisa data dari detektor tersebut. Batas deteksi biasanya dinyatakan dalam mikrogram (μg) atau gamma (Svehla, 1985).

Limit deteksi adalah konsentrasi analit terkecil yang dapat memberikan sinyal atau dideteksi oleh detektor, dapat dirumuskan pada persamaan 3.1:

$$Y_{\text{LOD}} = Y_{\text{B}} + 3S_{\text{D}} \quad (3.1)$$

Keterangan:

Y_{LOD} = limit deteksi,

S_{D} = standart deviasi

Y_{B} = intersep kurva kalibrasi

(Miller dan Miller, 1991).

d. Repeatabilitas

Repeatabilitas ditentukan dengan mengukur deret konsentrasi dari masing-masing analit secara simultan. Setiap pengukuran dilakukan oleh analis yang sama pada kondisi yang sama dengan tiga kali pengulangan dan dalam interval yang pendek.

e. Uji Perolehan Kembali (*Recovery*)

Uji ini diawali dengan pengukuran sampel dari kedua analit secara simultan dan ditentukan konsentrasi sampelnya. Sampel kemudian ditambahkan dengan larutan baku analit dengan perbandingan 1 : 1 sebagai konsentrasi total sampel, kemudian dianalisis secara simultan dan ditentukan konsentrasi total sampel.

BAB 5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang diperoleh maka dapat ditarik beberapa kesimpulan, yaitu sebagai berikut :

1. Variasi larutan ISA yang diinjeksikan berpengaruh terhadap nilai beda potensial dan puncak yang dihasilkan, dimana volume injeksi yang sesuai akan menghasilkan puncak yang baik dan nilai yang stabil. Volume optimum larutan ISA (CuSO_4) dan larutan ISA ($(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$) yang baik dari hasil penelitian yaitu 400 μL dan 500 μL .
2. Sistem injeksi alir *multi-commutation* potensiometri untuk analisis secara simultan menunjukkan kinerja yang baik. Hasil analisis amonium diperoleh koefisien relasi sebesar 0,9991, limit deteksi $2,23 \times 10^{-5}$ M, sensitivitas 45,36 mV dengan nilai keterulangan terbesar 99,87 % dan nilai *recovery* 115 %. Hasil analisis data penentuan nitrat diperoleh koefisien korelasi sebesar 0.9938, limit deteksi $1,31 \times 10^{-5}$ M, sensitivitas -110,65 mV dan keterulangan tertinggi dari pengukuran yaitu 99,18% serta *recovery* sebesar 87%.
3. Kadar amonium yang terdapat dalam air sumur sebesar $1,28 \times 10^{-4}$ M dan kadar nitrat dalam sampel yang sama yaitu $2,49 \times 10^{-4}$ M. Kadar amonium dalam sampel air sumur melebihi ambang batas yaitu sebesar $2,41 \times 10^{-5}$ M dan kadar nitrat dalam dalam sampel air sumur dibawah ambang atas yaitu $2,7 \times 10^{-3}$ M.

5.2 Saran

Berdasarkan pengamatan terhadap hasil yang diperoleh, perlu dilakukan uji kalibrasi secara lebih teliti dan berkala terhadap elektroda selektif ion untuk mengetahui keakuratannya.

DAFTAR PUSTAKA

- Ardian, W. 2013. *Alat Pengekstrak Kunyit Otomatis Berbasis Arduino Uno*. https://repository.usd.ac.id/267/2/115114014_full.pdf.
- Artanto, Dian. 2012. *Interaksi Arduino dan LabView*. Jakarta: PT Gramedia.
- B. Gustomo. 2015. *Pengenalan Arduino dan Pemrogramannya*. Bandung : Informatika Bandung.
- Campbell.2002. *Biologi Edisi Kelima-jilid 1*. Jakarta: Erlangga.
- Cerda, V., Ferrer, L., Avivar, J., dan Cerda, A. 2014. *Flow Analysis A Practical Guide*. Poland: Elsevier.
- Christian, G. D. 1989. *Analytical Chemistry*. Canada: John Willey and son inc.
- Day, R. A. dan A.L. Underwood. 1986. *Analisis Kimia Kuantitatif*. Jakarta: Erlangga.
- Dewi, S. N., Joko, T., & Dewanti, N. A. Y. 2016. Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan Pencemaran Nitrat (NO_3) pada Air Sumur Gali di Kawasan Pertanian Desa Tumpukan Kecamatan Karangdowo Kabupaten Klaten. *Jurnal Kesehatan Masyarakat*, 4(3), 204–212.
- Effendi, H. 2003. *Telaah Kualitas air Bagi Pengelolaan Sumber Daya Air dan Lingkungan*. Yogyakarta: kanisius.
- Ermer, J., dan Miller, J. H. McB. 2005. *Method Validation in Pharmaceutical Analysis. A Guide to Best Practice*. Weinheim: Wiley-VchVerlag GmbH & Co.
- Harvey, D. 2016. *Flow Injection Analysis*. <https://chem.libretexts.org>. [Diakses pada 11 Desember 2017].

- Hendayana, Sumar. 1994. *Kimia Analitik Instrumen*. Semarang: IKIP Semarang Press.
- Jaakkola, M., Lipponen, M., Kallio, J., & Virtanen, V. 2012. A capillary electrophoresis method for the simultaneous analysis of ammonium and metals in animal wastes used in biogas production. *Analytical Methods*, 4(8), 2278–2282.
- JM Gregory, RQ Hackett, C Vincent-Smith. 2010. *Cara Praktis Belajar Elektronika*. Jakarta : PT.Gramedia.
- Kadir, Abdul. 2016. *Scratch for Arduino*. Yogyakarta: Andi Offset.
- Kanisius. 1993. *Dasar-dasar Bercocok Tanam*. Yogyakarta : Penerbit Kanisius.
- Karlberg, B dan E. Pacey. Gil. 1989. *Flow Injection Analysis A Practical Guide*. New York: Elsevier Science Publishing Company Inc.
- Kennedy, J. H. 1990. *Analytical Chemistry*. 2nd edition. New York: Saunders College Publishing.
- Khopkar, S. M. 1990. *Konsep Dasar Kimia Analitik*. Jakarta: Universitas Indonesia.
- Kim, H. J., Hummel, J. W., dan Birrell, S. J. 2006. Evaluation of Nitrate and Potassium Ion-Selective Membranes for Soil Macronutrient Sensing. *American Society of Agricultural and Biological Engineers. J.Chem.* 49(3): 597-606.
- Lavorante A. F., Feres, M. A., dan Reis, B. F. 2007. Multi-commutation in Flow analysis: A Versatile Tool for the Development of the Automatic Analytical Procedure Focused on the Reduction of Reagent Consumption. *Spectroscopy Letters*. 39: 631-650.
- Lubrano, A. L., Andrews, B., Hammond, M., Collins, G. E., & Rose-Pehrsson, S. 2016. Analysis of ammonium nitrate headspace by on-fiber solid phase

microextraction derivatization with gas chromatography mass spectrometry. *Journal of Chromatography A*, 1429, 8–12.

Martinovic, A., S. C. Stefenovic, dan N. Radic. 2008. Flow injection analysis with two parallel detectors: potentiometric and spectrophotometric determination of thiols and ascorbic in mixture. *J. Chem. Metrl.* 2(1): 1-12.

Miller, J.C. dan J.N. Miller. 2010. *Statistics and Chemometrics for Analytical Chemistry Sixth edition*. England: Pearson Education Limited.

Miller, J.C. dan J.N. Miller. 1991. *Statistik Untuk Kimia Analitik Edisi Kedua*. Alih Bahasa oleh Suroso. Bandung: Institut Teknologi Bandung.

Mukhlis, Fauzi. 2003. *Pergerakan Unsur Hara Nitrogen dalam Tanah*. Sumatra Utara: Universitas Sumatra Utara.

Patton, C. J., & Kryskalla, J. R. 2011. Colorimetric Determination of Nitrate Plus Nitrite in Water by Enzymatic Reduction , Automated Discrete Analyzer Methods. *U.S. Geological Survey Techniques and Methods, Book 5*, 34.

Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia. Nomor 492/MENKES/PER IV/2010. Persyaratan Kualitas Air Minum. 19 April 2010. Jakarta.

Pramauro, E., Pelizzetti, E., dan Weber, S. G. 1996. *Wilson and Wilson's Comprehensive analytical chemistry*. Amsterdam: Elsevier.

Riyanto. 2014. *Validasi dan Verifikasi*. Yogyakarta: Deepublish.

Ruzicka, J. And Hansen, E. H. 1975. Flow Injection Analysis: Part I. A New concept of fast continuous flow analysis. *Analytica Chimica Acta*. 78: 145-1557.

Rocha, F. R. P., Reis, B. F., Zagatto, E. A. G., Lima, J. LF. C., and Lapa, R. A. 2002. Multicommutation in flow analysis: concept, applications and trends. *Analytica Chimica Acta*. 468: 199-131.

- Skoog, D. A. dan J. J. Leary. 1992. *Principle of Instrumental Analysis*. New York: Sounders Collage Publishing.
- Skoog, D. A., Holler, F. J., dan Crouch, S. R. 2007. *Principles of Instrumental Analysis*. New York: Sounders College Publishing.
- Soemirat, Juli. 1994. *Kesehatan Lingkungan*. Jakarta: Mutiara Sumber Widya.
- Strzelak, K., A. Wiśniewska, D. Bobilewicz, R. Koncki. 2014. Multicommutated Flow Analysis System for Determination of Total Protein in Cerebrospinal Fluid. *Talanta*. 128: 38-43.
- Sukarti, E. 1998. Teknik Analisis Suntik Alir Potensiometri dengan Elektrode Membran Ion Selektif. *Jurnal Ilmiah Widya Mandala*. (5): 002.
- Svehla, G. 1985. *Vogel Buku Analisis Anorganik Kualitatif Makro dan Semimikro* edisi kelima. Jakarta: PT. Kalman Media Pusaka.
- Travis, J dan Kring, J. 2006. *LabVIEW for Everyone Third Edition*. Publisher Prentice Hall, New Jersey.
- Trojanowicz, M. 2008. *Advances In Flow Injection Analysis*. Weinheim: WILEY-VCH Verlag GmbH & Co.kGAA.
- Tymecki, L., J. Korszun, K. Strzelak, R. Koncki. 2013. Multicommutated Flow Analysis System for Determination of Creatinine in Physiological Fluids by Jaffe Method. *Analytica Chimica*. 787: 118-125.
- Wang, Joseph.2001. *Analytical Electrochemistry*. New York: Wiley-Vch.

LAMPIRAN

Lampiran 3.1 Pembuatan Larutan Nitrat

3.1.1 Pembuatan Larutan induk Nitrat 1000 ppm

$$M_r \text{ NaNO}_3 = 85 \text{ g/mol}$$

$$M_r \text{ NO}_3^- = 62.01 \text{ g/mol}$$

$$1000 \text{ ppm} = \frac{1000 \text{ mg}}{1000 \text{ mL}}$$

$$\text{Massa NO}_3^- = \frac{85.00 \text{ g/mol}}{62.01 \text{ g/mol}} \times 1000 \text{ mg} = 1370 \text{ mg} = 1.37 \text{ g}$$

3.1.2 Pembuatan Larutan Standar Nitrat

a) 0,3 ppm

$$M_1 \cdot V_1 = M_2 \cdot V_2$$

$$0,3 \text{ ppm} \times 100 \text{ mL} = 1000 \text{ ppm} \times V_2$$

$$V_2 = 0.03 \text{ mL}$$

b) 1 ppm

$$M_1 \cdot V_1 = M_2 \cdot V_2$$

$$1 \text{ ppm} \times 100 \text{ mL} = 1000 \text{ ppm} \times V_2$$

$$V_2 = 0.1 \text{ mL}$$

c) 10 ppm

$$M_1 \cdot V_1 = M_2 \cdot V_2$$

$$10 \text{ ppm} \times 100 \text{ mL} = 1000 \text{ ppm} \times V_2$$

$$V_2 = 1.0 \text{ mL}$$

d) 100 ppm

$$M_1 \cdot V_1 = M_2 \cdot V_2$$

$$100 \text{ ppm} \times 100 \text{ mL} = 1000 \text{ ppm} \times V_2$$

$$V_2 = 10 \text{ mL}$$

e) 1000 ppm

$$M_1 \cdot V_1 = M_2 \cdot V_2$$

$$1000 \text{ ppm} \times 100 \text{ mL} = 1000 \text{ ppm} \times V_2$$

$$V_2 = 100 \text{ mL}$$

3.1.3 Pembuatan larutan ISA $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 2 M

$$\text{Mol} = M \times \text{Volume}$$

$$= 2 \text{ M} \times 0,1 \text{ L}$$

$$= 0,2 \text{ mol}$$

$$\text{Massa} = \text{mol} \times \text{Mr}$$

$$= 0,2 \text{ mol} \times 132\text{g/mol}$$

$$= 26,4 \text{ g}$$

Lampiran 3.2 Pembuatan Larutan Amonium

3.2.1 Pembuatan Larutan induk ammonium 1000 ppm

$$\text{Mr NH}_4\text{Cl} = 53,5 \text{ g/mol}$$

$$\text{Mr NH}_4^+ = 18 \text{ g/mol}$$

$$1000 \text{ ppm} = \frac{1000 \text{ mg}}{1000 \text{ mL}}$$

$$\text{Massa NO}_3^- = \frac{53,5 \text{ g/mol}}{18 \text{ g/mol}} \times 1000 \text{ mg} = 2972 \text{ mg} = 2,972 \text{ g}$$

3.2.2 Pembuatan Larutan Standar ammonium

f) 0,1 ppm

$$M_1 \cdot V_1 = M_2 \cdot V_2$$

$$0,1 \text{ ppm} \times 100 \text{ mL} = 1000 \text{ ppm} \times V_2$$

$$V_2 = 0.01 \text{ mL}$$

g) 1 ppm

$$M_1 \cdot V_1 = M_2 \cdot V_2$$

$$1 \text{ ppm} \times 100 \text{ mL} = 1000 \text{ ppm} \times V_2$$

$$V_2 = 0.1 \text{ mL}$$

h) 10 ppm

$$M_1 \cdot V_1 = M_2 \cdot V_2$$

$$10 \text{ ppm} \times 100 \text{ mL} = 1000 \text{ ppm} \times V_2$$

$$V_2 = 1.0 \text{ mL}$$

i) 100 ppm

$$M_1 \cdot V_1 = M_2 \cdot V_2$$

$$100 \text{ ppm} \times 100 \text{ mL} = 1000 \text{ ppm} \times V_2$$

$$V_2 = 10 \text{ mL}$$

j) 1000 ppm

$$M_1 \cdot V_1 = M_2 \cdot V_2$$

$$1000 \text{ ppm} \times 100 \text{ mL} = 1000 \text{ ppm} \times V_2$$

$$V_2 = 100 \text{ mL}$$

3.2.3 Pembuatan larutan ISA $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 1 M

$$\text{Mol} = M \times \text{Volume}$$

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

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

$$\text{Massa} = \text{mol} \times M_r$$

$$= 0,1 \text{ mol} \times 249,7 \text{ g/mol}$$

$$= 24,97 \text{ g}$$

Keterangan:

Amonium	Nitrat
1000 ppm = $5,6 \times 10^{-2} \text{ M}$	1000 ppm = $1,6 \times 10^{-2} \text{ M}$
100 ppm = $5,6 \times 10^{-3} \text{ M}$	100 ppm = $1,6 \times 10^{-3} \text{ M}$
10 ppm = $5,6 \times 10^{-4} \text{ M}$	10 ppm = $1,6 \times 10^{-4} \text{ M}$
1 ppm = $5,6 \times 10^{-5} \text{ M}$	1 ppm = $1,6 \times 10^{-5} \text{ M}$
0,1 ppm = $5,6 \times 10^{-6} \text{ M}$	0,3 ppm = $4,84 \times 10^{-6} \text{ M}$

Lampiran 4.1 Optimasi

4.1.1 Data optimasi volume injeksi Larutan ISA Nitrat

Pengulangan	Beda Potensial (mV)		
	1	2	3
100 μL	604,598	606,943	607,465
200 μL	619,284	607,86	608,452
300 μL	616,886	612,639	619,829
400 μL	648,224	664,671	656,362
500 μL	765,921	749,552	737,489

4.1.2 Data optimasi volume injeksi Larutan ISA Amonim

Pengulangan	Beda Potensial (mV)		
	1	2	3
100 μL	409,356	408,897	405,485
200 μL	414,879	416,535	408,115
300 μL	421,997	417,019	421,426
400 μL	481,704	476,021	474,247
500 μL	444,929	448,476	452,405

Lampiran 4.2 Pembuatan Kurva Kalibrasi

Amonium		
Konsentrasi (M)	Log Konsentrasi	Beda Potensial (mV)
$5,6 \times 10^{-6}$	-5,251811973	231,841
$5,6 \times 10^{-5}$	-4,251811973	280,879
$5,6 \times 10^{-4}$	-3,251811973	323,931
$5,6 \times 10^{-3}$	-2,251811973	372,494
$5,6 \times 10^{-2}$	-1,251811973	412,877

Nitrat		
Konsentrasi (M)	Log Konsentrasi	Beda Potensial (mV)
$4,84 \times 10^{-6}$	-5,315154638	518,42
$1,6 \times 10^{-5}$	-4,795880017	428,05
$1,6 \times 10^{-4}$	-3,795880017	328,13
$1,6 \times 10^{-3}$	-2,795880017	218,16
$1,6 \times 10^{-2}$	-1,795880017	119,15

Lampiran 4.3 Perhitungan Limit Deteksi

4.3.3 Limit Deteksi Nitrat

Ulangan	Potensial Blanko (Y)
1	453,2072
2	453,2316
3	453,4251
4	453,2594
5	453,4227
6	453,3894
7	453,3545
8	453,2866
9	453,2707
10	453,264
Rata-rata (Y_B)	453,3111
S_D	0,080069

$$\begin{aligned}
 Y_{\text{LOD}} &= Y_B + 3S_D \\
 &= 453,3111 + 3(0,080069) \\
 &= 453,5511
 \end{aligned}$$

$$x = \frac{Y - C}{m}$$

$$x = \frac{453,5111 + 86,995}{-110,65} = -4,88$$

$$\text{Log} [\text{NO}_3^-] = -4,88$$

$$\text{Antilog} [\text{NO}_3^-] = 0.0000131 \text{ M} = 1,31 \times 10^{-5} \text{ M}$$

Jadi, konsentrasi terkecil yang dapat dideteksi untuk metode analisis sistem alir yaitu $1,31 \times 10^{-5} \text{ M}$.

4.3.4 Limit Deteksi Amonium

Ulangan	Potensial Blanko (Y)
1	260,3564
2	260,4381
3	260,4582
4	260,4326
5	260,4347
6	260,4793
7	260,4305
8	260,4097
9	260,4555
10	260,4015
Rata-rata (Y_B)	260,4297
S_D	0,034331

$$\begin{aligned}
 Y_{\text{LOD}} &= Y_B + 3S_D \\
 &= 260,4297 + 3(0,034331) \\
 &= 260,5317
 \end{aligned}$$

$$x = \frac{Y - C}{m}$$

$$x = \frac{260,5317 - 471,93}{45,369} = -4,65$$

$$\text{Log} [\text{NH}_4^+] = -4,65$$

$$\text{Antilog} [\text{NH}_4^+] = 0.0000223 \text{ M} = 2,23 \times 10^{-5} \text{ M}$$

Jadi, konsentrasi terkecil yang dapat dideteksi untuk metode analisis sistem alir yaitu $2,23 \times 10^{-5} \text{ M}$.

Lampiran 4.4 Perhitungan Keterulangan (*Repeatability*)

$$Kv = \left[\frac{SD}{x} \right] \cdot 100\%$$

4.4.1 Nitrat

Konsentrasi (M)	Beda Potensial (mV)			Rata - rata	S _D	Kv (%)
	1	2	3			
$4,84 \times 10^{-6}$	256,559	256,584	262,682	258,6085	0,70711	1,36417
$1,6 \times 10^{-5}$	252,106	244,672	248,877	248,5517	3,72762	1,49974
$1,6 \times 10^{-4}$	445,077	440,115	447,296	444,16253	3,67695	0,82784
$1,6 \times 10^{-3}$	570,467	563,358	572,443	568,75617	4,77807	0,84009
$1,6 \times 10^{-2}$	544,607	536,356	536,208	539,0569	4,80709	0,89176

4.4.2 Amonium

Konsentrasi (M)	Beda Potensial (mV)			Rata - rata	SD	Kv (%)
	1	2	3			
$5,6 \times 10^{-6}$	228,684	228,374	229,52	228,8595	0,59274	0,259
$5,6 \times 10^{-5}$	273,925	272,707	272,266	272,96573	0,85959	0,31491
$5,6 \times 10^{-4}$	331,843	331,913	331,12	331,62523	0,43876	0,13231
$5,6 \times 10^{-3}$	382,302	380,865	381,363	381,50997	0,73003	0,19135
$5,6 \times 10^{-2}$	426,422	421,192	424,073	423,8954	2,61984	0,61804

Lampiran 4.5 Perhitungan konsentrasi Sampel dan Uji recovery

4.5.1 Data pengukuran Potensial pada sampel

Pengulangan	Beda Potensial (mV)		
	1	2	3
Amonium	295,208	295,248	295,255
Nitrat	312,323	312,33	313,333

4.5.2 Data pengukuran Potensial pada uji recovery

Pengulangan	potensial(mV)		
	1	2	3
Amonium	294,853	295,002	294,764
Nitrat	316,348	316,385	316,371

4.5.3 Amonium

a. Amonium dalam sampel

Pengulangan 1

$$\text{Persamaan Kurva Kalibrasi } y = 45,369x + 471,93$$

Perhitungan konsentrasi amonium dalam sampel (M) :

$$\begin{aligned} y &= 295,208 \\ y &= 45,369x + 471,93 \\ 295,208 &= 45,369x + 471,93 \\ 295,208 - 471,93 &= 45,369x \\ -176,722 &= 45,369x \\ x &= -3,89 \end{aligned}$$

$$\text{Anti log } [\text{NH}_4^+] = 0,000128 \text{ M} = 1,28 \times 10^{-4} \text{ M}$$

Pengulangan 2

$$\text{Persamaan Kurva Kalibrasi } y = 45,369x + 471,93$$

Perhitungan konsentrasi amonium dalam sampel (M) :

$$\begin{aligned} y &= 295,208 \\ y &= 45,369x + 471,93 \\ 295,208 &= 45,369x + 471,93 \\ 295,208 - 471,93 &= 45,369x \\ -176,682 &= 45,369x \\ x &= -3,89 \end{aligned}$$

$$\text{Anti log } [\text{NH}_4^+] = 0,000128 \text{ M} = 1,28 \times 10^{-4} \text{ M}$$

Pengulangan 3

$$\text{Persamaan Kurva Kalibrasi } y = 45,369x + 471,93$$

Perhitungan konsentrasi amonium dalam sampel (M) :

$$\begin{aligned} y &= 295,208 \\ y &= 45,369x + 471,93 \\ 295,208 &= 45,369x + 471,93 \\ 295,208 - 471,93 &= 45,369x \end{aligned}$$

$$-176,675 = 45,369x$$

$$x = -3,89$$

$$\text{Anti log } [\text{NH}_4^+] = 0,000128 \text{ M} = 1,28 \times 10^{-4} \text{ M}$$

- b. Perhitungan konsentrasi amonium dalam campuran sampel dan larutan standar

Pengulangan 1

$$y = 295,069$$

$$y = 45,369x + 471,93$$

$$295,069 = 45,369x + 471,93$$

$$295,069 - 471,93 = 45,369x$$

$$-176,861 = 45,369x$$

$$x = -3,89$$

$$\text{Anti log } [\text{NH}_4^+] = 0,000128 \text{ M} = 1,28 \times 10^{-4} \text{ M}$$

$$\text{Sampel: } 0,000128 \frac{\text{mol}}{\text{L}} \times \frac{1\text{L}}{1000\text{mL}} \times 10\text{mL} \times \frac{18\text{g}}{1\text{mol}} \times \frac{1000\text{mg}}{1\text{g}} = 0,02304\text{mg}$$

$$\text{Standar: } 0,000111 \frac{\text{mol}}{\text{L}} \times \frac{1\text{L}}{1000\text{mL}} \times 10\text{mL} \times \frac{18\text{g}}{1\text{mol}} \times \frac{1000\text{mg}}{1\text{g}} = 0,01998\text{mg}$$

$$\text{Sampel+Standar: } 0,000128 \frac{\text{mol}}{\text{L}} \times \frac{1\text{L}}{1000\text{mL}} \times 20\text{mL} \times \frac{18\text{g}}{1\text{mol}} \times \frac{1000\text{mg}}{1\text{g}} = 0,4608\text{mg}$$

$$\% \text{ Recovery} = \frac{[\text{C}]_{\text{sampel} + \text{spike}} - [\text{C}]_{\text{sampel}}}{[\text{C}]_{\text{spike}}} \cdot 100\%$$

$$\% \text{ Recovery} = \frac{(0,04608 - 0,02304)}{0,01998} \cdot 100\% = 115\%$$

Pengulangan 2

$$y = 295,069$$

$$y = 45,369x + 471,93$$

$$295,069 = 45,369x + 471,93$$

$$295,069 - 471,93 = 45,369x$$

$$-176,867 = 45,369x$$

$$x = -3,89$$

$$\text{Anti log } [\text{NH}_4^+] = 0,000128 \text{ M} = 1,28 \times 10^{-4} \text{ M}$$

$$\text{Sampel: } 0,000128 \frac{\text{mol}}{\text{L}} \times \frac{1\text{L}}{1000\text{mL}} \times 10\text{mL} \times \frac{18\text{g}}{1\text{mol}} \times \frac{1000\text{mg}}{1\text{g}} = 0,02304\text{mg}$$

$$\text{Standar: } 0,000111 \frac{\text{mol}}{\text{L}} \times \frac{1\text{L}}{1000\text{mL}} \times 10\text{mL} \times \frac{18\text{g}}{1\text{mol}} \times \frac{1000\text{mg}}{1\text{g}} = 0,01998\text{mg}$$

$$\text{Sampel+Standar: } 0,000128 \frac{\text{mol}}{\text{L}} \times \frac{1\text{L}}{1000\text{mL}} \times 20\text{mL} \times \frac{18\text{g}}{1\text{mol}} \times \frac{1000\text{mg}}{1\text{g}} = 0,4608\text{mg}$$

$$\% \text{ Recovery} = \frac{[C]_{\text{sampel} + \text{spike}} - [C]_{\text{sampel}}}{[C]_{\text{spike}}} \cdot 100\%$$

$$\% \text{ Recovery} = \frac{(0,04608 - 0,02304)}{0,01998} \cdot 100\% = 115\%$$

Pengulangan 3

$$y = 295,069$$

$$y = 45,369x + 471,93$$

$$295,069 = 45,369x + 471,93$$

$$295,069 - 471,93 = 45,369x$$

$$-176,864 = 45,369x$$

$$x = -3,89$$

$$\text{Anti log } [\text{NH}_4^+] = 0,000128 \text{ M}$$

$$\text{Sampel: } 0,000128 \frac{\text{mol}}{\text{L}} \times \frac{1\text{L}}{1000\text{mL}} \times 10\text{mL} \times \frac{18\text{g}}{1\text{mol}} \times \frac{1000\text{mg}}{1\text{g}} = 0,02304\text{mg}$$

$$\text{Standar: } 0,000111 \frac{\text{mol}}{\text{L}} \times \frac{1\text{L}}{1000\text{mL}} \times 10\text{mL} \times \frac{18\text{g}}{1\text{mol}} \times \frac{1000\text{mg}}{1\text{g}} = 0,01998\text{mg}$$

$$\text{Sampel+Standar: } 0,000128 \frac{\text{mol}}{\text{L}} \times \frac{1\text{L}}{1000\text{mL}} \times 20\text{mL} \times \frac{18\text{g}}{1\text{mol}} \times \frac{1000\text{mg}}{1\text{g}} = 0,4608\text{mg}$$

$$\% \text{ Recovery} = \frac{[C]_{\text{sampel} + \text{spike}} - [C]_{\text{sampel}}}{[C]_{\text{spike}}} \cdot 100\%$$

$$\% \text{ Recovery} = \frac{(0,04608 - 0,02304)}{0,01998} \cdot 100\% = 115\%$$

Nilai %recovery dari amonium pada pengulangan ke 1 yaitu 115%, pengulangan ke 2 yaitu 115%, dan pengulangan ke 3 yaitu 115%. Nilai rata-ratanya yaitu 115%.

4.5.4 Nitrat

a. Nitrat dalam sampel

Pengulangan 1

$$\text{Persamaan Kurva Kalibrasi } y = -110,65x - 86,995$$

Perhitungan konsentrasi nitrat dalam sampel (M) :

$$\begin{aligned} y &= 312,323 \\ y &= -110,65x - 86,995 \\ 312,323 &= -110,65x - 86,995 \\ 312,323 + 86,995 &= -110,65x \\ 399,318 &= -110,65x \\ x &= -3,60 \end{aligned}$$

$$\text{Anti log } [\text{NO}_3^-] = 0,0000251 \text{ M} = 2,51 \times 10^{-4} \text{ M}$$

Pengulangan 2

$$\text{Persamaan Kurva Kalibrasi } y = -110,65x - 86,995$$

Perhitungan konsentrasi nitrat dalam sampel (M) :

$$\begin{aligned} y &= 312,323 \\ y &= -110,65x - 86,995 \\ 312,323 &= -110,65x - 86,995 \\ 312,323 + 86,995 &= -110,65x \\ 399,318 &= -110,65x \\ x &= -3,60 \end{aligned}$$

$$\text{Anti log } [\text{NO}_3^-] = 0,0000251 \text{ M} = 2,51 \times 10^{-5} \text{ M}$$

Pengulangan 3

$$\text{Persamaan Kurva Kalibrasi } y = -110,65x - 86,995$$

Perhitungan konsentrasi nitrat dalam sampel (M)

$$\begin{aligned}
 y &= 312,323 \\
 y &= -110,65x - 86,995 \\
 312,323 &= -110,65x - 86,995 \\
 312,323 + 86,995 &= -110,65x \\
 400,318 &= -110,65x \\
 x &= -3,61
 \end{aligned}$$

$$\text{Anti log } [\text{NO}_3^-] = 0,0000245 \text{ M}$$

b. Perhitungan konsentrasi Nitrat dalam campuran sampel dan larutan standar

Pengulangan 1

$$\begin{aligned}
 y &= 316,347 \\
 y &= -110,65x - 86,995 \\
 316,347 &= -110,65x - 86,995 \\
 316,347 + 86,995 &= -110,65x \\
 403,342 &= -110,65x \\
 x &= -3,64
 \end{aligned}$$

$$\text{Anti log } [\text{NO}_3^-] = 0,000229 \text{ M} = 2,29 \times 10^{-4} \text{ M}$$

$$\text{Sampel: } 0,000249 \frac{\text{mol}}{\text{L}} \times \frac{1\text{L}}{1000\text{mL}} \times 10\text{mL} \times \frac{62\text{g}}{1\text{mol}} \times \frac{1000\text{mg}}{1\text{g}} = 0,15438\text{mg}$$

$$\text{Standar: } 0,000241 \frac{\text{mol}}{\text{L}} \times \frac{1\text{L}}{1000\text{mL}} \times 10\text{mL} \times \frac{62\text{g}}{1\text{mol}} \times \frac{1000\text{mg}}{1\text{g}} = 0,14942\text{mg}$$

$$\text{Sampel+Standar: } 0,000229 \frac{\text{mol}}{\text{L}} \times \frac{1\text{L}}{1000\text{mL}} \times 20\text{mL} \times \frac{62\text{g}}{1\text{mol}} \times \frac{1000\text{mg}}{1\text{g}} = 0,28396\text{mg}$$

$$\% \text{ Recovery} = \frac{[\text{C}]_{\text{sampel} + \text{spike}} - [\text{C}]_{\text{sampel}}}{[\text{C}]_{\text{spike}}} \cdot 100\%$$

$$\% \text{ Recovery} = \frac{(0,28396 - 0,15438)}{0,14942} \cdot 100\% = 87\%$$

Pengulangan 2

$$\begin{aligned}
 y &= 316,384 \\
 y &= -110,65x - 86,995 \\
 316,384 &= -110,65x - 86,995
 \end{aligned}$$

$$316,384 + 86,995 = -110,65x$$

$$403,379 = -110,65x$$

$$x = -3,64$$

$$\text{Anti log } [\text{NO}_3^-] = 0,000229 \text{ M} = 2,29 \times 10^{-4} \text{ M}$$

$$\text{Sampel: } 0,000249 \frac{\text{mol}}{\text{L}} \times \frac{1\text{L}}{1000\text{mL}} \times 10\text{mL} \times \frac{62\text{g}}{1\text{mol}} \times \frac{1000\text{mg}}{1\text{g}} = 0,15438\text{mg}$$

$$\text{Standar: } 0,000241 \frac{\text{mol}}{\text{L}} \times \frac{1\text{L}}{1000\text{mL}} \times 10\text{mL} \times \frac{62\text{g}}{1\text{mol}} \times \frac{1000\text{mg}}{1\text{g}} = 0,14942\text{mg}$$

$$\text{Sampel+Standar: } 0,000229 \frac{\text{mol}}{\text{L}} \times \frac{1\text{L}}{1000\text{mL}} \times 20\text{mL} \times \frac{62\text{g}}{1\text{mol}} \times \frac{1000\text{mg}}{1\text{g}} = 0,28396\text{mg}$$

$$\% \text{ Recovery} = \frac{[\text{C}]_{\text{sampel} + \text{spike}} - [\text{C}]_{\text{sampel}}}{[\text{C}]_{\text{spike}}} \cdot 100\%$$

$$\% \text{ Recovery} = \frac{(0,28396 - 0,15438)}{0,14942} \cdot 100\% = 87\%$$

Pengulangan 3

$$y = 316,371$$

$$y = -110,65x - 86,995$$

$$316,371 = -110,65x - 86,995$$

$$316,371 + 86,995 = -110,65x$$

$$403,336 = -110,65x$$

$$x = -3,64$$

$$\text{Anti log } [\text{NO}_3^-] = 0,000229 \text{ M}$$

$$\text{Sampel: } 0,000249 \frac{\text{mol}}{\text{L}} \times \frac{1\text{L}}{1000\text{mL}} \times 10\text{mL} \times \frac{62\text{g}}{1\text{mol}} \times \frac{1000\text{mg}}{1\text{g}} = 0,15438\text{mg}$$

$$\text{Standar: } 0,000241 \frac{\text{mol}}{\text{L}} \times \frac{1\text{L}}{1000\text{mL}} \times 10\text{mL} \times \frac{62\text{g}}{1\text{mol}} \times \frac{1000\text{mg}}{1\text{g}} = 0,14942\text{mg}$$

$$\text{Sampel+Standar: } 0,000229 \frac{\text{mol}}{\text{L}} \times \frac{1\text{L}}{1000\text{mL}} \times 20\text{mL} \times \frac{62\text{g}}{1\text{mol}} \times \frac{1000\text{mg}}{1\text{g}} = 0,28396\text{mg}$$

$$\% \text{ Recovery} = \frac{[C]_{\text{sampel}} + \text{spike} - [C]_{\text{sampel}}}{[C]_{\text{spike}}} \cdot 100\%$$

$$\% \text{ Recovery} = \frac{(0,28396 - 0,15438)}{0,14942} \cdot 100\% = 87\%$$

Nilai %recovery dari amonium pada pengulangan ke 1 yaitu 87%, pengulangan ke 2 yaitu 87%, dan pengulangan ke 3 yaitu 87%. Nilai rata-ratanya yaitu 87%.

4.6 Konversi satuan ppm ke satuan molaritas

4.6.1 Amonium

Mr NH_4^+ = 18 gram/mol

a. 1000 ppm NH_4^+

$$1000 \text{ ppm } \text{NH}_4^+ = \frac{1000 \text{ mg}}{1 \text{ L}} = \frac{1000 \text{ mg}}{18 \text{ gram/mol}} \times \frac{1}{\text{L}} = 0,056 \text{ M} = 5,6 \times 10^{-2} \text{ M}$$

b. 100 ppm NH_4^+

$$100 \text{ ppm } \text{NH}_4^+ = \frac{100 \text{ mg}}{1 \text{ L}} = \frac{100 \text{ mg}}{18 \text{ gram/mol}} \times \frac{1}{\text{L}} = 0,0056 \text{ M} = 5,6 \times 10^{-3} \text{ M}$$

c. 10 ppm NH_4^+

$$10 \text{ ppm } \text{NH}_4^+ = \frac{10 \text{ mg}}{1 \text{ L}} = \frac{10 \text{ mg}}{18 \text{ gram/mol}} \times \frac{1}{\text{L}} = 0,00056 \text{ M} = 5,6 \times 10^{-4} \text{ M}$$

d. 1 ppm NH_4^+

$$1 \text{ ppm } \text{NH}_4^+ = \frac{1 \text{ mg}}{1 \text{ L}} = \frac{1 \text{ mg}}{18 \text{ gram/mol}} \times \frac{1}{\text{L}} = 0,000056 \text{ M} = 5,6 \times 10^{-5} \text{ M}$$

e. 0,1 ppm NH_4^+

$$0,1 \text{ ppm } \text{NH}_4^+ = \frac{0,1 \text{ mg}}{1 \text{ L}} = \frac{0,1 \text{ mg}}{18 \text{ gram/mol}} \times \frac{1}{\text{L}} = 0,0000056 \text{ M} = 5,6 \times 10^{-6} \text{ M}$$

4.6.2 Nitrat

Mr NO_3^- = 62 gram/mol

a. 1000 ppm NO_3^-

$$1000 \text{ ppm } \text{NO}_3^- = \frac{1000 \text{ mg}}{1 \text{ L}} = \frac{1000 \text{ mg}}{62 \text{ gram/mol}} \times \frac{1}{\text{L}} = 0,016 \text{ M} = 1,6 \times 10^{-2} \text{ M}$$

b. 100 ppm NO_3^-

$$100 \text{ ppm } \text{NO}_3^- = \frac{100 \text{ mg}}{1 \text{ L}} = \frac{100 \text{ mg}}{62 \text{ gram/mol}} \times \frac{1}{\text{L}} = 0,0016 \text{ M} = 1,6 \times 10^{-3} \text{ M}$$

c. 10 ppm NO_3^-

$$10 \text{ ppm NO}_3^- = \frac{10 \text{ mg}}{1 \text{ L}} = \frac{10 \text{ mg}}{62 \text{ gram/mol}} \times \frac{1}{\text{L}} = 0,00016 \text{ M} = 1,6 \times 10^{-4} \text{ M}$$

d. 1 ppm NO₃⁻

$$1 \text{ ppm NO}_3^- = \frac{1 \text{ mg}}{1 \text{ L}} = \frac{1 \text{ mg}}{62 \text{ gram/mol}} \times \frac{1}{\text{L}} = 0,000016 \text{ M} = 1,6 \times 10^{-5} \text{ M}$$

e. 0,3 ppm NO₃⁻

$$0,3 \text{ ppm NO}_3^- = \frac{0,3 \text{ mg}}{1 \text{ L}} = \frac{0,3 \text{ mg}}{62 \text{ gram/mol}} \times \frac{1}{\text{L}} = 0,00000484 \text{ M} = 4,84 \times 10^{-6} \text{ M}$$

