



**DESAIN TITRATOR OTOMATIS UNTUK PENGUKURAN
DUA TITRASI SECARA SIMULTAN**

SKRIPSI

Oleh :

**Kamaludin Husna Hudaya
NIM 101810301017**

**JURUSAN KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS JEMBER
2016**



**DESAIN TITRATOR OTOMATIS UNTUK PENGUKURAN
DUA TITRASI SECARA SIMULTAN**

SKRIPSI

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

Oleh :

**Kamaludin Husna Hudaya
NIM 101810301017**

**JURUSAN KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS JEMBER
2016**

PERSEMBAHAN

Puji Syukur kepada Rabb pemelihara semesta alam yaitu Allah SWT, yang dengan sifat *ghofur-Nya* menjadikan kita senantiasa menjadi manusia yang bertaubat, serta kepada gurunda panutan manusia yang sangat arif lagi bijaksana Muhammad Rasulullah SAW. Semoga kelak syafa'at serta pengakuan sebagai ummat Muhammad tersemat kepada kita semua kelak di hari perhitungan.

Karya ilmiah ini kami persembahkan kepada :

1. Bunda terkasih Suwartini yang senantiasa sabar dan memberi pengertian lebih, Ayah terhebat Yusak (alm) atas ilmu tentang makna perjuangan. Serta tidak lupa kedua mertua saya yang juga dengan ikhlas mendoakan.
2. Istri tercinta Laila N. Yusro,S.Pd. & Si Kecil Syauqina yang juga sabar, ikhlas, dan tak hentinya berdoa memohon kelancaran penyelesaian skripsi ini.
3. Adik tersayang Rizqia Manzilatul R. terimakasih doa & dukunganya.
4. Bapak & Ibu Guru TK Dharmawanita, MIN Jeli, MTsN Tulungagung, SMAN 1 Boyolangu, serta seluruh dosen-dosen yang saya hormati di Jurusan Kimia FMIPA UNEJ.
5. Almamater yang saya banggakan Jurusan Kimia FMIPA UNEJ.
6. UKKI IONS & KAMMI terimakasih telah menjadi kawah candradimuka selama di Jember.

MOTTO

Bertakwalah pada Allah, maka Allah akan mengajarimu. Sesungguhnya Allah
Maha Mengetahui segala sesuatu
(terjemahan Surat Al-Baqarah ayat 282)*



* Departemen Agama Republik Indonesia. 2006. *Al-Quran dan Terjemahnya Penerjemah Yayasan Penerjemah Al-Quran*. Bandung: Diponegoro.

PERNYATAAN

Saya yang betanda tangan di bawah ini :

Nama: Kamaludin Husna Hudaya

NIM : 101810301017

menyatakan dengan sungguh-sungguh bahwa karya ilmiah berjudul: *Desain Titrator Otomatis Untuk Pengukuran Dua Titrasi Secara Simultan* adalah benar-benar karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi mana pun, dan bukan merupakan 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 ada tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata dikemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 29 Desember 2016

Yang menyatakan,



Kamaludin Husna H
NIM 101810301017

SKRIPSI

**DESAIN TITRATOR OTOMATIS UNTUK PENGUKURAN
DUA TITRASI SECARA SIMULTAN**

Oleh :

Kamaludin Husna Hudaya
NIM 101810301017

Pembimbing :

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

Dosen Pembimbing Anggota : Asnawati, S.Si., M.Si.

PENGESAHAN


Karya Ilmiah Skripsi berjudul “Desain Titrator Otomatis Untuk Pengukuran Dua Titrasi Secara Simultan” telah diuji dan disahkan pada :

Hari, tanggal : **SENIN 09 JAN 2017**

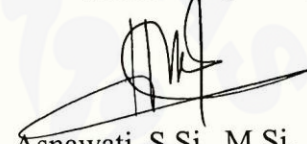
Tempat : Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Tim Penguji


Ketua (DPU),


Tri Mulyono, S.Si., M.Si.
NIP. 196810201998021002


Sekretaris (DPA),


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

Penguji I,


Drs. Siswoyo, M.Sc., Ph.D.
NIP. 196605291993031003

Penguji II,


Dwi Indarti, S.Si., M.Si.
NIP. 197409012000032004

Mengesahkan,

Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Universitas Jember,


Drs. Sujito, Ph.D.

NIP. 1961102041987111001

RINGKASAN

Desain Titrator Otomatis Untuk Pengukuran Dua Titrasi Secara Simultan; Kamaludin Husna Hudaya, 101810301017; 2016: 43 halaman; Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

Titrasi asam basa adalah suatu teknik analisis yang mengacu pada proses pengukuran volume titran yang diperlukan untuk mencapai ekuivalen. Titik ekuivalensi dapat dideteksi apabila terdapat suatu zat atau indikator. Pemilihan indikator untuk menentukan titik ekuivalen merupakan salah satu aspek yang penting dalam titrasi (Harjadi, 1990). Metode ini dinilai cukup akurat hingga saat ini dalam percobaan titrasi, sehingga metode titrasi konvensional dipakai hingga saat ini (Masawat *et al.*, 2008). Namun demikian, ada beberapa kelemahan pada metode titrasi konvensional. Beberapa diantaranya adalah sangat tergantung dari analisis, serta hanya dapat melakukan titrasi pada satu sampel saja. Sebagai alternatif, dikembangkan metode titrasi dengan instrument titrator otomatis yang dapat mengatasi keterbatasan tersebut.

Evaluasi kinerja metode titrasi konvensional dalam penentuan konsentrasi HCl dan CH₃COOH dilakukan dengan melakukan optimasi pompa peristaltik yang dapat menentukan nilai konsentrasi dua sampel secara simultan. Variasi sampel yang digunakan adalah HCl dengan konsentrasi 0,1 M, 0,05M, dan 0,025M; CH₃COOH dengan konsentrasi 0,1 M, 0,05M, dan 0,025M. Titran yang digunakan pada penelitian ini adalah NaOH 0,1M yang sebelumnya telah distandarisasi dengan standar primer asam oksalat 0,1N. Penggunaan standar NaOH sebagai titran pada metode titrasi konvensional dan titrator otomatis.

Penelitian ini meliputi tiga tahapan yaitu preparasi alat dan bahan, perakitan desain titrator otomatis serta pengkalibrasian alat, dan melakukan titrasi dengan metode konvensional dan metode titrasi otomatis. Perakitan desain titrator otomatis meliputi pemasangan program LabView 2012 pada PC, serta pemasangan komponen-komponen pendukung (*relay*, *arduino*, pengaduk, power 12V). Pengkalibrasian pompa peristaltik dilakukan dengan mengkaji pengaruh variasi jumlah iterasi (50, 100, 150, dan 200 iterasi) terhadap jumlah laju alir titran. Hasil dari penentuan konsentrasi sampel dengan metode titrasi konvensional akan dibandingkan dengan titrator otomatis. Hasil tersebut akan menjawab apakah desain titrator otomatis dapat digunakan sebagai alternatif metode titrasi konvensional atau tidak. Uji statistik yang dipakai berupa penentuan presisi, akurasi, dan uji-t.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai akurasi pada titrator otomatis untuk pengukuran satu titrasi cukup baik. Kisaran nilai akurasi yaitu 96% - 97% untuk sampel HCl, dan 94% - 100% untuk sampel CH₃COOH. Sama halnya dengan pengukuran dua sampel mempunyai kisaran nilai akurasi 96% - 100% untuk sampel HCl, dan 96% - 96% untuk sampel CH₃COOH. Artinya bahwa nilai konsentrasi yang diperoleh dengan metode titrator otomatis hampir sama dengan nilai konsentrasi yang diperoleh dengan metode titrasi konvensional. Nilai presisi

pada metode titrator otomatis mempunyai harga kv yang kecil, artinya bahwa tingkat kesalahn dari tiap pengulangan pada metode tersebut adalah kecil. Nilai kv pada penentuan satu sampel yaitu 1,6%-3,7% untuk sampel HCl, dan 0,25% - 2% untuk sampel CH₃COOH. Nilai kv pada penentuan dua sampel secara simultan yaitu 1,1% - 2,3 % untuk sampel HCl, dan 1,02% - 1,60% untuk sampel CH₃COOH. Nilai kv pada titrator otomatis mengalami kenaikan (tinggi) pada konsentrasi sampel 0,05M. Hal ini mungkin disebabkan oleh perbandingan konsentrasi titran dan sampel pada 0,05M cukup signifikan. Sehingga setiap sedikit titran yang menetes berpengaruh besar terhadap perubahan konsentrasi. Nilai uji-t untuk hasil konsentrasi antara titrator otomatis dengan metode konvensional yaitu t_{hitung} 1,47 dan t_{tabel} 2,11 untuk satu titrasi, dan t_{hitung} 1,83 dan t_{tabel} 2,11 untuk dua titrasi. Nilai t_{hitung} lebih kecil daripada t_{tabel} , artinya tidak ada perbedaan yang nyata antara kedua metode tersebut. Nilai uji-t untuk waktu antara titrator otomatis dengan metode konvensional yaitu t_{hitung} 1,25 dan t_{tabel} 2,3. Nilai t_{hitung} lebih kecil daripada t_{tabel} . Artinya artinya tidak ada perbedaan yang nyata antara kedua metode tersebut.

PRAKATA

Alhamdulillah, puji syukur kami panjatkan kepada Allah SWT atas petunjuk dan rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “Desain Titrator Otomatis Untuk Pengukuran Dua Titrasi Secara Simultan”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat dalam menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) pada jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam.

Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan banyak terimakasih kepada :

1. Drs. Sujito, Ph.D. selaku Dekan Fakultas MIPA Universitas Jember
2. Dr. Bambang Piluharto, S.Si., M.Si. selaku ketua Jurusan Kimia FMIPA Universitas Jember
3. Bapak Tri Mulyono, S.Si., M.Si selaku Dosen Pembimbing Utama (DPU) dan Ibu Asnawati, S.Si., M.Si selaku Dosen Pembimbing Anggota (DPA), yang telah membantu serta mengarahkan demi terselesaikannya skripsi ini;
4. Drs. Sudarko, M.Sc., Ph.D selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah membimbing selama penulis menjadi mahasiswa;
5. Bapak Drs. Siswoyo, M.Sc., Ph.D selaku Dosen Penguji I dan Ibu Dwi Indarti, S.Si., M.Si. selaku Dosen Penguji II, yang telah memberikan kritik dan saran demi kesempurnaan skripsi ini;
6. Bapak Donatus Setyawan, P.H., S.Si., M.Si selaku ketua laboratorium fisik kimia FMIPA UNEJ;
7. Bapak dan Ibu Dosen serta Karyawan Jurusan Kimia FMIPA UNEJ yang telah memberikan banyak ilmu dan membantu penulis hingga saat ini;
8. Mas Darma, Mas Maryono, Mas Dulkolim, Mbak Sari, dan Mbak Lisa selaku teknisi laboratorium kimia yang telah banyak membantu.

Penulis menerima segala kritik dan saran yang membangun dari semua pihak demi kesempurnaan skripsi ini. Semoga skripsi ini bermanfaat.

Jember, 29 Desember 2016

Penulis



DAFTAR ISI

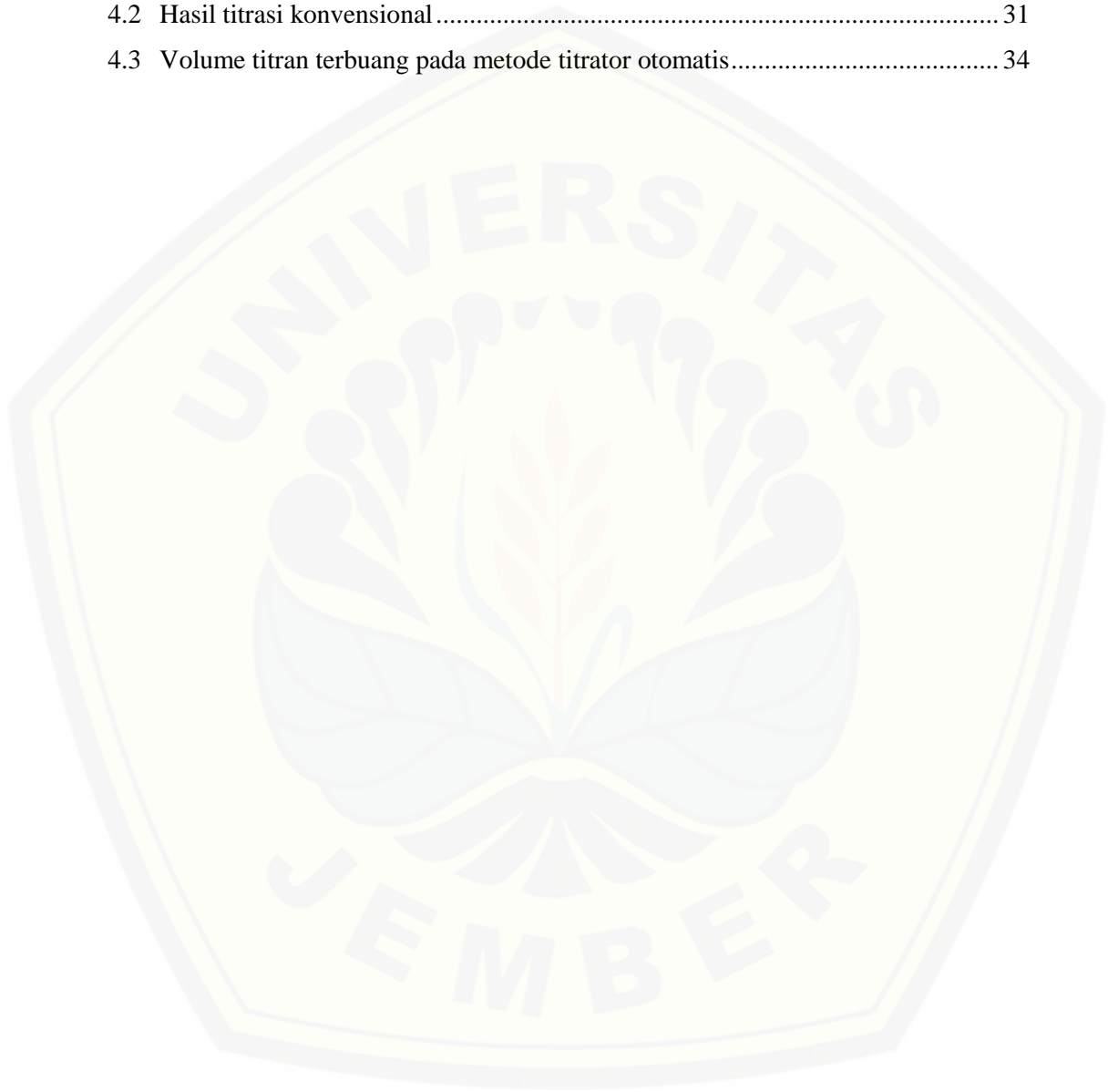
	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSEMBAHAN	ii
HALAMAN MOTO	iii
HALAMAN PERNYATAAN	iv
HALAMAN PEMBIMBING	v
HALAMAN PENGESAHAN	vi
RINGKASAN	vii
PRAKATA	ix
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR.....	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan	3
1.5 Manfaat	3
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Titrasi Asam Basa	4
2.2 Analisis Titrimetri	5
2.3 Penentuan Titik Akhir Titrasi	6

2.4	pH Meter	8
2.5	Fenolftalein.....	9
2.6	Asam Oksalat	9
2.7	Komponen Instrumen Desain Titrator Otomatis	10
BAB 3.	METODOLOGI PENELITIAN	12
3.1	Waktu dan Tempat Penelitian	12
3.2	Alat dan bahan.....	12
3.2.1	Alat	12
3.2.2	Bahan.....	12
3.3	Diagram Penelitian	13
3.4	Prosedur Penelitian	14
3.4.1	Pembuatan Larutan Asam Oksalat 0,1M.....	14
3.4.2	Pembuatan Larutan NaOH 0,1M.....	14
3.4.3	Standarisasi Larutan NaOH	14
3.4.4	Pembuatan Indikator PP 1%	14
3.4.5	Pembuatan Larutan HCl 1M.....	14
3.4.6	Pembuatan Larutan CH ₃ COOH 1M	15
3.4.7	Set Alat	15
3.4.8	Pembuatan Program	17
3.4.9	Penentuan Laju Alir Pompa Peristaltik	17
3.4.10	Prosedur Menggunakan Titrator Otomatis yang Mengukur Dua Sampel Secara Simultan	18
3.4.11	Prosedur Titrasi Konvensional	18
3.5	Analisis Data	19
3.5.1	Pengukuran Akurasi	19
3.5.2	Penentuan Presisi.....	20
3.5.3	Uji Beda (Uji-t)	20
BAB 4.	HASIL DAN PEMBAHASAN.....	22
4.1	Aplikasi Desain Titrator Otomatis Pada Titrasi Asam Basa	22

4.2 Evaluasi Kinerja Metode Titrator Otomatis.....	25
4.2.1 Pengaruh Jumlah Iterasi terhadap Laju Alir Titran.....	26
4.2.2 Program Titrator Otomatis.....	28
4.2.3 Standarisasi Larutan NaOH.....	30
4.2.4 Hasil titik akhir titrasi dengan metode konvensional.....	31
4.2.5 Hasil titik akhir titrasi dengan titrator otomatis	32
4.3 Karakteristik Titrator Otomatis.....	35
4.3.1 Akurasi.....	35
4.3.2 Presisi	36
4.3.3 Uji Beda (Uji-t)	39
BAB 5. PENUTUP.....	40
5.1 Kesimpulan	40
5.2 Saran.....	40
DAFTAR PUSTAKA	41
LAMPIRAN.....	44

DAFTAR TABEL

	Halaman
4.1 Hasil standarisasi NaOH dengan asam oksalat 0,1N	30
4.2 Hasil titrasi konvensional	31
4.3 Volume titran terbuang pada metode titrator otomatis	34



DAFTAR GAMBAR

	Halaman
2.1 Kurva titrasi asam kuat dan basa kuat	7
2.2 kurva titrasi asam lemah dan basa kuat	8
2.3 Struktur Fenolftalein	9
2.4 Struktur asam oksalat	10
3.1 Diagram alir penelitian.....	13
3.2 Rangkaian alat	16
3.3 Penampilan grafik hasil titrasi pada LabView 12	17
4.1 Desain titrator otomatis	23
4.2 Skema desain titrator otomatis	24
4.3 Volume titran (H ₂ O) terhadap jumlah iterasi pada titrator otomatis satu sampel	26
4.4 Pengaruh jumlah iterasi terhadap volume titran (H ₂ O) pada (a) selang 1, dan (b) selang 2	27
4.5 Front Panel (kiri) dan Block Diagram (bawah) desain titrator untuk satu titrasi	29
4.6 Front Panel (kiri) dan Block Diagram (kanan) desain titrator untuk dua titrasi	29
4.7 Hasil titrasi secara bertahap pada satu titrasi	32
4.8 Hasil titrasi secara simultan pada dua titrasi	33
4.9 Akurasi pada titrat (a) HCl dan (b) CH ₃ COOH	35
4.10 Akurasi pada t itrat (a) HCl dan (b) CH ₃ COOH.....	36
4.11 Presisi pada titrat (a) HCl dan (b) CH ₃ COOH	37
4.12 Presisi pada titrat (a) HCl dan (b) CH ₃ COOH	37
4.13 Presisi pada titrat (a) HCl dan (b) CH ₃ COOH	38

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
3.1 Preparasi Bahan.....	45
3.1.1 Pembuatan larutan asam oksalat 0,1 N.....	45
3.1.2 Pembuatan larutan NaOH 0,10 M	45
3.1.3 Pembuatan Indikator PP 1%	45
3.1.4 Pembuatan larutan HCl 1M.....	45
3.1.5 Larutan HCl 0,1 M	46
3.1.6 Larutan HCl 0,05 M	46
3.1.7 Larutan HCl 0,025 M	46
3.1.8 Pembuatan larutan CH ₃ COOH 1M	46
3.1.9 Larutan CH ₃ COOH 0,1 M.....	46
3.1.10 Larutan CH ₃ COOH 0,05 M.....	46
3.1.11 Larutan CH ₃ COOH 0,025 M.....	47
3.1.12 Standarisasi NaOH dengan asam oksalat 0.1 N	46
4.1 Kalibrasi Laju Alir Titran	48
4.1.1 Penentuan massa jenis air.....	48
4.1.2 Penentuan volume tetesan titran pada satu titrasi.....	48
4.1.3 Penentuan volume tetesan titran pada dua titrasi	49
4.2 Perhitungan Konsentrasi Titrasi Konvensional.....	50
4.2.1 Titrasi Asam Kuat (HCl) dengan Basa Kuat (NaOH)	50
4.2.2 Titrasi Asam Lemah (CH ₃ COOH) dengan Basa Kuat (NaOH).....	51
4.3 Perhitungan Konsentrasi Titrator Otomatis.....	52
4.3.1 Satu Titrasi.....	52
4.3.1.1 Titrasi HCl dengan NaOH.....	52
4.3.1.2 Titrasi CH ₃ COOH dengan NaOH	52

4.3.2	Dua Titrasi	53
4.3.2.1	Titrasi HCl dengan NaOH.....	53
4.3.2.2	Titrasi CH ₃ COOH dengan NaOH	53
4.4	Prosentase Volume Titran yang Terbuang.....	54
4.5	Perhitungan Akurasi Titrator Otomatis.....	54
4.5.1	Akurasi nilai konsentrasi titrasi asam kuat (HCl) dan basa kuat (NaOH) pada satu titrasi.....	54
4.5.2	Akurasi nilai konsentrasi titrasi asam lemah (CH ₃ COOH) dan basa kuat (NaOH) pada satu titrasi	55
4.5.3	Akurasi nilai konsentrasi titrasi asam kuat (HCl) dan basa kuat (NaOH) pada dua titrasi	55
4.5.4	Akurasi nilai konsentrasi titrasi asam lemah (CH ₃ COOH) dan basa kuat (NaOH) pada dua titrasi	56
4.6	Perhitungan Presisi Titrator Otomatis	57
4.6.1	Presisi nilai konsentrasi titrasi asam kuat (HCl) dan basa kuat (NaOH) pada satu titrasi	57
4.6.2	Presisi nilai konsentrasi titrasi asam lemah (CH ₃ COOH) dan basa kuat (NaOH) pada satu titrasi	58
4.6.3	Presisi nilai konsentrasi titrasi asam kuat (HCl) dan basa kuat (NaOH) pada dua titrasi	59
4.6.4	Presisi nilai konsentrasi titrasi asam lemah (CH ₃ COOH) dan basa kuat (NaOH) pada dua titrasi	60

4.6.5	Presisi nilai konsentrasi titrasi asam kuat (HCl) dan basa kuat (NaOH) pada metode konvensional.....	61
4.6.6	Presisi nilai konsentrasi titrasi asam lemah (CH ₃ COOH) dan basa kuat (NaOH) pada metode konvensional.....	62
4.7	Uji Beda (Uji-t).....	63
4.7.1	Uji Beda untuk Konsentrasi.....	63
4.7.1.1	Uji Beda untuk konsentrasi pada satu titrasi.....	63
4.7.1.2	Uji Beda untuk konsentrasi pada dua titrasi.....	64
4.7.2	Uji Beda untuk Waktu	65

BAB 1 PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Penentuan konsentrasi dengan metode titrasi konvensional sudah dikenal sejak lama (Masawat *et al.*, 2008). Aplikasi titrasi asam-basa dimanfaatkan secara luas baik dalam bidang pendidikan, teknologi pertanian, maupun industri. Seiring dengan perkembangan zaman, metode titrasi konvensional tersebut mengalami inovasi yang signifikan yaitu dengan memanfaatkan mikroprosesor dan komponen-komponen elektronika yang dijual di pasaran (Oliveira *et al.*, 2010). Hal tersebut dikarenakan pada titrator otomatis mempunyai keunggulan yaitu pemanfaatan kontrol dari sebuah *software* (Stong, 1988) dan penggunaan PC untuk memudahkan penelitian titrasi (Dancziger dan Malmstadt, 1980). Mikroprosesor yang dimanfaatkan sangat berguna untuk proses akuisisi data, pengendalian dan analisa selama proses titrasi berlangsung (Anjo, 1992). Meskipun demikian, berbagai macam titrator otomatis yang tersedia secara komersial adalah mahal dan kurang fleksibel untuk pengerjaan titrasi (Hetherington, 1995).

Beberapa penelitian yang telah dilakukan dengan memanfaatkan titrator otomatis diantaranya adalah pengamatan pergerakan kurva titrasi (Kankare, 1974), perancangan sistem otomatis pada titrasi asam-basa (Cladera, 1990) simulator pH (Papadopulas, 2003), dan penentuan kadar keasaman buah jeruk Thailand (Masawat, 2008). Kankare (1974) mengungkapkan bahwa hasil penelitian yang telah diperoleh pada penentuan konsentrasi asam kuat oleh basa kuat dengan titrator otomatis menunjukkan nilai standar deviasi 0,041%, yang berarti bahwa presisi dari alat tersebut sangat baik. Fruh (1997) mengungkapkan bahwa titrator otomatis dapat digunakan untuk menganalisa beberapa sampel secara mandiri (terpisah) dalam satu pengendalian.

Hal yang paling mendasar pada titrasi asam-basa adalah jumlah volume titran yang tepat saat mencapai titik akhir titrasi. Pencatatan volume titran pada metode titrator otomatis dilakukan dengan mengalirkan cairan titran secara konstan oleh

pompa peristaltik (Headrick, 2000). Pengukuran dilakukan dengan mencelupkan pH meter yang terhubung pada komputer (Ritter, 1997). Selama proses titrasi berlangsung, PC akan menampilkan perubahan grafik dan kemudian menyimpan data tersebut. Meyer (1992) mengungkapkan bahwa untuk mencari turunan pertama dan kedua pada data yang telah tersimpan dapat menggunakan *software* yang dapat mengolah data tersebut.

Komponen-komponen yang digunakan dalam desain titrator otomatis antara lain ADC (*analog to digital converter*), PC, *relay*, *arduino uno*, pompa peristaltik, dan sensor pH yang terintegrasi dalam satu kontrol melalui mikrokontroler. Titrator otomatis saat ini umumnya hanya mampu melakukan pengujian terhadap satu sampel saja. Fruh (1977) telah melakukan penelitian untuk beberapa analisa seperti titrasi, pengenceran, dan ekstraksi dengan menggunakan multiburet. Secara bertahap mikrokontroler menganalisa sampel dalam empat wadah yang berbeda dengan 20 silinder pada multiburet. Titik akhir titrasi dan penambahan titran dikontrol oleh mikrokontroler.

Mengacu pada penelitian Fruh (1997), maka pada penelitian ini dilakukan pembuatan desain titrator otomatis yang dapat melakukan analisa dua sampel secara simultan yang kemudian dilakukan evaluasi terhadap kinerja titrator tersebut. Evaluasi dilakukan dengan membandingkan dua metode titrasi, yaitu titrasi konvensional dengan metode titrator otomatis. Hasil dari titrasi konvensional digunakan sebagai acuan perbandingan, oleh karena itu perlu dilakukan titrasi dengan metode konvensional secara cermat agar hasilnya valid.

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana uji beda (uji-t) dari hasil pengukuran titrasi pada metode konvensional dan titrator otomatis?.
2. Bagaimana akurasi dan presisi dari metode konvensional dan titrator otomatis?.

1.3 Batasan Masalah

1. Titrant adalah HCl dan CH_3COOH (0,1M, 0,05M 0,025M).
2. Titrant adalah NaOH.

1.4 Tujuan

1. Mendesain titrator otomatis untuk pengukuran dua titrasi secara simultan.
2. Mengetahui perbedaan signifikan antara pengukuran metode titrasi konvensional dan titrator otomatis.
3. Mengetahui akurasi dan presisi alat titrator yang dibuat.

1.5 Manfaat Penelitian

Desain titrator otomatis untuk pengukuran dua titrasi secara simultan ini diharapkan dapat dimanfaatkan untuk penelitian titrasi di laboratorium.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Titrasi Asam Basa

Titration adalah suatu proses atau prosedur dalam analisis volumetrik dimana suatu titran atau larutan standar (yang telah diketahui konsentrasinya) diteteskan melalui buret ke larutan lain yang dapat bereaksi dengannya (belum diketahui konsentrasinya) hingga tercapai titik ekuivalen atau titik akhir. Artinya, zat yang ditambahkan tepat bereaksi dengan zat yang ditambahi. Zat yang akan ditentukan kadarnya disebut sebagai “titrat” dan biasanya diletakkan didalam erlenmeyer, sedangkan zat yang telah diketahui konsentrasinya disebut sebagai “titran” dan biasanya diletakkan di dalam “buret”. Almsier (2003) menyatakan baik titran maupun titrat biasanya berupa larutan.

Berikut ini adalah syarat-syarat yang diperlukan agar proses titrasi berhasil:

1. Reaksi harus bersifat stoikiometri yaitu reaksi antara analit dan titran harus diketahui dengan baik. Titrasi asam asetat (CH_3COOH) dengan natrium hidroksida (NaOH) sebagai contoh reaksi harus diketahui dengan baik terjadi :
$$\text{CH}_3\text{COOH}(\text{aq}) + \text{NaOH}(\text{aq}) \longrightarrow \text{CH}_3\text{COONa}(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\text{aq})$$
2. Reaksi harus cepat dan reversible, bila tidak cepat maka titrasi akan memakan waktu terlalu banyak apalagi menjelang titik akhir titrasi. Reaksi tidak reversible, maka penentuan titik akhir titrasi tidak tegas.
3. Reaksi samping harus tidak ada dan reaksi harus spesifik, jika ada reaksi yang mengganggu harus dihilangkan dulu.
4. Perubahan dalam sifat larutan harus jelas ketika reaksi lengkap. Perubahan ini dapat berupa perubahan warna larutan atau sifat fisika yang lain dari larutan. Titrasi asam asetat dengan natrium hidroksida, menghasilkan peningkatan pH yang tajam ketika reaksi lengkap. Perubahan warna disebabkan oleh penambahan indikator yang warna perubahan larutan tidak tergantung pada sifat-sifat larutan misalnya pH.
5. Titik ekuivalen atau titik dimana jumlah stoikiometri titran yang ditambahkan setara dengan titrat. Titik dimana titik reaksi lengkap yang

teramati dideteksi dinamakan titik ekuivalen yaitu ketika perubahan sifat-sifat larutan dideteksi. Titik akhir harus bersesuaian dengan titik ekuivalen atau interval yang dapat dihasilkan kembali.

6. Reaksi harus bersifat kuantitatif, yaitu kesetimbangan reaksi harus jauh kekanan sehingga perubahan tajam akan terjadi titik akhir untuk mendapatkan akurasi yang diinginkan. Kesetimbangan tidak terletak jauh kekanan, maka akan terdapat perubahan pelan-pelan dalam sifat yang menandai titik akhir (misal pH) dan hal ini akan menyulitkan dalam pendeteksian (Chrisitian G.D, 1994).

Proses titrasi asam basa sering dipantau dengan penggambaran pH larutan yang dianalisis sebagai fungsi jumlah titran yang ditambahkan. Gambar yang diperoleh tersebut disebut kurva pH, atau kurva titrasi yang di dalamnya terdapat titik ekuivalen, yaitu titik dimana titrasi dihentikan (Sastrohamidjodjo, 2005).

2.2 Analisis Titrimetri

“Analisis adalah pemeriksaan atau penentuan sesuatu bahan dengan teliti. Analisis ini dibagi menjadi 2 bagian yaitu analisis kuantitatif dan analisis kualitatif. Analisis kualitatif adalah pemeriksaan sesuatu berdasarkan komposisi atau kualitas, sedangkan analisis kuantitatif adalah pemeriksaan berdasarkan jumlah. Salah satu cara analisis kuantitatif adalah titrimetri, yaitu analisis penentuan konsentrasi dengan mengukur volume larutan yang akan ditentukan nilai konsentrasi titrat dengan volume larutan yang telah diketahui konsentrasi titran dengan teliti atau analisis yang berdasarkan pada reaksi kimia. Reaksi pada penentuan ini harus berlangsung secara kuantitatif” (Suryabrata, 1994).

Larutan baku adalah larutan yang konsentrasi larutan tersebut sudah diketahui dengan pasti. Larutan baku ditempatkan pada alat yang bernama buret, yang sekaligus berfungsi sebagai alat ukur volume larutan baku. Larutan yang akan ditentukan konsentrasi atau kadar, diukur volume larutan tersebut dengan menggunakan pipet seukuran/ gondok (pipet volumetric) dan ditempatkan di erlenmeyer. Larutan baku ini ada 2 jenis yaitu larutan baku primer dan larutan baku sekunder. Menurut Basset (1994) larutan baku dapat dibuat dengan cara penimbangan zat lalu dilarutkan dalam sejumlah pelarut (air). Larutan baku ini sangat bergantung pada jenis zat yang ditimbang. Larutan yang dibuat dari zat

yang memenuhi syarat-syarat tertentu disebut larutan baku primer. Syarat agar suatu zat menjadi zat baku primer adalah memiliki tingkat kemurnian yang tinggi, kering, tidak terpengaruh oleh udara/ lingkungan (zat tersebut stabil), mudah larut dalam air, mempunyai massa ekuivalen yang tinggi

Larutan baku primer dibuat hanya sedikit, penimbangan yang dilakukan harus teliti, dan dilarutkan dengan volume yang akurat. Pembuatan larutan baku primer ini dilakukan dalam labu ukur dengan volume tertentu. Zat yang dapat dibuat sebagai larutan baku primer adalah asam oksalat, boraks, asam benzoat. Larutan baku sekunder adalah larutan baku yang zat terlarut tidak harus zat yang tingkat kemurnian zat terlarut tersebut tinggi. Larutan baku sekunder ini nilai konsentrasi dapat ditentukan berdasarkan standarisasi dengan cara titrasi terhadap larutan baku primer. Larutan baku sekunder dapat digunakan larutan basa atau asam dari senyawa anorganik. Larutan baku sekunder ini tidak stabil sehingga perlu distandarisasi ulang setiap minggu (Basset, 1994).

2.3 Penentuan Titik Akhir Titrasi

Harjadi (1990) menyatakan bahwa penentuan titik akhir titrasi dapat menggunakan suatu zat yang disebut indikator. Indikator ini menanggapi jika ada muncul kelebihan larutan standar (titran) dengan perubahan warna, perubahan warna ini belum tentu dapat tepat pada titik ekuivalen. Titik dalam titrasi asam basa pada saat indikator berubah warna disebut titik akhir

Titik ekuivalen terjadi apabila zat yang ditambahkan tepat bereaksi dengan zat yang ditambahi (NaOH).

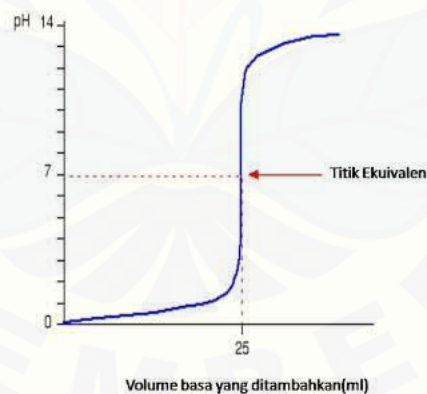
Terdapat dua cara umum untuk menentukan titik ekuivalen pada titrasi asam basa, yaitu:

1. Memakai pH meter untuk memonitor perubahan pH selama titrasi dilakukan, kemudian membuat plot antara pH dengan volume titran untuk memperoleh kurva titrasi. Titik tengah dari kurva titrasi tersebut adalah “titik ekuivalen”.

2. Memakai indikator asam basa. Indikator ditambahkan pada titran sebelum proses titrasi dilakukan. Indikator ini akan berubah warna ketika titik ekuivalen terjadi, pada saat inilah titrasi kita hentikan.

Ketepatan hasil titrasi diperoleh dengan memilih titik akhir titrasi sedekat mungkin dengan titik ekuivalen. Keadaan dimana titrasi dihentikan dengan cara melihat perubahan warna indikator atau pH larutan disebut sebagai titik akhir titrasi. Cara menghentikan titrasi dapat dilakukan secara manual atau otomatis dengan menggunakan mikrokontroler (Day,1986). Antisipasi titik akhir disediakan dengan menaruh ujung buret sangat dekat dengan elektrode indikator maka, larutan di dekat elektrode itu akan berada dalam tahap titrasi yang lebih maju dibandingkan larutan sisanya.

Titik ekuivalen titrasi adalah titik dimana titran ditambahkan tepat bereaksi dengan seluruh zat yang dititrasi tanpa ada titran yang tersisa, dengan kata lain titik ekuivalen jumlah mol titran setara dengan jumlah mol titrat menurut stoikiometri.



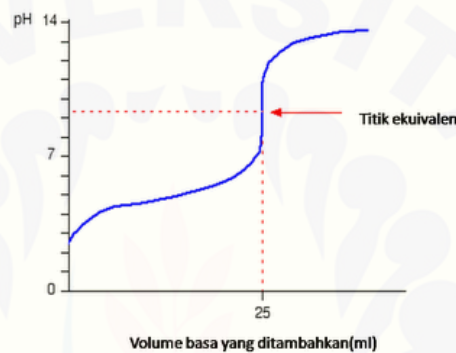
Gambar 2.1 Kurva titrasi asam kuat dan basa kuat

Gambar 2.1 menjelaskan, bahwa pada awal pH naik sedikit demi sedikit. Hal ini dikarenakan skala naik pada pH bersifat logaritmik, yang berarti pH 1 mempunyai kesamaan 10 kali lipat daripada pH 2, ingat bahwa $\log 10$ adalah 1, konsentrasi ion hidrogen pada pH 1 adalah 10 kali lipat konsentrasi ion hidrogen pada pH 2, kemudian naik tajam didekat titik ekuivalen. Di titik ini, ion hidrogen

yang tersisa tinggal sedikit, dan hanya membutuhkan sedikit ion hidroksida untuk menaikkan pH (Harjadi, 1990).

1. Kurva Titrasi Asam Lemah dan Basa Kuat

Kurva titrasi asam lemah dan basa kuat mempunyai pH yang rendah pada awal, pH naik lebih cepat pada awal, tetapi kurang cepat saat mendekati titik ekuivalen, pH titik ekuivalen tidak tepat 7. Nilai pH yang dihasilkan oleh titrasi asam lemah dan Basa kuat lebih dari 7.



Gambar 2.2 kurva titrasi asam lemah dan basa kuat

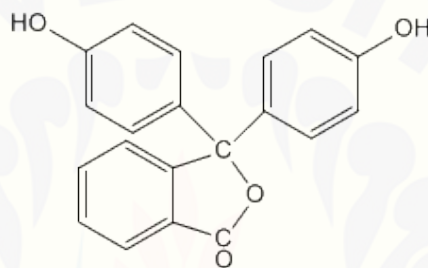
Kurva titrasi asam lemah dan basa kuat pada gambar 2.2, pH akan berubah agak cepat pada awal, naik sedikit demi sedikit sampai mendekati titik ekuivalen. Kenaikan sedikit demi sedikit ini adalah karena larutan *buffer* (penyangga) yang dihasilkan oleh penambahan basa kuat. Sifat penyangga ini mempertahankan pH sampai basa yang ditambahkan berlebihan, dan kemudian pH naik lebih cepat saat titik ekuivalen (Harjadi, 1990).

2.4 pH Meter

pH meter adalah seperangkat alat pengukur potensial elektroda tanpa aliran arus dan sekaligus menguatkan sinyal yang ditimbulkan pada elektroda kaca (Khopkar, 2002). pH meter biasanya terdiri dari elektroda pembanding (elektroda kalomel.) dan suatu elektroda membran (kaca), yang keduanya tercelup di dalam larutan cuplikan. Kedua elektroda pembanding dihubungkan dengan voltmeter (Soebagio, 2005).

2.5 Fenolftalein

Fenolftalein merupakan salah satu indikator yang sering dipakai dalam titrasi asam-basa. Fenolftalein umumnya dipakai sebagai indikator dalam menentukan titik akhir titrasi asam kuat dengan basa kuat. Fenolftalein mempunyai trayek pH 8,3-10,0 dengan perubahan warna dari tak berwarna ke merah (Bassett,1994). Fenolftalein termasuk indikator asam-basa golongan ftalein. Fenolftalein merupakan senyawa yang memiliki gugus fenol, sehingga bersifat sebagai asam lemah (Sukarta, 1999).

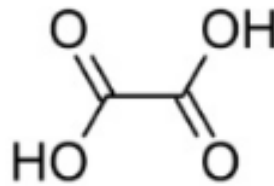


Gambar 2.3 Struktur Fenolftalein

Fenolftalein kembali menjadi tidak berwarna apabila berada dalam suasana basa pekat atau penambahan basa yang berlebihan. Hal ini didukung dengan hasil percobaan menunjukkan bahwa dalam konsentrasi NaOH yang semakin pekat, warna fenolftalein semakin pudar (Petruševski dan Risteska, 2007).

2.6 Asam Oksalat

Asam oksalat adalah senyawa kimia yang memiliki rumus $H_2C_2O_4$ dengan nama sistematis asam etanadioat. Asam karboksilat paling sederhana ini biasanya digambarkan dengan rumus $HOOC-COOH$. Merupakan asam organik yang relatif kuat 10.000 kali lebih kuat dari pada asam asetat. Dianionnya dikenal sebagai oksalat juga agen pereduksi.



Gambar 2.4. Struktur asam oksalat

Asam oksalat terdistribusi secara luas dalam bentuk garam potassium dan kalium yang terdapat pada daun, akar dan rhizome dari berbagai macam tanaman. Asam oksalat juga terdapat pada air kencing manusia dan hewan dalam bentuk garam kalsium yang merupakan senyawa terbesar dalam ginjal. Kelarutan asam oksalat pada suhu 15,6 °C dan etil eter pada suhu 25 °C adalah 23,7 gram / 100 gram solvent dan 1,5 gr/ 100 gram solvent. Makanan yang banyak mengandung asam oksalat adalah cokelat, kopi, strawberry, kacang dan bayam (Lehninger, 1984).

2.7 Komponen Instrumen Desain Titrator Otomatis

Berikut merupakan komponen instrument yang digunakan dalam desain titrator otomatis, yaitu :

1. Arduino

Arduino 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).

2. Relay

Relay proteksi konvensional terdiri dari relay tipe elektromagnetik dan tipe statik. Kedua tipe ini mempunyai banyak kekurangan dalam melindungi sistem tenaga listrik dan peralatan-peralatan lainnya. Relay tipe elektromagnetik mempunyai beberapa kekurangan seperti penambahan beban untuk trafo ukur, waktu operasi yang lama, permasalahan kontak, dan lain-lain. Karena relay tipe

ini dapat mengalami kerusakan dengan cepat, keadaan ini dapat membahayakan sistem tenaga listrik (Laksono dan Sonni, 2007).

3. Pompa Peristaltik

Pompa peristaltik / *peristaltic pump* memiliki prinsip kerja berdasarkan tekanan dan perpindahan. fungsi utama alat ini adalah untuk pompa cairan melalui tabung. Pompa peristaltik ini adalah salah satu alat yang paling umum digunakan untuk memompa cairan, terutama dalam bidang medis. Karena mekanisme kerja pompa peristaltik tidak pernah bersentuhan langsung dengan cairan, sehingga alat ini sangat bermanfaat terutama dalam situasi dimana cairan harus benar benar steril. Alat ini dapat digunakan pada mesin dialisis, serta mesin pemompa jantung. Selain itu, alat ini juga dapat digunakan untuk cairan lainnya bahkan yang bisa dikonsumsi sekalipun (Zulhendri *et al.*, 2012).

4. Software LabView 2012

LabVIEW merupakan sebuah bahasa pemrograman grafis, LabVIEW tidak menggunakan teks untuk membuat suatu aplikasi melainkan dengan ikon-ikon yang telah disediakan. perbedaan pemrograman LabVIEW dengan pemrograman teks yaitu pada pemrograman teks instruksi yang menentukan eksekusi program, sedangkan LabVIEW menggunakan pemrograman aliran data, dimana aliran dari data yang menentukan eksekusi. LabVIEW dapat membuat user interface dengan menggunakan *tools* dan *object* tertentu (Zulhendri *et al.*, 2012).

BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Waktu penelitian dilaksanakan pada bulan april 2016 sampai bulan juni 2016. Penelitian ini terdiri dari tiga tahap, tahap pertama yaitu preparasi alat dan bahan, tahap kedua yaitu merakit desain titrator otomatis, dan tahap ketiga yaitu melakukan titrasi dengan metode konvensional dan metode titrasi otomatis.

Tempat penelitian dilakukan di Laboratorium Kimia Fisik Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

3.2 Alat dan Bahan

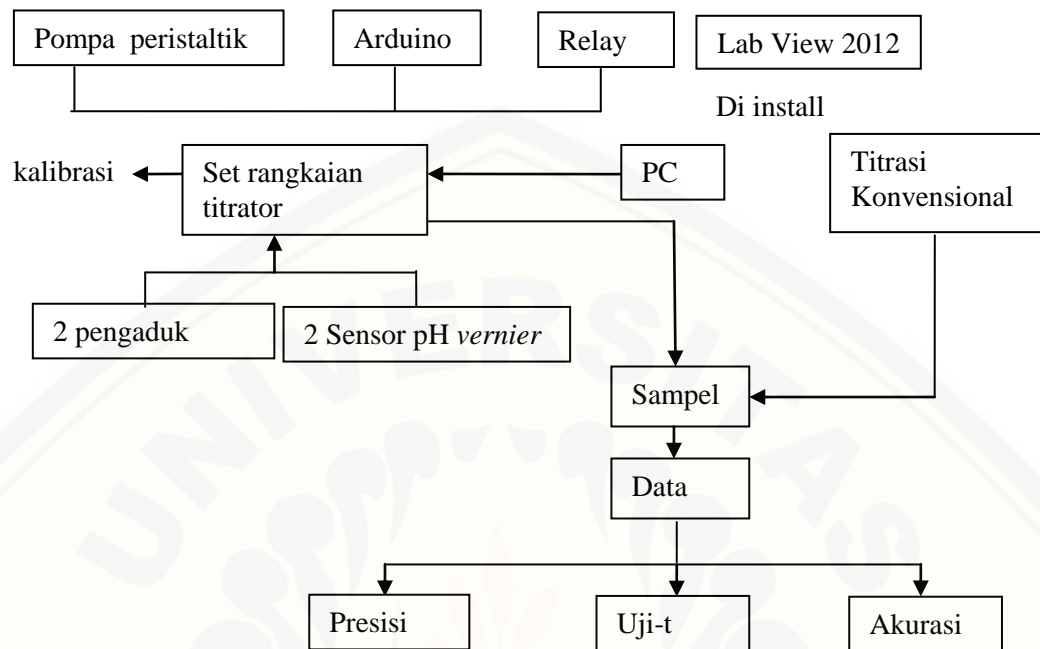
3.2.1 Alat

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain yaitu gelas beker (500, 250) mL, erlenmeyer 125 mL, buret mikro 25 mL, labu ukur 250 mL, 100 mL, dan 50 mL, pipet tetes, pipet mohr 5 mL, pipet volume 15 mL, spatula, botol semprot, neraca analitik, statif, PC/Laptop Asus Core i3, pompa peristaltik, *relay 4 channel*, sensor pH meter *vernier*, ADC USB GoLink, arduino UNO, pengaduk (modifikasi dinamo), serta *software* LabView 2012.

3.2.2 Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain yaitu Aquades, NaOH (Mr: 40g/mol; Merck), HCl (Mr: 36,5g/mol; Merck), CH₃COOH (Mr: 60g/mol; Merck), larutan buffer pH 4; 7; 9; (Merck), H₂C₂O₄.H₂O (Mr: 126g/mol; Merck), indikator fenolftalein (Mr: 318.32 g/mol ; Merck), etanol 99,5%.

3.3 Diagram Penelitian



Gambar 3.1 Diagram alir penelitian

Keterangan diagram alir penelitian :

- a. Penyusunan desain set alat titrator otomatis secara simultan merupakan penyusunan instrumen pendukung diantaranya pompa peristaltik dengan 2 selang alir, 2 pengaduk, 2 sensor pH meter *vernier*, *arduino*, dan *relay* yang dihubungkan ke PC.
- b. Pembuatan program yaitu menggunakan aplikasi *software* LabView 12.
- c. Pengujian sistem (kalibrasi) meliputi tahap, antara lain :
 - 1) Pengujian laju alir pompa peristaltik dilakukan dengan cara mengkalibrasi laju alir pompa per satuan iterasi, sehingga diperoleh grafik hubungan volume titran (mL) terhadap iterasi
 - 2) Pengujian sensor pH meter *vernier* dilakukan dengan mengkalibrasi sensor pH *vernier* pada larutan buffer 4; 7; dan 9.
 - 3) Pengujian *arduino* dan *relay* dilakukan dengan memastikan perangkat tersebut sudah terpasang dengan benar dan dapat dideteksi melalui program LabView. *Arduino* dipastikan dapat melakukan fungsi input

perintah dari program dan output berupa data pembacaan perangkat yang diharapkan. Relay dipastikan dapat melakukan fungsi kerja sebagai saklar, untuk menghidupkan dan mematikan pompa melalui kontrol program yang telah ditentukan.

3.4 Prosedur Penelitian

3.4.1 Pembuatan Larutan Asam Oksalat 0,1N

Larutan oksalat dibuat dengan cara melarutkan 1,575 gram serbuk asam oksalat dalam 10 mL aquades. Kemudian larutan tersebut diencerkan dengan aquades dalam labu ukur 250 mL sampai tanda batas.

3.4.2 Pembuatan Larutan NaOH 0,1M

Larutan NaOH dibuat dengan cara melarutkan 4 gram NaOH butiran dalam 10 mL aquades, setelah itu larutan diencerkan dengan aquades dalam labu ukur 1 L sampai tanda batas.

3.4.3 Standarisasi Larutan NaOH

Standarisasi dilakukan dengan cara mengambil NaOH 0,1M yang telah dibuat. Larutan dimasukkan ke dalam buret yang telah dibilas NaOH. Asam Oksalat dimasukkan ke dalam erlenmeyer sebanyak 10 mL dan ditambah 3 tetes indikator PP. Selanjutnya dititrasi dengan NaOH. Titrasi dihentikan setelah terjadi perubahan warna.

3.4.4 Pembuatan Indikator PP 1%

Menimbang serbuk PP 1 gram kemudian diencerkan dengan etanol pa sebanyak 50 mL sampai tanda batas labu ukur 100 mL.

3.4.5 Pembuatan Larutan HCl 1M

Larutan induk dibuat dengan cara mengambil 20,7 mL HCl pa 37%, selanjutnya diencerkan dengan aquades dalam labu ukur 250 mL sampai tanda batas sehingga diperoleh HCl 1M.

a. Larutan HCl 0,1M

Mengambil larutan HCl 1M sebanyak 25 mL kemudian diencerkan dengan aquades dalam labu ukur 250 mL sampai tanda batas.

b. Larutan HCl 0,05M

Mengambil larutan HCl sebanyak 12,5 mL kemudian diencerkan dengan aquades dalam labu ukur 250 mL sampai tanda batas.

c. Larutan HCl 0,01M

Mengambil larutan HCl 1M sebanyak 2,5 mL kemudian diencerkan dengan aquades dalam labu ukur 250 mL sampai tanda batas.

3.4.6 Pembuatan Larutan CH₃COOH 1M

Larutan induk CH₃COOH dibuat dengan cara mengambil 14,3 mL CH₃COOH glacial 100% kemudian diencerkan dengan aquades dalam labu ukur 250 mL sampai tanda batas, sehingga diperoleh larutan CH₃COOH 1M.

a. Larutan CH₃COOH 0,1M

Mengambil larutan CH₃COOH 1M sebanyak 25 mL kemudian diencerkan dengan aquades dalam labu ukur 250 mL sampai tanda batas.

b. Larutan CH₃COOH 0,05M

Mengambil larutan CH₃COOH 1M sebanyak 12,5 mL kemudian diencerkan dengan aquades dalam labu ukur 250 mL sampai tanda batas.

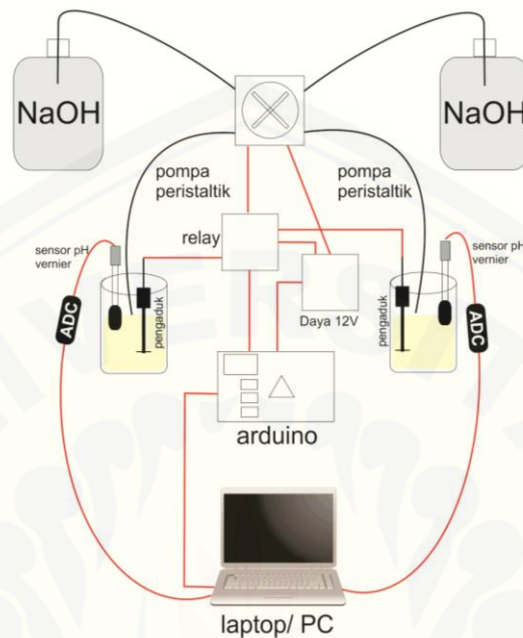
c. Larutan CH₃COOH 0,01M

Mengambil larutan CH₃COOH 1M sebanyak 2,5 mL kemudian diencerkan dengan aquades dalam labu ukur 250 mL sampai tanda batas.

3.4.7 Set Alat

Program dibuat melalui *software LabVIEW 2012* yang telah diinstall pada PC/ Komputer. Pompa peristaltik secara otomatis mengambil larutan basa kuat NaOH yang kemudian dialirkan ke dalam wadah larutan sampel tetes demi tetes. Relay yang telah terhubung di pompa peristaltik berfungsi untuk mematikan dan menghidupkan pompa. Relay dihubungkan dengan arduino dan PC/ Laptop. Sensor pH meter vernier dihubungkan pada PC/ Laptop, kemudian dimasukkan ke

dalam wadah yang berisi titrat. Aplikasi *LabVIEW 2012* akan merekam data tersebut.



Gambar 3.2 Rangkaian alat

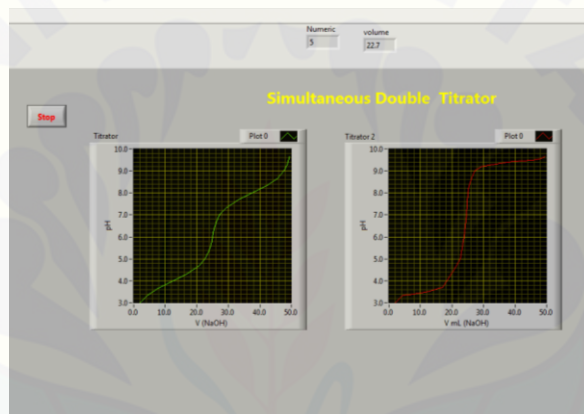
Desain yang tampak pada gambar 3.2 adalah desain titrator untuk penentuan konsentrasi dua sampel secara simultan. Tampak pada sisi kanan dan kiri terpasang selang alir titran pada pompa peristaltik. Rangkaian alat tersebut dikendalikan melalui laptop/ PC. Program Labview di instal terlebih dulu dan dihubungkan dengan *hardware* seperti arduino dan sensor pH meter. *Hardware* dipastikan terdeteksi oleh program yang dilanjutkan dengan merangkai alat seperti gambar 3.2. Larutan *buffer* digunakan untuk mengkalibrasi sensor pH meter. Laju alir pompa dikalibrasi dengan cara mengontrol *relay* melalui program. Larutan sampel berbeda dimasukkan pada masing-masing wadah. Yaitu sampel dengan asam kuat dengan basa kuat dan asam lemah dengan basa kuat. Setelah semua siap, program *LabView* siap dijalankan. Pompa peristaltik menghisap larutan NaOH yang dikontrol oleh relay tetes demi tetes ke dalam wadah titrat yang sudah terpasang sensor pH meter. Pergerakan pH diamati melalui PC. Program sudah diset sebelumnya agar relay menghentikan pompa peristaltik ketika kedua sampel

telah selesai menunjukkan pH 12. Setelah itu diulang kembali percobaan tersebut dengan sampel yang konsentrasinya berbeda.

3.4.8 Pembuatan Program

Pada percobaan kali ini menggunakan *software LabVIEW 2012 (Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench)*. Fungsi dari pembuatan program tersebut adalah :

1. Mengendalikan relay
2. Mengakuisisi dan display data
3. Penentuan titik ekuivalen



Gambar 3.3 Penampilan grafik hasil titrasi pada LabView 12

Gambar 3.3 merupakan tampilan *front panel* pada *software Labview 2012*, yang digunakan untuk mengendalikan jalanya proses titrasi dengan titrator otomatis.

3.4.9 Penentuan Laju Alir Pompa Peristaltik

Laju alir titran ditentukan dengan mengukur massa cairan titran yang mengalir melalui selang pompa peristaltik. Massa air yang telah diketahui nilai ρ , dimasukkan dalam persamaan yaitu:

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (3.1)$$

ρ adalah massa jenis (g/mL), m adalah massa (gram), dan V adalah volume (mL).

Nilai yang diperoleh dari persamaan dari hasil kalibrasi, dimasukkan pada persamaan 3.2 regresi linier:

$$y=mx+c \quad (3.2)$$

Variabel y adalah menyatakan banyaknya jumlah volume (mL), variable x adalah fungsi waktu, m adalah slop, dan c adalah intersep. Persamaan ini yang akan menentukan kesesuaian pembacaan data dengan proses kerja/ waktu saat reaksi pada sampel.

3.4.10 Prosedur Menggunakan Titrator Otomatis yang Mengukur Dua Sampel Secara Simultan

Larutan titran NaOH 0,1 M dimasukkan ke dalam 2 wadah kemudian tiap wadah dihubungkan selang yang telah terhubung pada pompa peristaltik yang berfungsi untuk menyedot larutan. Pompa peristaltik diset terlebih dahulu laju alirnya, secara pelan (tetesan sedikit). Selanjutnya selang dimasukkan ke dalam gelas beaker yang telah terisi larutan titrat (HCl dan CH₃COOH).

Sensor pH meter *vernier* dipasang di dalam gelas beaker yang telah terhubung pada PC/ Laptop. Selama proses titrasi larutan dalam gelas beaker diaduk menggunakan pengaduk. Relay yang terhubung pada pompa peristaltik berfungsi sebagai saklar untuk menghidupkan atau mematikan laju aliran pompa peristaltik. Sensor pH meter akan menunjukkan nilai potensial sel dari larutan tersebut saat ditambahkan titran secara terus menerus sampai titik akhir, sehingga diperoleh data volume titran dengan nilai pH. Data tersebut kemudian dapat dibuat grafik hubungan volume titran dengan pH.

3.4.11 Prosedur Titrasi Konvensional

Titrasi yang akan dilakukan adalah titrasi asam kuat dengan basa kuat dan titrasi asam lemah dan basa kuat. Basa kuat yang digunakan adalah NaOH, Asam kuat yang digunakan adalah HCl, dan asam lemah yang digunakan adalah CH₃COOH.

a. Titrasi Asam Kuat dan Basa Kuat

Larutan HCl 0,1 M diambil sebanyak 10 mL dengan pipet volume kemudian dipindahkan ke dalam labu erlenmeyer 125 mL. Indikator PP ditambahkan sebanyak 5 tetes ke dalam labu erlenmeyer tersebut. Buret diisi dengan larutan NaOH 0,1 M tepat ke garis nol. Kran buret dibuka secara perlahan sehingga NaOH tepat mengalir ke dalam labu erlenmeyer. Selama penambahan NaOH labu erlenmeyer digoyangkan agar homogen. Kemudian diamati perubahan warna, jika terjadi perubahan warna dari bening ke merah muda maka titrasi dihentikan (titik akhir titrasi). Kemudian dicatat volume NaOH yang dibutuhkan untuk mencapai titik akhir titrasi. Diulangi untuk titrat HCl konsentrasi 0,05M dan 0,025 M.

b. Titrasi Asam Lemah dan Basa Kuat

Larutan CH₃COOH 0,1 M diambil sebanyak 10 mL dengan pipet volume lalu dipindahkan ke dalam erlenmeyer 125 mL, ditambahkan 5 tetes larutan indikator PP. Titrasi dilakukan hingga didapatkan titik akhir titrasi dengan ditandainya perubahan warna. Catat volume NaOH yang dibutuhkan untuk mencapai titik akhir titrasi. Diulangi untuk titrat CH₃COOH konsentrasi 0,05 M dan 0,025 M.

3.5 Analisis Data**3.5.1 Pengukuran Akurasi**

Hasil yang akurat adalah hasil yang disepakati mendekati nilai sebenarnya dalam suatu pengukuran kuantitas. Perbandingan dibuat atas dasar pengukuran keakuratan dari akurasi. Penentuan akurasi suatu metode analisis kuantitatif dilakukan dengan menganalisa sampel sintetik, yaitu sampel yang diketahui komposisinya ataupun menggunakan sampel yang sudah diketahui dengan metode lain sebagai perbandingan. Perbedaan antara nilai-nilai pengamatan rata-rata yang mempunyai nilai berdekatan dengan nilai aktual dari sampel merupakan ukuran akurasi (Khopkar, 1990).

$$\text{Akurasi} = 100\% - \left(\frac{\text{Data titrator} - \text{Data konvensional}}{\text{Data konvensional}} \times 100\% \right) \quad \dots\dots 3.3$$

Metode penentuan keakuratan yang digunakan dalam penelitian ini adalah dengan cara membandingkan nilai perhitungan dengan nilai konsentrasi sampel dengan menggunakan metode konvensional menggunakan persamaan 3.3. Perbedaan nilai-nilai pangamatan rata-rata yang mempunyai nilai berdekatan dengan nilai aktual merupakan ukuran nilai akurasi.

3.5.2 Penentuan Presisi

Miller (1991) mendefinisikan presisi sebagai ukuran derajat keterulangan dari metode analisis, dimana nilai presisi dihitung dari standar deviasinya. Nilai presisi dinyatakan sebagai koefisien variasi melalui persamaan:

$$K_v = \left[\frac{SD}{x} \right] \times 100\% \quad \dots\dots 3.4$$

dimana⁻: SD = Standar Deviasi, x = Konsentrasi rata-rata asam (Molar),
Kv = Koefisien variasi

Presisi ditentukan berdasarkan harga koefisien variasi (Kv) melalui persamaan 3.4 dengan terlebih dahulu menghitung standar deviasinya dan sinyal konsentrasi rata-rata. Nilai koefisien variasi yang lebih rendah merupakan yang memiliki derajat keterulangan yang tinggi. Semakin kecil nilai Kv, makin besar ketelitian hasil pengukurannya.

3.5.3 Uji Beda (Uji-t)

Uji statistik membandingkan dua metode titrasi berbasis titrator otomatis yang digunakan secara simultan dengan metode titrasi konvensional dapat ditentukan menggunakan uji-t regresi x dan y, dimana sumbu x untuk hasil konsentrasi titrasi berbasis dua titratos yang digunakan secara simultan dan pada sumbu y untuk hasil konsentrasi titrasi konvensional. Nilai t hitung diperoleh dengan menghitung koefisien korelasi garis, dengan persamaan :

$$t_{hitung} = \frac{|d|}{S_d / \sqrt{n}} \quad \dots\dots 3.3$$

d adalah selisih hasil kedua metode, S_d adalah standar deviasi, dan adalah jumlah sampel total (Wilkerson, 2008).

Harga t hasil perhitungan dibandingkan dengan nilai t_{tabel} . Jika t_{hitung} lebih besar dari t_{tabel} maka H_0 ditolak dan H_A diterima, berarti ada perbedaan nyata antara kedua metode tersebut.



BAB 5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang diperoleh maka dapat disimpulkan:

1. Hasil uji-t pada metode konvensional dan titrator otomatis tidak ada perbedaan yang signifikan dari segi waktu; dan hasil uji-t pada titrator otomatis tidak ada perbedaan yang nyata dengan metode konvensional dari segi konsentrasi.
2. Nilai presisi dan akurasi pada pada konsentrasi 0,1M lebih bagus dibandingkan dengan 0,05M pada metode titrator otomatis (titran 0,094 M); sedangkan pada konsentrasi 0,025 (titran 0,034 M) nilai presisi dan akurasi baik; dan nilai akurasi pada metode konvensional sangat baik pada semua variasi konsentrasi.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian, maka saran yang dapat disampaikan adalah :

1. Perlu dikembangkan lebih lanjut alat tersebut dalam penelitian yang lebih luas lagi.
2. Pompa desain peristaltik berjumlah dua, karena untuk meminimalisir volume titran yang terbuang.

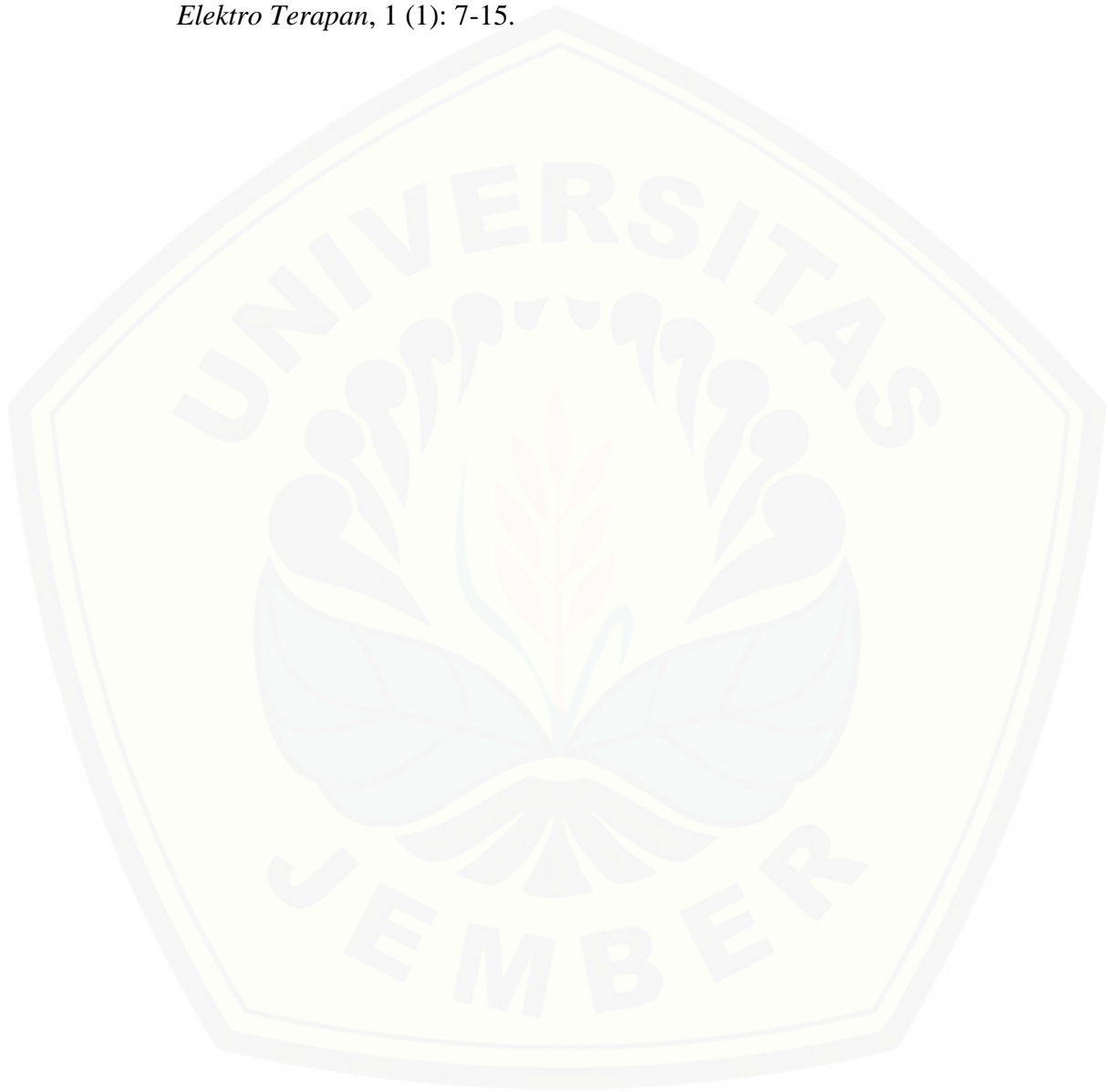
DAFTAR PUSTAKA

- Almatsier, Sunita. 2003. *Prinsip Dasar Ilmu Gizi*. Jakarta : Penerbit Gramedia.
- Anjo, M. D., Stangeland, L. J. 1992. An MS-DOS Microcomputer Controlled Titration System. *Journal of Chemical Education*, 69(4): 296-299.
- Assa'idah & Adnan, Y. 2009. Investigasi Terhadap Kemampuan 2 Tipe ADC. *Jurnal Penelitian Sains*, 12 (2B).
- Basset, dkk. 1994. *Kimia Analisis Kuantitatif Anorganik*. Jakarta : Penerbit EGC.
- Christian, G.D., 1994. *Analytical Chemistry, fifth edition*. New York : John Wiley and Sons.
- Cladera, A., Caro, A., and Cerda, V. 1990. A Fully Automatic System for Acid-Base Coulometric Titrations. *Journal of Automatic Chemistry*. 12(6):258-262.
- Dancziger, M & Malmstadt, H.V. 1980. Interfacing a Titrator to a Microcomputer for Incremental or Continuous Modes of Operation. *Journal of Automatic Chemistry*, 2(4) : 194-199.
- Day, R.A. & Underwood, A.L. 1986. *Analisis Kimia Kuantitatif*. Jakarta : Penerbit Erlangga.
- Fruh, U.P., Meter, P., and Rutishauser, H. 1997. A Microcomputer – Controlled Titrator For Automated Individual Analysis. *Journal of Analytical Chemistry*, 1 (1): 97-106.
- Harjadi. 1990. *Ilmu Kimia Analitik Dasar*. Jakarta : Penerbit Gramedia.
- Headrick, K. L., Davies, K., and Heagele, A. N. 2000. A Simple Laboratory-Constructed Automatic Titrator. *Journal of Chemical Education*, 77(3): 389-390.
- Hetherington, M. A., Chen, M., and Reid, S. R. 1995. A Novel PC-Based Gravimetric Autotitrator With a Multi-Solution Delivery System. *Journal of Chemistry*, 73: 1374-1379.
- Ichwan, M., Husada, M.G., Ar Rasyid, M.I. 2013. Pembangunan Prototipe Sistem Pengendalian Peralatan Listrik Pada Platform Android. *Jurnal Informatika*, 1 (4): 13-25.
- Kankare, J. J., Kosonen, P. O., and Vihera, O. 1974. Automatic Titrator for Digital Recording of Potentiometric Titration Curves. *Journal of Analytical Chemistr*, 46 (9): 1-4.

- Laksono, H.D., Sonni, M.N. 2007. Perancangan Dan Implementasi Relay Arus Lebih Sesaat Berbasis Microcontroller. *Jurnal Teknik Komputer*, 9 (2).
- Lehninger. 1984. *Dasar-Dasar Biokimia*. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Masawat, P., Liawruangrath, S., & Upalee, S. 2008. Design and Fabrication of a Micro-Volume Autotitrator with Potentiometric End-Point Detection for The Determination of Acidity of Some Fruit Juices. *Journal of Science and Technology*, 2 (2) : 374-382.
- Matiin, N., Hatta, A.M., Sekartedjo. 2012. Pengaruh Variasi Bending Sensor pH Berbasis Serat Optik Plastik Menggunakan Lapisan Silica Sol Gel Terhadap Sensitivitas. *Jurnal Teknik Pomits*, 1 (01): 1-6.
- Meyer, E. F. 1992. An Inexpensive Computer-Based Autotitrator. *Journal of Chemical Education*, 69 (5): 158-159.
- Migneault, D & R. K. Forc. 1987. Design of an Automatic Titrator. *Journal of Clinical Laboratory Automation*, 9 (3) : 125-128.
- Miller, J. C. & Miller, J. N. Statistika untuk Kimia Analitik Edisi Kedua. Alih Bahasa oleh Suroso. 1991. Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- Oliveira, A., Silva, A., & Almeida, R. 2010. Development of a Titrator Based on Drop Counting. *Journal of Chemistry*, 33 (3) : 721-724.
- Papadopoulos, N., and Limniou, M. 2003. pH Titration Simulator. *Journal of Chemical Education*, 80(6): 709.
- Petruševski, Vladimir M. dan Risteska, Keti. 2007. Behaviour of Phenolphthalein in Strongly Basic Media. *Journal of Chemistry*, 16 (4).
- Ritter, D., and Johnson, M. 1997. Virtual Titrator. *Journal of Chemical Education*, 74(1): 120-123.
- Soebagio. 2005. *Kimia Analitik II*. Malang : Penerbit UM Press.
- Stong, J.D. 1988. A Computer-Controlled Potentiometric/Spectrophotometric Titrator. *Journal of Automatic Chemistry*, 10 (2) : 95-100.
- Sukarta, I Nyoman. 1999. *Penggunaan Ekstrak Bunga Angsoka Merah (Ixora gandiflora) sebagai Indikator Alternatif dalam Titrasi Asam-Basa*. Bali : Penerbit STKIP Singaraja.
- Suryabrata, S. 1994. *Metodologi Penelitian*. Jakarta: Penerbit PT Raja Grafindo Persada.

Wilkerson, D. S., 2008. Application of the Paired t-test. *Journal of Research*, 5 (1):1-5.

Zulhendri, A., Trisanto, A., Nasrullah, E. 2012. Rancang Bangun Sistem Monitoring dan Pengendalian Level Cairan dengan LabVIEW Berbasis Mikrokontroler Mbed NXP LPC1768. *Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan*, 1 (1): 7-15.



LAMPIRAN

3.1 Preparasi Bahan

3.1.1 Pembuatan larutan asam oksalat 0,1 N

$$N = 0,10N$$

$$M = \frac{0,10N}{2,0} = 0.050M$$

$$M = \frac{n}{v} = \frac{0,050\text{mol}}{1L}$$

$$\text{massa} = 0,050\text{mol} \times 126\text{g/mol} = 6,3\text{gram}$$

3.1.2 Pembuatan larutan NaOH 0,10 M

$$M = 0,10M$$

$$M = \frac{n}{v} = \frac{0,10\text{mol}}{1L}$$

$$\text{massa} = 0,10\text{mol} \times 40\text{g/mol} = 4,0\text{gram}$$

3.1.3 Pembuatan Indikator PP 1%

$$\% \frac{b}{v} = \frac{1}{100} \times \frac{b}{100 \text{ mL}}$$

$$b = 1\text{gram}$$

$$\text{etanol} : \text{aquades} = 1 : 1$$

3.1.4 Pembuatan larutan HCl 1 M

$$m = \rho \times v$$

$$= 1,19 \frac{\text{Kg}}{\text{L}} \times 0,01L$$

$$= 0,0119\text{Kg} = 11,9 \text{ gram}$$

$$\text{Massa HCl } 37\% = \frac{37}{100} 11,9\text{gram} = 4,403 \text{ gram}$$

$$\text{mol} = \frac{4,403 \text{ g}}{36,5 \text{ g/mol}} = 0,121 \text{ mol}$$

$$M = \frac{n}{v} = \frac{0,121\text{mol}}{0,01} = 12.1 \text{ M}$$

$$V_1 M_1 = V_2 M_2$$

$$V_1 12,1 \text{ M} = 250 \text{ mL } 1 \text{ M}$$

$$V_1 = 20,7\text{mL}$$

3.1.5 Larutan HCl 0,1 M

$$M_1 V_1 = M_2 V_2$$

$$1 \text{ M} \times V_1 = 0,1 \text{ M} \times 250 \text{ mL}$$

$$V_1 = 25 \text{ mL}$$

3.1.6 Larutan HCl 0,05 M

$$M_1 V_1 = M_2 V_2$$

$$1 \text{ M} \times V_1 = 0,05 \text{ M} \times 250 \text{ mL}$$

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

3.1.7 Larutan HCl 0,025 M

$$M_1 V_1 = M_2 V_2$$

$$1 \text{ M} \times V_1 = 0,025 \text{ M} \times 250 \text{ mL}$$

$$V_1 = 6,25 \text{ mL}$$

3.1.8 Pembuatan larutan CH₃COOH 1 M

$$M = \frac{1000 \times \% \text{ massa} \times \rho}{M_r}$$

$$M = \frac{1000 \times 100\% \times 1,05 \text{ g/mL}}{60 \text{ g/mol}}$$

$$M = 17,5 \text{ M}$$

$$M_1 V_1 = M_2 V_2$$

$$17,5 \times V_1 = 1 \text{ M} \times 250 \text{ mL}$$

$$V_1 = 14,3 \text{ mL}$$

3.1.9 Larutan CH₃COOH 0,1 M

$$M_1 V_1 = M_2 V_2$$

$$1 \text{ M} \times V_1 = 0,1 \text{ M} \times 250 \text{ mL}$$

$$V_1 = 25 \text{ mL}$$

3.1.10 Larutan CH₃COOH 0,05 M

$$M_1 V_1 = M_2 V_2$$

$$1 \text{ M} \times V_1 = 0,05 \text{ M} \times 250 \text{ mL}$$

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

3.1.11 Larutan CH_3COOH 0,025 M

$$M_1 V_1 = M_2 V_2$$

$$1 \text{ M} \times V_1 = 0,025 \text{ M} \times 250 \text{ mL}$$

$$V_1 = 6,25 \text{ mL}$$

3.1.12 Standarisasi NaOH dengan asam oksalat 0.1 N

Ulangan	Volume (mL)		Konsentrasi NaOH (M)
	NaOH	Asam Oksalat	
1	10,8	10	0,092
2	10,6	10	0,094
3	10,5	10	0,095
Rata-rata	10,63	10	0,094

$$V_{(\text{asam oksalat})} N_{(\text{asam oksalat})} = V_{(\text{NaOH})} N_{(\text{NaOH})}$$

$$10 \text{ mL} \times 0,1 \text{ N} = 10,63 \text{ mL} \times N_{(\text{NaOH})}$$

$$N_{(\text{NaOH})} = 0.094 \text{ N}$$

$$M_{(\text{NaOH})} = 0.094 \text{ M}$$

4.1 Kalibrasi Laju Alir Titran

4.1.1 Penentuan massa jenis air (27°C)

Misal massa air adalah 48,513 gram, dan volume air 50 cm³

$$\rho = \frac{m}{V}$$

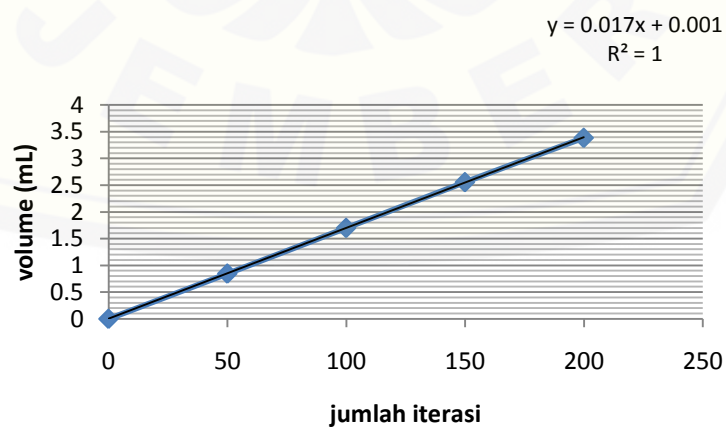
$$\rho = \frac{48,513 \text{ gram}}{50 \text{ cm}^3}$$

$$\rho = 0,97 \text{ g/cm}^3$$

ulangan	massa wadah(g)	massa total	massa air (g)	ρ (g/cm ³)
1	32,031	80,544	48,513	0,97
2	32,031	80,433	48,402	0,97
3	32,031	80,542	48,511	0,97
Rata-rata				0,97

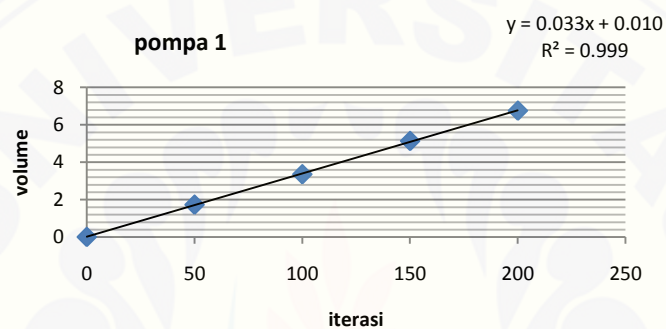
4.1.2 Penentuan volume tetesan titran pada satu titrasi

No	iterasi	massa total(g)	massa wadah(g)	Massa air (g)	volume titran (mL)
1	0	0	0	0	0
2	50	35,683	34,833	0,85	0,85
3	100	36,533	34,833	1,7	1,7
4	150	37,433	34,833	2,6	2,6
5	200	38,233	34,833	3,4	3,4

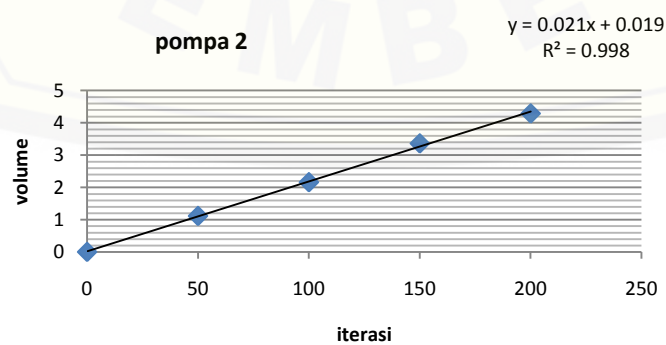


4.1.3 Penentuan volume tetesan titran pada dua titrasi

Pompa 1					
No	iterasi	massa total(g)	massa wadah(g)	massa air (g)	volume titran (mL)
1	0	0	0	0	0
2	50	36,533	34,833	1,7	1,7
3	100	38,233	34,833	3,4	3,4
4	150	39,933	34,833	5,1	5,1
5	200	41,533	34,833	6,7	6,7



Pompa 2					
No	iterasi	massa total(g)	massa wadah(g)	massa air (g)	volume titran (mL)
1	0	0	0	0	0
2	50	35,933	34,833	1,1	1,1
3	100	37,033	34,833	2,2	2,2
4	150	38,533	34,833	3,7	3,7
5	200	39,133	34,833	4,3	4,3



4.2 Perhitungan Konsentrasi Titrasi Konvensional

$$V_{(\text{Titran})} M_{(\text{Titran})} = V_{(\text{Titrat})} M_{(\text{Titrat})}$$

4.2.1 Titrasi Asam Kuat (HCl) dengan Basa Kuat (NaOH)

[M]	Ulangan	[NaOH] (M)	Volume HCl (mL)	Volume NaOH (mL)	[HCl] (M)
0,1 N	1	0,094	15	17	0,106
	2	0,094	15	16,8	0,105
	3	0,094	15	17,2	0,108
	4	0,094	15	17	0,106
	5	0,094	15	17,2	0,108
	6	0,094	15	16,5	0,103
	Rata-rata		0,094	15	17
0,05 N	1	0,094	15	8,8	0,055
	2	0,094	15	8,6	0,054
	3	0,094	15	8,5	0,053
	4	0,094	15	8,6	0,054
	5	0,094	15	8,5	0,053
	6	0,094	15	8,5	0,053
	Rata-rata		0,094	15	8,6
0,025 N	1	0,094	15	4,2	0,026
	2	0,094	15	4	0,025
	3	0,094	15	4,1	0,026
	4	0,094	15	4,1	0,026
	5	0,094	15	4	0,025
	6	0,094	15	4	0,025
	Rata-rata		0,094	15	4,1

4.2.2 Titrasi Asam Lemah (CH_3COOH) dengan Basa Kuat (NaOH)

[M]	Ulangan	[NaOH] (N)	Volume CH_3COOH (mL)	Volume NaOH (mL)	Konsentrasi CH_3COOH (M)
0,1 N	1	0,094	15	16,6	0,104
	2	0,094	15	16,6	0,104
	3	0,094	15	17	0,106
	4	0,094	15	16,8	0,105
	5	0,094	15	17	0,105
	6	0,094	15	16,8	0,105
	Rata-rata	0,094	15	16,8	0,105
0,05 N	1	0,094	15	8,3	0,05
	2	0,094	15	8,2	0,051
	3	0,094	15	8,1	0,051
	4	0,094	15	8	0,050
	5	0,094	15	8,1	0,051
	6	0,094	15	8	0,050
	Rata-rata	0,094	15	8,2	0,051
0,025 N	1	0,094	15	4,1	0,026
	2	0,094	15	4,2	0,026
	3	0,094	15	4,1	0,026
	4	0,094	15	4,1	0,026
	5	0,094	15	4,2	0,026
	6	0,094	15	4	0,025
	Rata-rata		15	4,13	0,026

4.3 Perhitungan Konsentrasi Titrator Otomatis

4.3.1 Satu Titiasi

4.3.1.1 Titiasi HCl dengan NaOH

[M]	Ulangan	[NaOH] (M)	Volume HCl (mL)	VolumeNaOH (mL)	[HCl] (M)
0,1 N	1	0,094	15	17,432	0,109
	2	0,094	15	17,732	0,111
	3	0,094	15	16,089	0,108
	rata-rata	0,094	15	17,084	0,109
0,05N	1	0,094	15	9,209	0,058
	2	0,094	15	8,859	0,056
	3	0,094	15	8,553	0,054
	rata-rata	0,094	15	8,874	0,056
0,025N	1	0,031	15	12,51	0,026
	2	0,031	15	12	0,025
	3	0,031	15	12,05	0,025
	rata-rata	0,031	15	12,19	0,025

4.3.1.2 Titiasi CH₃COOH dengan NaOH

[M]	Ulangan	[NaOH] (M)	Volume CH ₃ CO OH (mL)	Volume NaOH (mL)	[CH ₃ C OOH] (M)
0,1N	1	0,094	15	16,879	0,106
	2	0,094	15	17,052	0,107
	3	0,094	15	16,8	0,105
	rata-rata	0,094	15	16,910	0,106
0,05N	1	0,094	15	8,347	0,052
	2	0,094	15	8,489	0,053
	3	0,094	15	8,678	0,054
	rata-rata	0,094	15	8,505	0,053
0,025N	1	0,031	15	12,40	0,026
	2	0,031	15	12,46	0,026
	3	0,031	15	12,45	0,026
	rata-rata	0,031	15	12,44	0,026

4.3.2 Dua Titrasi

4.3.2.1 Titrasi HCl dengan NaOH

[M]	Ulangan	[NaOH] (M)	Volume HCl (mL)	Volume NaOH (mL)	[HCl] (M)
0,1N	1	0,094	15	17,206	0,108
	2	0,094	15	17,358	0,109
	3	0,094	15	17,597	0,110
	rata-rata	0,094	15	17,387	0,109
0,05N	1	0,094	15	8,526	0,053
	2	0,094	15	8,179	0,051
	3	0,094	15	8,505	0,053
	rata-rata	0,094	15	8,403	0,053
0,025N	1	0,031	15	12,48	0,026
	2	0,031	15	12,39	0,026
	3	0,031	15	12,86	0,027
	rata-rata	0,031	15	12,58	0,026

4.3.2.2 Titrasi CH₃COOH dengan NaOH

[M]	Ulangan	[NaOH] (M)	Volume CH ₃ COOH (mL)	Volume NaOH (mL)	[CH ₃ COOH] (M)
0,1N	1	0,094	15	17,076	0,107
	2	0,094	15	17,033	0,107
	3	0,094	15	17,467	0,109
	rata-rata	0,094	15	17,192	0,108
0,05N	1	0,094	15	8,374	0,052
	2	0,094	15	8,136	0,051
	3	0,094	15	8,353	0,052
	rata-rata	0,094	15	8,288	0,052
0,025N	1	0,031	15	12,35	0,025
	2	0,031	15	12,12	0,025
	3	0,031	15	12,15	0,025
	rata-rata	0,031	15	12,20	0,025

4.4 Prosentase Volume Titran yang Terbuang

Titrat		Volume total (mL)	Volume terpakai (mL)	Volume terbangung (mL)	Prosentase volume terbangung (mL)
HCl	1	30.7	17.37	13.33	43%
	2	20.1	8.43	11.67	58%
	3	17.1	4.77	12.33	72%
CH ₃ COOH	1	22.5	17.17	5.33	24%
	2	12.6	8.27	4.33	34%
	3	11.4	4.57	6.83	60%

4.5 Perhitungan Akurasi Titrator Otomatis

4.5.1 Akurasi nilai konsentrasi titrasi asam kuat (HCl) dan basa kuat (NaOH) pada satu titrasi

	Konsentrasi larutan titrat HCl (N)	
	Konvensional	Titrator
0,1 N	0,106	0,109
0,05 N	0,054	0,056
0,025 N	0,026	0,025

$$\text{Akurasi} = 100\% - \left(\frac{\text{Data titrator} - \text{Data konvensional}}{\text{Data konvensional}} \times 100\% \right)$$

4.5.1.1 Titrat HCl 0,1 M

$$\begin{aligned} \text{Akurasi} &= 100\% - \left(\frac{0.109 - 0.106}{0.106} \times 100\% \right) \\ &= 100\% - 3\% = 97\% \end{aligned}$$

4.5.1.2 Titrat HCl 0,5 M

$$\begin{aligned} \text{Akurasi} &= 100\% - \left(\frac{0.056 - 0.054}{0.054} \times 100\% \right) \\ &= 100\% - 4\% = 96\% \end{aligned}$$

4.5.1.3 Titrat HCl 0,025 M

$$\begin{aligned} \text{Akurasi} &= 100\% - \left(\frac{0.025 - 0.026}{0.026} \times 100\% \right) \\ &= 100\% - 4\% = 96\% \end{aligned}$$

4.5.2 Akurasi nilai konsentrasi titrasi asam lemah (CH_3COOH) dan basa kuat (NaOH) pada satu titrasi

	Konsentrasi larutan titrat CH_3COOH (M)	
	Konvensional	Titrat
0,1 N	0,105	0,106
0,05 N	0,051	0,053
0,025 N	0,026	0,026

$$\text{Akurasi} = 100\% - \left(\frac{\text{Data titrator} - \text{Data konvensional}}{\text{Data konvensional}} \times 100\% \right)$$

4.5.2.1 Titrat CH_3COOH 0,1 M

$$\begin{aligned} \text{Akurasi} &= 100\% - \left(\frac{0.106 - 0.105}{0.105} \times 100\% \right) \\ &= 100\% - 1\% = 99\% \end{aligned}$$

4.5.2.2 Titrat CH_3COOH 0,05 M

$$\begin{aligned} \text{Akurasi} &= 100\% - \left(\frac{0.053 - 0.051}{0.051} \times 100\% \right) \\ &= 100\% - 4\% = 96\% \end{aligned}$$

4.5.2.3 Titrat CH_3COOH 0,025 M

$$\begin{aligned} \text{Akurasi} &= 100\% - \left(\frac{0.026 - 0.026}{0.026} \times 100\% \right) \\ &= 100\% - 0\% = 100\% \end{aligned}$$

4.5.3 Akurasi nilai konsentrasi titrasi asam kuat (HCl) dan basa kuat (NaOH) pada dua titrasi

	Konsentrasi larutan titrat HCl (M)	
	Konvensional	Titrat
0,1 N	0,106	0,109
0,05 N	0,054	0,053
0,025 N	0,026	0,026

$$\text{Akurasi} = 100\% - \left(\frac{\text{Data titrator} - \text{Data konvensional}}{\text{Data konvensional}} \times 100\% \right)$$

4.5.3.1 Titrat HCl 0,1 M

$$\begin{aligned} \text{Akurasi} &= 100\% - \left(\frac{0.109 - 0.106}{0.106} \times 100\% \right) \\ &= 100\% - 3\% = 97\% \end{aligned}$$

4.5.3.2 Titrat HCl 0,5 M

$$\begin{aligned} \text{Akurasi} &= 100\% - \left(\frac{0.053 - 0.054}{0.054} \times 100\% \right) \\ &= 100\% - 4\% = 96\% \end{aligned}$$

4.5.3.3 Titrat HCl 0,025 M

$$\begin{aligned} \text{Akurasi} &= 100\% - \left(\frac{0.026 - 0.026}{0.026} \times 100\% \right) \\ &= 100\% - 0\% = 100\% \end{aligned}$$

4.5.4 Akurasi nilai konsentrasi titrasi asam lemah (CH_3COOH) dan basa kuat (NaOH) pada dua titrasi

	Konsentrasi larutan titrat CH_3COOH (M)	
	Konvensional	Titrat
0,1 N	0,105	0,108
0,05 N	0,05	0,052
0,025 N	0,026	0,025

4.5.4.1 Titrat CH_3COOH 0,1 M

$$\begin{aligned} \text{Akurasi} &= 100\% - \left(\frac{0.107 - 0.105}{0.1051} \times 100\% \right) \\ &= 100\% - 3\% = 97\% \end{aligned}$$

4.5.4.2 Titrat CH_3COOH 0,05 M

$$\begin{aligned} \text{Akurasi} &= 100\% - \left(\frac{0.052 - 0.05}{0.05} \times 100\% \right) \\ &= 100\% - 4\% = 96\% \end{aligned}$$

4.5.4.3 Titrat CH_3COOH 0,025 M

$$\begin{aligned} \text{Akurasi} &= 100\% - \left(\frac{0.025 - 0.026}{0.026} \times 100\% \right) \\ &= 100\% - 4\% = 96\% \end{aligned}$$

4.6 Perhitungan Presisi Titrator Otomatis

4.6.1 Presisi nilai konsentrasi titrasi asam kuat (HCl) dan basa kuat (NaOH) G1. pada satu titrasi

[M]	Ulangan	[NaOH] (M)	Vol, NaOH (mL)	Vol,HCl (mL)	[HCl] (M)
0,1 N	1	0,094	17,432	15	0,109
	2	0,094	17,732	15	0,111
	3	0,094	17,163	15	0,101
	rata-rata	0,094	17,442	15	0,109
	SD			0	0,0018
	SD/X				0,016
	KV				1,6%
0,05N	1	0,094	9,209	15	0,058
	2	0,094	8,859	15	0,056
	3	0,094	8,553	15	0,054
	rata-rata	0,094	8,874	15	0,056
	SD				0,002
	SD/X				0,037
	KV				3,70%
0,025N	1	0,031	15	12,51	0,026
	2	0,031	15	12	0,025
	3	0,031	15	12,05	0,025
	rata-rata	0,031	15	12,19	0,025
	SD				0,00058
	SD/X				0,023
	KV				2,3%

4.6.2 Presisi nilai konsentrasi titrasi asam lemah (CH_3COOH) dan basa kuat (NaOH) pada satu titrasi

[M]	Ulangan	[NaOH] (M)	Vol, NaOH (mL)	Vol, CH_3COOH (mL)	[CH_3COOH] (M)
0,1	1	0,094	16,879	15	0,106
	2	0,094	17,052	15	0,107
	3	0,094	16,8	15	0,105
	rata-rata	0,094	16,910	15	0,106
	SD				0,001
	SD/X				0,008
	KV				0,80%
0,05N	1	0,094	8,347	15	0,052
	2	0,094	8,489	15	0,053
	3	0,094	8,678	15	0,054
	rata-rata	0,094	8,505	15	0,053
	SD				0,001
	SD/X				0,020
	KV				2%
0,025N	1	0,031	15	12,40	0,026
	2	0,031	15	12,46	0,026
	3	0,031	15	12,45	0,026
	rata-rata	0,031	15	12,44	0,026
	SD				0,000064
	SD/X				0,0025
	KV				0,25%

4.6.3 Presisi nilai konsentrasi titrasi asam kuat (HCl) dan basa kuat (NaOH) pada dua titrasi

[M]	Ulangan	[NaOH] (M)	Vol, NaOH (mL)	Vol, HCl (mL)	[HCl] (M)
0,1N	1	0,094	17,206	15	0,108
	2	0,094	17,358	15	0,109
	3	0,094	17,597	15	0,110
	rata-rata	0,094	17,387	15	0,109
	SD				0,001
	SD/X				0,011
	Kv				1,10%
0,05N	1	0,094	8,526	15	0,053
	2	0,094	8,179	15	0,051
	3	0,094	8,505	15	0,053
	rata-rata	0,094	8,403	15	0,053
	SD				0,001
	SD/X				0,023
	Kv				2,30%
0,025N	1	0,031	15	12,48	0,026
	2	0,031	15	12,39	0,026
	3	0,031	15	12,86	0,027
	rata-rata	0,031	15	12,58	0,026
	SD				0,00051
	SD/X				0,019
	Kv				1,9%

4.6.4 Presisi nilai konsentrasi titrasi asam lemah (CH_3COOH) dan basa kuat (NaOH) pada dua titrasi

[M]	Ulangan	[NaOH] (M)	Vol, NaOH (mL)	Vol, CH_3COOH (mL)	[CH_3COOH] (M)
0,1N	1	0,094	17,076	15	0,107
	2	0,094	17,033	15	0,107
	3	0,094	17,467	15	0,109
	rata-rata	0,094	17,192	15	0,108
	SD				0,001
	SD/X				0,014
	Kv				1,40%
0,05N	1	0,094	8,374	15	0,052
	2	0,094	8,136	15	0,051
	3	0,094	8,353	15	0,052
	rata-rata	0,094	8,288	15	0,052
	SD				0,001
	SD/X				0,016
	Kv				1,60%
0,025N	1	0,031	15	12,35	0,025
	2	0,031	15	12,12	0,025
	3	0,031	15	12,15	0,025
	rata-rata	0,031	15	12,20	0,025
	SD				0,00026
	SD/X				0,0102
	Kv				1,02%

4.6.5 Presisi nilai konsentrasi titrasi asam kuat (HCl) dan basa kuat (NaOH) pada metode konvensional

[M]	Ulangan	Vol,HCl (mL)	Vol, NaOH (mL)	[HCl] (M)
0,1 N	1	15	17	0,106
	2	15	16,8	0,105
	3	15	17,2	0,108
	4	15	17	0,106
	5	15	17	0,106
	6	15	16,8	0,105
	Standar Deviasi			0.0012
	Rata-rata	15	17	0,106
	SD/x kv			0,0089 0.8%
0,05 N	1	15	8,8	0,055
	2	15	8,6	0,054
	3	15	8,5	0,053
	4	15	8,6	0,054
	5	15	8,5	0,053
	6	15	8,5	0,053
	Standar Deviasi			0.0007
	Rata-rata	15	8,13	0,054
	SD/x kv			0,0013 1,3%
0,025 N	1	15	4,2	0,026
	2	15	4	0,025
	3	15	4,1	0,026
	4	15	4,1	0,026
	5	15	4	0,025
	6	15	4	0,025
	Standar Deviasi			0,00056
	Rata-rata	15	4,1	0,026
	SD/x kv			0,018 1.8%

4.6.6 Presisi nilai konsentrasi titrasi asam lemah (CH_3COOH) dan basa kuat (NaOH) pada metode konvensional

[M]	Ulangan	Vol, CH_3COOH (mL)	Vol, NaOH (mL)	$[\text{CH}_3\text{COOH}]$ (M)
0,1 N	1	15	16,6	0,104
	2	15	16,6	0,104
	3	15	17	0,106
	4	15	16,8	0,105
	5	15	17	0,105
	6	15	16,8	0,105
	Standar Deviasi			0,001
	Rata-rata	15	16,73	0,105
	SD/x			0,0106
	kv			1%
0,05 N	1	15	8,3	0,05
	2	15	8,2	0,051
	3	15	8,1	0,051
	4	15	8	0,050
	5	15	8,1	0,051
	6	15	8	0,050
	Standar Deviasi			0,0007
	Rata-rata	15	8,03	0,051
	SD/x			0,014
	kv			1,4%
0,025 N	1	15	4,1	0,026
	2	15	4,2	0,026
	3	15	4,1	0,026
	4	15	4,1	0,026
	5	15	4,2	0,026
	6	15	4	0,025
	Standar Deviasi			0,0004
	Rata-rata	15	4,13	0,026
	SD/x			0,018
	kv			1,8%

4.7 Uji Beda (Uji-t)

Data perbandingan nilai konsentrasi dengan titrator otomatis (sumbu x) dengan titrasi konvensional (sumbu y)

4.7.1 Uji Beda Konsentrasi

4.7.1.1 Uji Beda untuk konsentrasi pada satu titrasi

	Titrasi HCl 0.1M			Titrasi HCl 0.05M			Titrasi CH3COOH 0.025M			Titrasi CH3COOH 0.1M			Titrasi CH3COOH 0.05M			Titrasi CH3COOH 0.025M		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Konvensional	0.108	0.109	0.11	0.053	0.051	0.053	0.026	0.026	0.027	0.107	0.107	0.109	0.052	0.051	0.051	0.026	0.026	0.025
Satu Titrasi	0.109	0.108	0.11	0.058	0.056	0.054	0.025	0.025	0.026	0.106	0.107	0.105	0.52	0.53	0.054	0.026	0.026	0.025
Selisih (d=a-b)	0.001	0.001	0	0.005	0.005	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0	0.004	0.468	0.479	0.003	0	0.001
Selisih Rata-rata	0.053			0.053			0.026			0.107			0.052			0.026		
selisih sd	0.15			0.15			0.15			0.15			0.15			0.15		
akar 18	4.24			4.24			4.24			4.24			4.24			4.24		

$$t_{hitung} = \frac{|d|}{\frac{S_d}{\sqrt{n}}}$$

$$t_{hit} = \frac{0.053}{0.15/\sqrt{18}} = 1.47$$

t_{tabel} = 2,11

4.7.1.2 Uji Beda untuk konsentrasi pada dua titrasi

	Titrasi HCl									Titrasi CH3COOH								
	0.1M			0.05M			0.025M			0.1M			0.05M			0.025M		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Konvensional	0.108	0.109	0.11	0.053	0.051	0.053	0.026	0.026	0.027	0.107	0.107	0.109	0.052	0.051	0.051	0.026	0.025	0.025
Dua Titrasi	0.106	0.107	0.106	0.053	0.054	0.053	0.026	0.026	0.026	0.105	0.106	0.105	0.052	0.051	0.05	0.026	0.026	0.025
Selisih (d=a-b)	0.002	0.002	0.004	0	0.003	0	0	0	0.001	0.002	0.001	0.004	0	0	0.001	0	0.001	0
Selisih Rata-rata	0.00072																	
selisih sd	0.0016																	
akar 18	4.24																	

$$t_{hitung} = \frac{|d|}{S_d / \sqrt{n}}$$

$$t_{hit} = \frac{0.00072}{0.0017 / \sqrt{18}} = 1.831$$

Derajat kebebasan v=n-1

$$v=19-1=18$$

Derajat kepercayaan α=0,05

t_{tabel} = 2,57

4.7.2 Uji Beda untuk Waktu

	Titrasi HCl dan CH ₃ COOH								
	0.1M			0.05M			0.025M		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Konvensional	22.5	21.48	20.35	10.12	11.05	10.4	7.34	8.08	6.33
Titrator	17.263	17.2	16.5	10.393	10.2	11.07	8.383	8.5	8.25
Selisih (d=a-b)	5.237	4.28	3.85	-0.273	0.85	-0.67	-1.043	-0.42	-1.92
Selisih Rata-rata	1.099								
selisih sd	2.643232822								
akar 9	3								

$$t = \frac{|d|}{S_d / \sqrt{n}}$$

$$t_{hit} = \frac{1.099}{2.643 / \sqrt{9}} = 1.247$$

Derajat kebebasan v=n-1

$$v=9-1=8$$

Derajat kepercayaan α=0,05

$$t_{tabel} = 2,3$$

