

**UPAYA PENURUNAN LOGAM BERAT KROM HEKSAVALEN
(Cr⁶⁺) PADA SAYURAN KUBIS DENGAN
MENGUNAKAN ASAM SITRAT**

KARYA TULIS ILMIAH

Untuk memenuhi sebagian persyaratan sebagai
Ahli Madya Analis Kesehatan



Oleh :

**WAHYU HARIYANI
32142740J**

**PROGRAM STUDI D-III ANALIS KESEHATAN
FAKULTAS ILMU KESEHATAN
UNIVERSITAS SETIA BUDI
SURAKARTA
2017**

LEMBAR PERSETUJUAN

KARYA TULIS ILMIAH :

UPAYA PENURUNAN LOGAM BERAT KROM HEKSAVALEN (Cr⁶⁺) PADA SAYURAN KUBIS DENGAN MENGUNAKAN ASAM SITRAT

Oleh :

WAHYU HARIYANI
32142740J

Surakarta, 8 Mei 2017

Menyetujui untuk sidang KTI
Pembimbing



Dra. Nur Hidayati, M.Pd
NIS 01. 98.037

LEMBAR PENGESAHAN

KARYA TULIS ILMIAH :

UPAYA PENURUNAN LOGAM BERAT KROM HEKSAVALEN (Cr⁶⁺) PADA SAYURAN KUBIS DENGAN MENGUNAKAN ASAM SITRAT

Oleh :

WAHYU HARIYANI
32142740J

Telah Dipertahankan didepan Tim Penguji
Pada Tanggal 23 Mei 2017

Nama :

Tanda tangan :

Penguji I : D. Andang Arif Wibawa, SP., M.Si

Penguji II : Drs. Soebiyanto, M.Or., M.Pd

Penguji III : Dra. Nur Hidayati, M.Pd



Mengetahui,

Dekan Fakultas Ilmu Kesehatan
Universitas Setia Budi

Ketua Program Studi
D III Analis Kesehatan



Prof. dr. Marsetyawan HNE S. M.Sc., Ph.D.
NIDN 0029094802



Dra. Nur Hidayati, M.Pd
NIS 01. 98. 037

HALAMAN PERSEMBAHAN

Motto

Sebuah cita-cita akan menjadi kesuksesan
Jika kita awali dengan bekerja untuk mencapainya
Bukan hanya menjadi impian

Karya Tulis Ilmiah ini aku persembahkan kepada:

Allah SWT yang selalu memberikan rahmat dan hidayah-Nya hingga sampai saat ini
Kedua orang tua yang selalu memberi doa dan dukungan semangat dalam segala hal

Negara Indonesia Tercinta

Almamater Universitas Setia Budi

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT, karena atas limpahan rahmat dan karunia-Nya, laporan akhir hasil penelitian karya tulis ilmiah dengan judul “Upaya Penurunan Logam Berat Krom Heksavalen (Cr^{6+}) Pada Sayuran Kubis Dengan Menggunakan Asam Sitrat” ini dapat terselesaikan. Penelitian ini dilakukan untuk memenuhi sebagian persyaratan guna mencapai gelar Ahli Madya Analisis Kesehatan di Fakultas Ilmu Kesehatan Universitas Setia Budi.

Penulisan karya tulis ilmiah ini tidak dapat terselesaikan tanpa bimbingan, dukungan dan bantuan dari berbagai pihak. Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih dan penghargaan kepada :

1. Prof. dr. Marsetyawan HNE S, M.Sc., Ph.D. selaku Dekan Fakultas Ilmu Kesehatan Universitas Setia Budi Surakarta.
2. Dra. Nur Hidayati, M.Pd., selaku Ketua Program Studi D-III Analisis Kesehatan Universitas Setia Budi, Surakarta juga sebagai pembimbing yang telah menyetujui judul Karya Tulis Ilmiah ini serta memberi masukan dan pengarahan kepada penulis dalam penulisan Karya Tulis Ilmiah ini sehingga dapat terselesaikan dengan baik.
3. Bapak / Ibu dosen Fakultas Ilmu Kesehatan, laboran laboratorium 3, 1 dan Balai Mutu Hasil Pertanian dan Perkebunan yang telah bersedia membantu dalam penelitian yang dilakukan oleh penulis.
4. Kedua orang tua yang selalu memberikan doa, semangat serta dukungan dalam penulisan karya tulis ilmiah ini.
5. Zulaika Dwi Adistyansari, Muhammad Yusri, dan Rahma Wati yang telah memberikan dukungan serta doa membantu jalannya penelitian ini.

6. Sahabatku Rizky Usnaini, serta teman-teman ku Savitri Nur Komala, Valen Pambayun, Dwiky Akbar, Nugroho Sidik, Halimah Siahaan, Suci Isti Pangestika, Sri Wahyuni, Lusi Ardiani, Diajeng Putri Rafflesia, Lisa Sari yang telah memberikan dukungan serta semangat dalam penelitian ini.
7. Semua teman angkatan 2014 D-III Analis Kesehatan Universitas Setia Budi.
8. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu dalam membantu penyelesaian penelitian ini.

Penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun yang diharapkan oleh penulis. Semoga penelitian ini berguna bagi masyarakat serta memberi sumbangan berarti bagi perkembangan Ilmu Kesehatan dan penelitian-penelitian selanjutnya.

Surakarta, 8 Mei 2017

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PERSETUJUAN.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN.....	iii
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xii
INTISARI.....	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	4
1.4 Manfaat Penelitian.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Logam Berat.....	6
2.2 Kromium.....	7
2.3 Sumber dan Distribusi Logam Berat di Lingkungan	8
2.3.1 Kontaminasi Logam Berat dalam Perairan.....	8
2.3.2 Kontaminasi Logam Berat dalam Udara	9
2.3.3 Kontaminasi Logam Berat dalam Tanah Pertanian	9
2.3.4 Pencemaran Logam Berat pada Tanaman Sayuran	10
2.4 Mekanisme Kontaminasi Logam Berat.....	10
2.4.1 Mekanisme pada Tanaman Sayuran	10
2.4.2 Mekanisme pada Tubuh Manusia	11
2.5 Pengaruh Toksisitas Logam pada Manusia	11
2.6 Sayuran Kubis	12
2.6.1 Klasifikasi Sayuran Kubis.....	12
2.6.2 Morfologi.....	13

2.6.3 Kandungan Nutrisi dan Zat dalam Sayuran Kubis.....	13
2.7 Asam Sitrat.....	14
2.7.1 Sifat Fisika dan Kimia Asam Sitrat	15
2.7.1.1 Sifat fisika.....	15
2.7.1.2 Sifat kimia	15
2.7.2 Larutan Asam Sitrat sebagai Penurunan Logam Berat	16
2.8 Spektrofotometri	17
2.8.1 Prinsip Kerja Spektrofotometri	18
2.8.2 Instrumentasi Spektrofotometri	18
2.9 Proses Absorpsi Cahaya pada Spektrofotometri.....	18
BAB III METODE PENELITIAN	22
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian.....	22
3.2 Alat, Bahan, dan Peralatan Penelitian.....	22
3.3 Variabel	22
3.4 Teknik Sampling	23
3.5 Prosedur Kerja.....	23
3.5.1 Pembuatan Larutan Standard.....	23
3.5.2 Prosedur Pembuatan Sampel.....	23
3.5.3 Prosedur Uji Kualitatif Krom Heksavalen	24
3.5.4 Prosedur Uji Kuantitatif	24
3.6 Rumus Perhitungan Krom Heksavalen	24
3.7 Diagram Alir Penelitian	25
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....	26
4.1 Hasil Penelitian.....	26
4.1.1 Hasil Uji Kualitatif Krom Heksavalen Pada Sayuran Kubis	26
4.1.2 Data Hasil Kadar Krom Heksavalen Secara Kuantitatif	26
4.1.2.1 Hasil Uji dalam Perendaman Selama 30 Menit	26
4.1.2.2 Grafik Perendaman Selama 30 Menit.....	27
4.1.2.3 Hasil Uji dalam Perendaman Selama 1 Jam	28
4.1.2.2 Grafik Perendaman Selama 1 Jam.....	28
4.1.3 Data Selisih Kadar Rata-rata Krom Heksavalen Terhadap Kontrol	29

4.2 Pembahasan	31
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	37
5.1 Kesimpulan.....	37
5.2 Saran.....	38
DAFTAR PUSTAKA	P-1
LAMPIRAN	L-1

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. Bagian Tumbuhan sayuran Kubis hijau	13
Gambar 2. Asam sitrat.....	15
Gambar 3. Rumus Kimia Asam Sitrat	16
Gambar 4. Pembacaan Spektrometer.....	18
Gambar 5. Proses penyerapan cahaya oleh zat alam sel sampel	19
Gambar 6. Diagram Alir Penelitian	25
Gambar 7. Grafik Kadar Krom Heksavalen dalam Perendaman Selama 30 Menit.	27
Gambar 8. Grafik Kadar Krom Heksavalen dalam Perendaman Selama 1 Jam. 29	

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1. Hasil Uji Kualitatif Krom Heksavalen pada Sayuran Kubis	26
Tabel 2. Hasil Uji dalam Perendaman Selama 30 Menit	27
Tabel 3. Hasil Uji dalam Perendaman Selama 1 Jam	28
Tabel 4. Selisih Kadar Rata-rata Logam Berat Krom Heksavalen Terhadap Kontrol	29
Tabel 5. Hasil Uji Statistik <i>ThreeWay Anova</i>	30
Tabel 6. Uji <i>Kolmogorov Smirnov</i>	L-17
Tabel 7. Deskriptif Statistik <i>Anova 3 Jalan</i>	L-18
Tabel 8. Uji <i>Anova 3 Jalan</i>	L-19
Tabel 9. Uji Lanjutan/ <i>Post Hoc SNK</i>	L-23

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1. Pembuatan Reagen	L-1
Lampiran 2. Data Panjang Gelombang Maksimum dan Absorbansi Standar ...	L-3
Lampiran 3. Data Operating Time.....	L-4
Lampiran 4. Data Penimbangan	L-5
Lampiran 5. Data Penetapan Kadar Krom Heksavalen Pada Sayuran Kubis...	L-6
Lampiran 6. Data Selisih Rata-rata Kadar Krom Heksavalen Pada Sayuran Kubis Terhadap Kontrol.....	L-7
Lampiran 7. Perhitungan Kadar Sampel	L-8
Lampiran 8. Uji Statistika	L-17
Lampiran 9. Grafik Kadar Krom Heksavalen Pada Sayuran Kubis.....	L-25
Lampiran 10. Dokumentasi penelitian.....	L-27
Lampiran 11. Surat Pengajuan Penelitian.....	L-34

INTISARI

Hariyani, Wahyu. 2017. *Upaya Penurunan Logam Berat Krom Heksavalen (Cr^{6+}) Pada Sayuran Kubis dengan Menggunakan Asam Sitrat*. Karya Tulis Ilmiah. Program Studi D-III Analisis Kesehatan, Fakultas Ilmu Kesehatan Universitas Setia Budi.

Sayuran kubis dapat menimbulkan penyakit apabila tercemar oleh logam berat atau mikroorganisme. Pencemaran logam berat dapat berasal dari penggunaan pupuk, pestisida, polusi udara, dan penggunaan air untuk irigasi yang tercemar dapat menurunkan kandungan vitamin dan unsur mineral yang diperlukan oleh tubuh. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh perendaman dengan larutan asam sitrat terhadap kadar logam berat krom heksavalen pada sayuran kubis.

Sayuran kubis sebelum direndam larutan asam sitrat ditetapkan sebagai kontrol. Perlakuan sampel yang digunakan yaitu dipotong dan lembaran, direndam larutan asam sitrat dengan variasi konsentrasi 0,5 % dan 1 %, serta variasi lama perendaman 30 menit dan 1 jam. Metode yang digunakan untuk penetapan kadar logam berat krom heksavalen adalah spektrofotometri. Analisis data dilakukan dengan menggunakan uji statistik Anova tiga jalan.

Hasil penelitian menunjukkan kadar logam berat krom heksavalen pada kontrol tanpa perendaman dengan larutan asam sitrat adalah 0,61 mg/kg. Kadar logam berat krom heksavalen pada sampel kubis dipotong yang direndam larutan asam sitrat konsentrasi 0,5 % selama 30 menit adalah 0,48 mg/kg, konsentrasi 0,5% selama 1 jam adalah 0,34 mg/kg, konsentrasi 1% selama 30 menit adalah 0,39 mg/kg, konsentrasi 1% selama 1 jam adalah 0,24 mg/kg. Kadar logam berat krom heksavalen pada sampel kubis lembaran yang direndam larutan asam sitrat konsentrasi 0,5 % selama 30 menit adalah 0,54 mg/kg, konsentrasi 0,5% selama 1 jam adalah 0,42 mg/kg, konsentrasi 1% selama 30 menit adalah 0,46, konsentrasi 1% selama 1 jam adalah 0,30. Uji statistik menunjukkan adanya pengaruh nyata terhadap penurunan kadar logam berat krom heksavalen dengan perendaman menggunakan larutan asam sitrat.

Kata kunci : Sayuran Kubis, Asam Sitrat, Krom Heksavalen.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Empat sehat lima sempurna, semboyan yang diciptakan oleh Prof. Poerwo Soedarmo, Bapak Gizi Indonesia, untuk memperkenalkan dan menjelaskan tentang perbaikan gizi masyarakat. Empat sehat lima sempurna merupakan komponen yang mesti dipenuhi dalam kebutuhan pokok pangan manusia, yang terdiri dari makanan pokok, sayur-sayuran, lauk pauk, buah-buahan, dan disempurnakan dengan susu.

Kandungan utama pada sayuran adalah vitamin dan mineral. Vitamin yang terdapat pada sayuran diantaranya provitamin A, vitamin C,E,K dan berbagai kelompok vitamin B kompleks. Sayuran juga kaya akan berbagai jenis mineral, diantaranya kalium (K), kalsium (Ca), natrium (Na), zat besi (Fe), magnesium (Mg), mangan (Mn), seng (Zn), selenium (Se), dan boron (Bo). Sayuran juga mengandung zat yang tidak termasuk zat gizi, tetapi sangat bermanfaat bagi kesehatan. Zat-zat tersebut adalah serat makanan, enzim, dan fitonutrien (Wirakusumah & Emma S, 2007). Biasanya sayuran diolah atau dimasak terlebih dahulu. Namun, ada juga jenis sayuran yang dikonsumsi langsung sebagai lalapan tanpa harus dimasak sebelumnya, sebagai contoh yaitu sayuran kubis .

Sayuran dapat menimbulkan penyakit apabila tercemar oleh logam berat atau mikroorganisme. Pencemaran logam berat pada sayur dapat berasal dari penggunaan pupuk, pestisida, serta polusi udara dapat

menurunkan kandungan vitamin dan unsur mineral yang di butuhkan oleh tubuh (Almatsier & Sunita, 2004). Penggunaan pupuk tidak dapat dihindari untuk meningkatkan hasil pertanian. Petani banyak yang menggunakan obat-obatan pertanian dengan harapan dapat meningkatkan hasil produksinya yang maksimal tanpa mempertimbangkan akibat yang ditimbulkan pada tanaman dan lingkungan sekitarnya. Secara bertahap penggunaan bahan agrokimia (pupuk dan pestisida) dalam sistem budidaya pertanian harus dikurangi, karena bahan agrokimia mengandung logam berat yang termasuk dalam bahan beracun dan berbahaya. Penggunaan bahan agrokimia yang tidak terkendali pada lahan pertanian terutama pada sayur-sayuran berdampak negatif, antara lain meningkatkan resistensi hama atau penyakit tanaman, terbunuhnya musuh alami dalam organisme yang berguna, serta terakumulasinya zat-zat kimia berbahaya di dalam tanah (Charlena, 2004).

Logam berat terserap dalam jaringan tanaman melalui akar, selanjutnya akan masuk kedalam siklus rantai makanan. Logam akan terakumulasi pada jaringan tubuh dan dapat menimbulkan keracunan bagi manusia, hewan, dan tumbuhan apabila melebihi batas toleransi. Di Indonesia, kadar residu pestisida yang terkandung dalam bahan pangan dan sayuran cukup memprihatinkan, sayuran seperti wortel, kentang, sawi, bawang merah, cabe merah, dan kubis dari berbagai tempat budidaya sayuran di Jawa Barat dan Jawa Tengah pada tahun 1987 diketahui mengandung residu yang melampaui batas maksimum (Charlena, 2004).

Menurut hasil penelitian menunjukkan akumulasi Cr berbeda-beda pada bagian-bagian tanaman telah dilaporkan. Akar mengakumulasi 10-

100 lebih banyak Cr dibanding tunas dan jaringan lainnya. Terakumulasinya logam berat Cr dalam jumlah besar di tubuh manusia dapat mengganggu kesehatan karena Cr memiliki dampak negatif terhadap organ hati, ginjal serta bersifat racun bagi protoplasma makhluk hidup. Selain itu juga berdampak karsinogen sebagai penyebab penyakit kanker, teratogen yaitu menghambat pertumbuhan janin, dan mutagen (Darmawan, 2012).

Berdasarkan uraian di atas, salah satu upaya yang akan dilakukan untuk mereduksi kandungan logam berat krom heksavalen dalam sayuran kubis yaitu dengan cara perendaman kedalam larutan asam sitrat. Diharapkan asam sitrat dapat menjadi upaya reduksi dalam rangka menciptakan keamanan pangan.

Asam sitrat yang telah di ketahui mampu membentuk senyawa kompleks dengan logam sehingga disebut dengan senyawa pengkhelat logam (Agustin *et al*, 2016). Gugus fungsional – OH dan COOH pada asam sitrat menyebabkan ion sitrat dapat bereaksi dengan ion logam membentuk garam sitrat. Ion sitrat akan mengikat logam sehingga dapat menghilangkan ion logam yang terakumulasi sebagai kompleks sitrat (Nurvita *et al*, 2015).

Sehubungan dengan hal tersebut di atas penulis tertarik untuk mendeteksi logam berat krom heksavalen dalam sayuran kubis serta upaya menciptakan keamanan pangan melalui perendaman dengan menggunakan larutan asam sitrat.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini adalah :

- a. Apakah larutan asam sitrat dapat menurunkan kadar krom heksavalen pada sayuran kubis?
- b. Pada konsentrasi dan lama perendaman berapakah larutan asam sitrat dengan variasi konsentrasi 0,5% dan 1% serta variasi lama perendaman 30 menit dan 1 jam, yang dapat menurunkan kadar krom heksavalen terbesar terhadap sayuran kubis?
- c. Manakah diantara perlakuan sayuran kubis dipotong atau lembaran yang dapat menurunkan kadar krom heksavalen lebih besar?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah diatas, maka penelitian ini bertujuan untuk :

- a. Mengetahui apakah larutan asam sitrat dapat menurunkan kadar krom heksavalen pada sayuran kubis.
- b. Mengetahui pada konsentrasi dan lama perendaman berapakah larutan asam sitrat dengan variasi konsentrasi 0,5% dan 1% serta variasi lama perendaman 30 menit dan 1 jam, yang dapat menurunkan kadar krom heksavalen terbesar terhadap sayuran kubis.
- c. Mengetahui manakah diantara perlakuan sayuran kubis dipotong atau lembaran yang dapat menurunkan kadar krom heksavalen lebih besar.

1.4 Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat bagi :

- a. Bagi Peneliti :

Meningkatkan pengetahuan, referensi, serta wawasan pada obyek penelitian tentang analisis krom heksavalen pada sayuran kubis.

b. Bagi Masyarakat :

Memberikan informasi kepada masyarakat tentang kandungan krom heksavalen pada sayuran kubis, serta memberikan upaya menciptakan keamanan pangan melalui perendaman dengan menggunakan larutan asam sitrat .

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Logam Berat

Logam berat merupakan komponen alami yang terdapat di kulit bumi yang tidak dapat didegradasi ataupun dihancurkan dan merupakan zat yang berbahaya karena dapat terjadi bioakumulasi. Bioakumulasi adalah peningkatan konsentrasi zat kimia dalam tubuh makhluk hidup dalam waktu yang cukup lama, dibandingkan dengan konsentrasi zat kimia yang terdapat di alam. Logam digolongkan kedalam dua katagori, yaitu logam berat dan logam ringan. Logam berat ialah logam yang mempunyai berat 5 g atau lebih untuk setiap cm^3 , dengan sendirinya logam yang beratnya kurang dari 5 g setiap cm^3 termasuk logam ringan (Agustina, 2010).

Logam berat dibagi kedalam dua jenis, yaitu logam berat esensial dan logam berat tidak esensial. Logam berat esensial yakni logam berat dalam jumlah tertentu yang sangat dibutuhkan oleh organisme. Logam berat tersebut bisa menimbulkan efek toksik, jika jumlahnya berlebihan. Contohnya adalah Zn, Cu, Fe, Co, Mn dan lain sebagainya. Logam berat tidak esensial yakni logam berat yang keberadaannya dalam tubuh masih belum diketahui manfaatnya, bahkan dapat bersifat toksik. Seperti Hg, Cd, Pb, Cr dan lain-lain.

Logam berat dapat menimbulkan efek gangguan terhadap kesehatan manusia, tergantung bagian mana dari logam berat tersebut

yang terikat didalam tubuh serta besarnya dosis paparan. Efek toksik dari logam berat mampu menghalangi kerja enzim sehingga mengganggu metabolisme tubuh, menyebabkan alergi, bersifat mutagen, teratogen, atau karsinogen bagi manusia maupun hewan. Tingkat toksisitas logam berat terhadap hewan air, mulai dari yang paling toksik adalah Hg, Cd, Zn, Pb, Cr, Ni, dan Co. Sementara itu, toksisitas terhadap manusia dari yang paling toksik adalah Hg, Cd, Ag, Ni, Pb, As, Cr, Sn, dan Zn (Widowati *et al*, 2008).

2.2 Kromium

Logam berat kromium (Cr) merupakan logam berat dengan berat atom 51,996 g/mol, berwarna abu-abu, tahan terhadap oksidasi meskipun pada suhu tinggi, mengkilat, keras, memiliki titik cair 1.857°C. Bersifat paramagnetik (sedikit tertarik oleh magnet) membentuk senyawa- senyawa berwarna, memiliki beberapa bilangan oksidasi, yaitu +2, +3, dan +6 dan stabil pada bilangan oksidasi +3. Bilangan oksidasi +4 dan +5 jarang di temukan pada logam ini. Kromium dapat membentuk berbagai macam ion kompleks yang berfungsi sebagai katalisator.

Kromium (Cr) merupakan unsur yang melimpah terdapat dialam dengan berbagai bentuk oksida, yaitu Cr(0), Cr (III) atau Cr trivalent, Cr (VI) atau Cr heksavalent. Kromium (III) secara alami terjadi di alam, sedangkan Cr (0) dan Cr (VI) pada umumnya berasal dari proses industri. Kromium secara alami bisa ditemukan di batuan, tumbuhan, hewan, tanah dan gas, serta debu gunung berapi (Widowati *et al*, 2008).

Kromium termasuk logam yang mempunyai daya racun tinggi. Daya racun yang dimiliki oleh logam Cr ditentukan oleh valensi ion nya. Ion Cr⁶⁺ merupakan bentuk logam Cr yang paling banyak dipelajari sifat racunnya,

bila dibandingkan dengan ion-ion Cr^{2+} dan Cr^{3+} . Sifat racun yang dibawa logam ini juga mengakibatkan terjadinya keracunan akut dan keracunan kronis.

Keracunan akut yang disebabkan oleh senyawa $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ pada manusia di tandai dengan kecenderungan pembengkakan pada hati. Tingkat keracunan Cr pada manusia di ukur melalui kadar atau kandungan Cr dalam urine. Tingkat daya racun yang dibawa oleh logam kromium tidak sama pada semua mahluk hidup. Daya racun tersebut lebih ditentukan oleh masing-masing individu untuk menetralsir bahan-bahan beracun yang masuk kedalam tubuhnya (Palar, 1994).

2.3 Sumber dan Distribusi Logam Berat di Lingkungan

Logam Cr dapat masuk kedalam semua strata lingkungan, baik pada strata perairan, tanah, maupun udara. Kromium yang masuk kedalam strata lingkungan dapat berasal dari bermacam-macam sumber. Sumber-sumber masuknya logam Cr ke dalam strata lingkungan yang umum dan diduga paling banyak adalah berasal dari kegiatan-kegiatan perindustrian, kegiatan rumah tangga, dan dari pembakaran serta mobilisasi bahan-bahan bakar (Palar, 1994).

2.3.1 Kontaminasi Logam Berat dalam Perairan

Dalam badan perairan Cr dapat masuk melalui dua cara, yaitu secara alamiah dan nonalamiah. Masuknya Cr secara alamiah dapat terjadi disebabkan beberapa faktor fisika, seperti erosi yang terjadi pada batuan mineral. Masuknya Cr yang terjadi secara non alamiah merupakan dampak atau efek dari aktivitas yang dilakukan manusia. Sumber-sumber Cr yang

berkaitan dengan aktivitas manusia dapat berupa limbah atau buangan industri sampai buangan rumah tangga (Palar, 1994).

2.3.2 Kontaminasi Logam Berat dalam Udara

Kromium di dalam strata udara ditemukan dalam bentuk debu dan atau partikulat-partikulat. Debu dan atau partikulat-partikulat akan dapat masuk kedalam tubuh hewan dan manusia ketika berlangsungnya kegiatan respirasi atau pernafasan. Partikel-partikel atau debu-debu Cr yang terhirup manusia kemudian melalui rongga hidung, mengikuti jalur-jalur respirasi sampai ke paru-paru kemudian akan berikatan dengan darah di paru-paru sebelum dibawa darah ke seluruh tubuh (Palar, 1994).

2.3.3 Kontaminasi Logam Berat dalam Tanah Pertanian

Pencemaran pada lahan pertanian akan berdampak apabila tingkat pencemarannya sudah tinggi, sehingga tanaman tidak dapat tumbuh dan tidak berproduksi. Tanaman mempunyai kemampuan untuk menyerap dan menyimpan unsur-unsur logam yang mencemari lingkungan tanah yang tercemar. Tanaman budidaya yang ditanam pada lahan tercemar limbah yang mengandung Cr akan mengalami keracunan, sehingga tidak dapat tumbuh dengan baik dan produksinya menurun. Logam berat dari limbah yang terserap oleh akar akan terakumulasi di dalam jaringan tanaman sehingga akan meracuni hewan dan manusia yang mengonsumsinya (Sudaryono & Mawardi, 2008).

Menurut penelitian yang telah dilakukan unsur logam berat Kromium terdapat dalam tanah secara alami dengan kandungan rata-rata 4,40 µg/g (Surtipanti *et al*, 1995). Peningkatan kandungan kromium dapat berasal dari beberapa pupuk diantaranya pupuk fosfat dengan kisaran 66-

245 mg/kg, pupuk nitrat 3,2-19 mg/kg, pupuk kandang 1,1-55 mg/kg, kompos 1,8-410 mg/kg, kapur 10-15 mg/kg (Charlena, 2004).

2.3.4 Pencemaran Logam Berat pada Tanaman Sayuran

Sayuran dapat terakumulasi logam dalam jumlah yang cukup besar, apabila sayuran yang di tanam di atas tanah dengan kandungan logam berat tinggi, maka konsentrasi logam berat dalam sayuran juga meningkat. Dalam hal ini kromium diserap oleh tanaman dari dalam tanah (Darmono, 2001).

Logam berat telah banyak terdeteksi pada sayuran terutama yang ditanam dekat dengan jalan raya dan rentan polusi udara, antara lain yang berasal dari asap pabrik serta asap kendaraan bermotor. Pencemaran pada sayuran setelah pasca panen terjadi selama pengangkutan, penjualan, dan distribusi. Pencemaran logam terjadi selama proses prapanen yaitu selama penanaman dan pemeliharaan, juga disebabkan pemakaian pupuk mikro dan air irigasi yang tercemar limbah pabrik (Widaningrum *et al*, 2007).

2.4 Mekanisme Kontaminasi Logam Berat

2.4.1 Mekanisme pada Tanaman Sayuran

Logam berat yang ada di lingkungan, tanah, air dan udara dengan suatu mekanisme tertentu masuk ke dalam tubuh makhluk hidup. Tanaman yang menjadi mediator penyebaran logam berat pada makhluk hidup, menyerap logam berat melalui akar dan daun (stomata). Logam berat terserap ke dalam jaringan tanaman melalui akar, yang selanjutnya akan masuk ke dalam siklus rantai makanan. Dikonsumsinya sayuran sebagai salah satu sumber pangan pada manusia dan hewan menyebabkan

berpindahannya logam berat yang dikandung oleh sayur-sayuran tersebut ke dalam tubuh makhluk hidup lainnya. Logam berat yang masuk ke dalam tubuh manusia akan melakukan interaksi antara lain dengan enzim, protein, DNA, serta metabolit lainnya. Adanya logam berat pada jumlah yang berlebihan dalam tubuh akan berpengaruh buruk terhadap tubuh (Widaningrum *et al*, 2007).

2.4.2 Mekanisme pada Tubuh Manusia

Logam berat dapat memasuki tubuh dan mengakibatkan kerusakan pada berbagai jaringan tubuh melalui beberapa cara diantaranya adalah berikatan dengan gugus sulfhidril, sehingga fungsi enzim pada jaringan tubuh akan terganggu kerjanya, kemudian berikatan dengan enzim pada siklus Krebs, sehingga proses oksidasi fosforilasi tidak terjadi, sehingga mekanisme dengan efek langsung pada jaringan yang menyebabkan kematian (nekrosis) pada lambung dan saluran pencernaan, kerusakan pembuluh darah, perubahan degenerasi pada hati dan ginjal. Tubuh dapat menyerap logam berat melalui permukaan kulit dan mukosa, saluran pencernaan dan saluran nafas. Akumulasi pada jaringan tubuh dapat menimbulkan keracunan bagi manusia (Widaningrum *et al*, 2007).

2.5 Pengaruh Toksisitas Logam pada Manusia

Logam berat Cr adalah bahan kimia yang bersifat persisten, bioakumulatif, dan toksik yang tinggi serta tidak mampu terurai di dalam lingkungan, sulit diuraikan dan akhirnya diakumulasi di dalam tubuh manusia melalui rantai makanan. Kestabilan kromium akan mempengaruhi toksisitasnya terhadap manusia secara berurutan, mulai dari tingkat toksisitas rendah, yakni Cr(0), Cr (III), dan Cr (VI) pada umumnya 1.000

kali lipat lebih toksik dari Cr (III). Kromium (III) bersifat kurang toksik karena tidak bersifat iritatif, serta tidak korosif.

Paparan Cr yang lain bisa bersal dari alam maupun dari industri. Manusia setiap hari bisa terpapar Cr melalui aktivitasnya, yakni saat bernafas, makan, minum, dan kontak kulit dengan senyawa yang mengandung Cr. Kromium juga dapat menyebabkan masalah kesehatan yang menimbulkan iritasi hidung, mata, tenggorokan, dan kulit, serta dapat menyebabkan kerusakan sistem syaraf pusat, lanker paru, gangguan pada hidung dan saluran napas atas (Widowati *et al*, 2008). Batas maksimum rekomendasi kromium untuk konsumsi manusia adalah 0,4 mg/kg (Mardiyono, 2009).

2.6 Sayuran Kubis

Sayuran ini dapat ditanam di dataran rendah maupun di dataran tinggi dengan curah hujan rata-rata 850-900 mm. Umur panennya berbeda-beda, berkisar dari 90 hari sampai 150 hari. Daun kubis segar rasanya renyah dan garing sehingga dapat dimakan sebagai lalap mentah dan matang, campuran salad, disayur, atau dibuat urap. Kubis dapat diperbanyak dengan biji atau setek tunas (Anonymous, 2012).

2.6.1 Klasifikasi Sayuran Kubis

Klasifikasi sayuran kubis hijau adalah sebagai berikut :

Kingdom : Plantae
Divisio : Spermatophyta
Subdivisio : Angiospermae
Kelas : Dicotyledonae
Ordo : Papavorales

Family : Brassicaceae
Genus : Brassica
Spesies : *Brassica oleracea*

2.6.2 Morfologi

Daunnya bulat, oval, sampai lonjong, membentuk roset akar yang besar dan tebal, warna daun bermacam-macam, antara lain putih (forma alba), hijau, dan merah keunguan (forma rubra). Awalnya, daunnya yang berlapis lilin tumbuh lurus, daun-daun berikutnya tumbuh membengkok, menutupi daun-daun muda yang terakhir tumbuh. Pertumbuhan daun terhenti ditandai dengan terbentuknya krop atau telur (kepala) dan krop samping pada kubis tunas (Brussel sprouts). Krop akan pecah dan keluar malai bunga yang bertangkai panjang, bercabang-cabang, berdaun kecil-kecil, mahkota tegak, berwarna kuning. Buahnya buah polong berbentuk silindris, panjang 5-10 cm, berbiji banyak. Biji berdiameter 2-4 mm, berwarna coklat kelabu (Anonimous, 2012).



Gambar 1. Bagian Tumbuhan sayuran Kubis hijau (Anonimous, 2014).

2.6.3 Kandungan Nutrisi dan Zat dalam Sayuran Kubis

Kubis segar mengandung air, protein, lemak, karbohidrat, serat, glukosinolat, mineral (kalium, kalsium, magnesium, mangan, fosfor, besi, natrium) vitamin C, vitamin A, vitamin B6, vitamin E, biotin, thiamin,

riboflavin, nicotinamide, folat dan beta karoten. Tingginya vitamin C dalam kubis dapat mencegah timbulnya skorbut. Glikosida golongan glukosinolate yang terdapat pada kubis dan suku kubis-kubisan mempunyai khasiat antikanker, tetapi tidak bekerja secara langsung. Glukosinolat akan di pecah terlebih dahulu menjadi dua senyawa antikanker aktif, yaitu indol-3-karbinol dan *isothiocyanates* (Dalimartha & Adrian, 2013).

Kandungan nutrisi dan zat dalam sayuran kubis dapat menurun apabila sayuran tersebut tercemar logam berat, sehingga untuk menurunkan kadar logam berat maka dapat digunakan salah satunya yaitu perendaman dengan larutan asam sitrat. Menurut penelitian Alpatih, & Muhammad, A. (2010) asam sitrat dapat menurunkan kadar logam berat.

2.7 Asam Sitrat

Asam sitrat merupakan asam organik lemah. Senyawa ini merupakan bahan pengawet yang baik dan alami, selain digunakan sebagai penambah rasa masam pada makanan dan minuman ringan. Dalam biokimia, asam sitrat dikenal sebagai senyawa antara dalam siklus asam sitrat, yang penting dalam metabolisme makhluk hidup, sehingga ditemukan pada hampir semua makhluk hidup. Zat ini juga dapat digunakan sebagai zat pembersih yang ramah lingkungan dan sebagai antioksidan. Asam sitrat terdapat pada berbagai jenis buah dan sayuran (Anonimous, 2015).



Gambar 2. Asam sitrat (Anonimous, 2015).

2.7.1 Sifat Fisika dan Kimia Asam Sitrat

2.7.1.1 Sifat fisika :

- a. Berat molekul : 192 gr/mol.
- b. Specific Gravity : 1,54 (20° C).
- c. Titik Lebur : 153° C.
- d. Titik didih : 175° C.
- e. Kelarutan dalam air : 207,7 gr / 100 ml (25° C).
- f. Pada titik didihnya asam sitrat terurai (Terdekomposisi).
- g. Berbentuk kristal berwarna putih, tidak berbau, dan memiliki rasa asam (Anonimous, 2015).

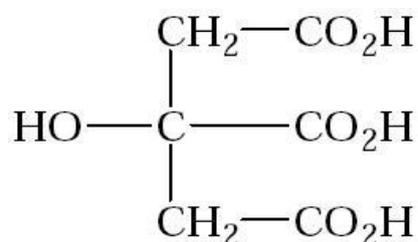
2.7.1.2 Sifat kimia

- a. Kontak langsung (paparan) dengan asam sitrat yang bersifat kering dan larut, akan mengakibatkan iritasi pada kulit dan mata.
- b. Mampu mengikat ion-ion logam sehingga dapat digunakan sebagai pengawet dan kesadahan dalam air.
- c. Keasaman pada asam sitrat, didapatkan dari gabungan tiga gugus karboksi-COOH yang dapat melepas proton dalam larutan.

- d. Asam sitrat dapat berupa kristal anhidrat yang bebas air atau berupa kristal monohidrat yang mengandung satu molekul air untuk setiap molekulnya.
- e. Bentuk anhidrat asam sitrat mengkristal dalam air panas, sedangkan bentuk monohidrat didapatkan dari kristalisasi asam sitrat dalam air dingin.
- f. Bentuk monohidrat Asam sitrat dapat diubah menjadi bentuk, anhidrat dengan pemanasan pada suhu 70 – 75° C.
- g. Jika dipanaskan diatas suhu 175°C akan terurai terdekomposisi) dengan melepaskan karbon dioksida (CO₂) dan air (H₂O) (Anonimous, 2015).

2.7.2 Larutan Asam Sitrat sebagai Penurunan Logam Berat

Terjadinya reaksi antara zat pengikat logam (Asam sitrat) dengan ion logam menyebabkan ion logam kehilangan sifat ionnya dan mengakibatkan logam berat tersebut kehilangan sebagian besar toksisitasnya. Rumus kimia asam sitrat adalah C₆H₈O₇ atau CH₂(COOH)•COH(COOH)•CH₂(COOH), Struktur asam ini tercermin pada nama IUPAC-nya, asam 2-hidroksi-1,2,3- propanatri karboksilat (Alpatih & Muhammad, 2010).



Gambar 3. Rumus Kimia Asam Sitrat (Anggani, 2012)

Proses pengikatan ion logam dengan gugus pengikat logam berawal dari tiga gugus karboksil (COOH) yang dapat melepaskan proton di dalam larutan. Jika hal demikian terjadi, ion yang dihasilkan adalah berupa ion sitrat. Asam sitrat sangat baik digunakan dalam larutan penyangga untuk mengendalikan pH suatu larutan. Ion sitrat dapat bereaksi dengan ion-ion logam sehingga membentuk garam sitrat. Selain itu, sitrat dapat mengikat banyak ion logam, sehingga digunakan sebagai penghilang kesadahan air dan pengawet. Logam pada umumnya dapat membentuk ikatan dengan bahan organik alam maupun bahan organik buatan. Proses pembentukan ikatan tersebut dapat terjadi melalui pembentukan garam organik dengan gugus karboksil seperti misalnya asam sitrat, tartrat, dan lain-lain. Di samping itu, logam dapat berikatan dengan atom-atom yang mempunyai elektron bebas dalam senyawa organik sehingga terbentuk kompleks (Saputri *et al* , 2015).

Penambahan sekuestran atau zat pengikat logam pada sayuran sebelum di blansir dapat mencegah perubahan warna yang disebabkan oleh logam. Sekuestran dapat melepaskan ion Ca dari pektin dinding sel sehingga menyebabkan sayuran menjadi lunak (Winarno, 1984). Berdasarkan pernyataan di atas maka jelas penggunaan asam sitrat dapat diasumsikan memiliki daya pelarut yang cukup efektif terhadap logam berat krom heksavalen, sehingga dapat menurunkan logam berat krom heksavalen pada sayuran kubis.

2.8 Spektrofotometri

Spektrofotometri sesuai dengan namanya adalah alat yang terdiri dari spektrometer dan fotometer. Spektrometer menghasilkan sinar dari

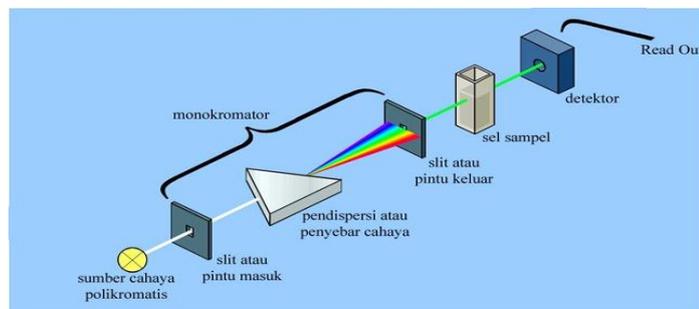
spectrum dengan panjang gelombang tertentu dan fotometer adalah alat pengukur intensitas cahaya yang di transmisikan, direfleksikan atau diemisikan sebagai fungsi panjang gelombang (Gandjar & Rohman, 2007).

2.8.1 Prinsip Kerja Spektrofotometri

Spektrum elektromagnetik dibagi dalam beberapa daerah cahaya. Suatu daerah akan diabsorpsi oleh atom atau molekul dan panjang gelombang cahaya yang diabsorpsi dapat menunjukkan struktur senyawa yang diteliti. Spektrum elektromagnetik meliputi suatu daerah panjang gelombang yang luas dari sinar gamma gelombang pendek berenergi tinggi sampai panjang gelombang mikro (Marzuki, 2012).

2.8.1 Instrumentasi Spektrofotometri

Secara sederhana instrument spektrofotometri yang di sebut spektrofotometer terdiri dari : **sumber cahaya – monokromatis – sel sampel – detector – readout.**



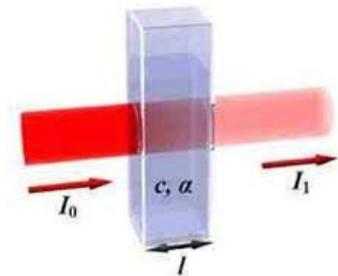
Gambar 4. Pembacaan Spektrofotometri (Anonimous, 2013).

2.9 Proses Absorpsi Cahaya pada Spektrofotometri

Ketika cahaya dengan panjang berbagai panjang gelombang (cahaya polikromatis) mengenai suatu zat, maka cahaya dengan panjang gelombang tertentu saja akan diserap. Didalam suatu molekul yang

memegang peranan penting adalah elektron valensi dari setiap atom yang ada hingga terbentuk suatu materi. Elektron-elektron yang dimiliki oleh suatu molekul dapat berpindah, berputar, dan bergetar jika dikenai suatu energi (Kusnanto, 2012).

Spektrofotometri di rancang untuk mengukur konsentrasi yang ada dalam suatu sampel. Dimana zat dalam sel sampel mengenai sampel sebagian akan diserap, sebagian akan dihamburkan dan sebagian lagi akan di teruskan. Pada spektrofotometri, cahaya datang atau cahaya masuk atau cahaya yang mengenai permukaan zat dan cahaya setelah melewati zat tidak dapat diukur, yang dapat di ukur adalah I_t/ I_0 atau I_0/ I_t (perbandingan cahaya datang dengan cahaya setelah melewati materi berupa sampel). Proses penyerapan cahaya oleh suatu zat dapat di gambarkan sebagai berikut :



Gambar 5. Proses penyerapan cahaya oleh zat dalam sel sampel (Anonymous,2013).

Dari gambar terlihat bahwa zat sebelum melewati sel sampel lebih terang atau lebih banyak di banding cahaya setelah melewati sel sampel. Cahaya yang diserap diukur sebagai absorbansi (A) sedangkan cahaya yang dihamburkan diukur sebagai transmisi (T), dinyatakan dengan hukum Lambert-beer, berbunyi :

“ jumlah radiasi cahaya tampak yang diserap atau di transmisikan oleh suatu larutan merupakan suatu fungsi eksponen dari konsentrasi zat dan tebal larutan.”

Secara eksperimen hukum Lambert-beer akan terpenuhi apabila peralatan yang digunakan memenuhi kriteriz-kriteria berikut :

- a. Sinar yang masuk atausinar yang mengenai sel sampel berupa sinar dengan panjang gelombang tunggal.
- b. Penyerapan sinar oleh suatu molekul yang ada di dalam larutan tidak di pengaruhi oleh molekul yang lain yang ada bersamaan dalam satu larutan.
- c. Penyerapan terjadi di dalam volume larutan yang luas penampang (tebal kuvet) yang sama.
- d. Penyerapan tidak menghasilkan pemancaran sinar pendafluor.
- e. Konsentrasi analit redah, karena apabila konsentrasi tinggi akan mengganggu kelinearan grafik absorbansi banding konsentrasi.

Faktor-faktor yang sering menyebabkan kesalahan dalam menggunakan spektrofotometri dalam mengukur konsentrasi suatu analit :

- a. Adanya serapan oleh pelarut, hal ini dapat di atasi dengan menggunakan blangko, yaitu larutan yang berisi selain komponen yang akan di analisis termasuk zat pembentuk warna.
- b. Serapan oleh kuvet. Kuvet yang ada biasanya dari bahan gelas atau kuarsa, namun kuvet dari kuarsa memiliki kualitas yang lebih baik.
- c. Kesalahan pada fotometrik normal pada pengukuran dengan absorbansi sangat rendah atau sangat tinggi, hal ini dapat di atur

dengan pengaturan konsentrasi, sesuai dengan kisaran sensitivitas dari alat yang digunakan (Kusnanto, 2012).

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Tempat pelaksanaan penelitian dilakukan di Laboratorium Analisis Makanan dan Minuman Universitas Setia Budi dan Balai Mutu Hasil Pertanian dan Perkebunan, Surakarta.

Waktu pelaksanaan penelitian dilakukan pada bulan Januari – Maret 2017.

3.2 Alat, Bahan, dan Perekasi Penelitian

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah kertas saring, labu takar, pipet tetes, pisau, baskom, gelas piala, pipet ukur, corong, timbangan analitik, gelas ukur, blender, cuvet, tisu, pushball, dan spektrofotometri Uv-Vis.

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi sayuran kubis hijau dan asam sitrat yang diperoleh dari Pasar Gede Hardjonagoro Surakarta.

Reagen yang digunakan dalam penelitian ini adalah aquadest, larutan standard kalium dikromat ($K_2Cr_2O_7$), larutan 1,5-difenilkarbazid, asam orto fosfat (H_3PO_4) pekat natrium hidroksida (NaOH) 2N, dan pH stik.

3.3 Variabel

Variabel pada penelitian ini yaitu :

- a. Variabel bebas : Variasi konsentrasi dan waktu perendaman dalam larutan asam sitrat.
- b. Variabel terikat : Kadar logam berat Cr^{6+} pada sayuran kubis hijau.

3.4 Teknik Sampling

Pengambilan sampel ini dilakukan di Pasar Gede Hardjonagoro Surakarta. Sampel berasal dari sayuran kubis dengan jenis kubis hijau. Ukuran sayuran kubis yang diambil dengan diameter $\pm 15,0$ cm, serta dipilih sayuran kubis yang masih segar.

3.5 Prosedur Kerja

3.5.1 Pembuatan Larutan Standard

Dipipet larutan standard $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ sebanyak 2ml, kemudian dimasukkan dalam gelas piala 50 ml, ditambahkan H_3PO_4 pekat sebanyak 2 tetes. Diatur pH pada larutan kerja hingga pH 2,0-2,5 dan dipindahkan larutan tersebut ke dalam labu ukur 50 ml. Dilakukan penambahan 2 ml 1,5-Difenilkarbazid. Larutan dikocok dan didiamkan selama 5-10 menit, dan tepatkan hingga tanda tera dengan aquadest bebas mineral. Absorbansi diukur pada panjang gelombang maksimum. Larutan blangko dibuat dengan cara yang sama tanpa penambahan Cr^{6+} (Anonimous, 2009).

3.5.2 Prosedur Pembuatan Sampel

- a. Dibersihkan sayuran kubis dengan pencucian.
- b. Perlakuan pertama sampel sayuran kubis dalam keadaan dipotong kecil-kecil ± 3 cm, perlakuan ke dua sampel dibiarkan utuh.
- c. Dilakukan perendaman dalam larutan asam sitrat dengan konsentrasi 0,5% dan 1% selama 1 jam.

- d. Ditiriskan dan dilakukan penimbangan sampel 100 g, kemudian dilakukan pemblenderan dengan penambahan aquadest dingin.
- e. Bubur sayur di masukkan kedalam labu takar 100 ml, kemudian di tambahkan aquadest sampai tanda batas.
- f. Bubur sayur dilakukan penyaringan dengan menggunakan kertas saring, kemudian filtrat di sentrifuge, lapisan yang jernih di periksa.

3.5.3 Prosedur Uji Kualitatif Krom Heksavalen

Sampel diblender dan dilakukan pemerasan sehingga diperoleh larutan dari sampel dengan cara disaring dan disentrifugasi. Larutan sampel direaksikan dengan larutan 1,5-Difenilkarbazid dan asam fosfat, terjadi larutan berwarna ungu.

3.5.4 Prosedur Uji Kuantitatif

- a. Dimasukkan 2 ml lapisan jernih hasil sentrifuge kedalam gelas piala 50 ml.
- b. Ditambahkan H_3PO_4 pekat sebanyak 1-2 tetes.
- c. Diatur pH pada larutan kerja hingga pH 2,0-2,5 dan dipindahkan larutan tersebut ke dalam labu ukur 50 ml.
- d. Dilakukan penambahan 2 ml 1,5-Difenilkarbazid.
- e. Dikocok serta didiamkan selama 5-10 menit, dan tepatkan hingga tanda tera dengan aquadest bebas mineral.
- f. Ditetapkan kadar logam berat Cr^{6+} menggunakan spektrofotometri sinar tampak dengan panjang gelombang maksimal (Anonymous, 2009).

3.6 Rumus Perhitungan Krom Heksavalen

Kadar Cr^{6+} dapat dihitung dengan rumus berikut ini :

$$Cr^{6+} = \frac{abs\ sampel}{abs\ standar} \times konsentrasi\ standar \times \frac{P.\ sampel}{P.\ standar}$$

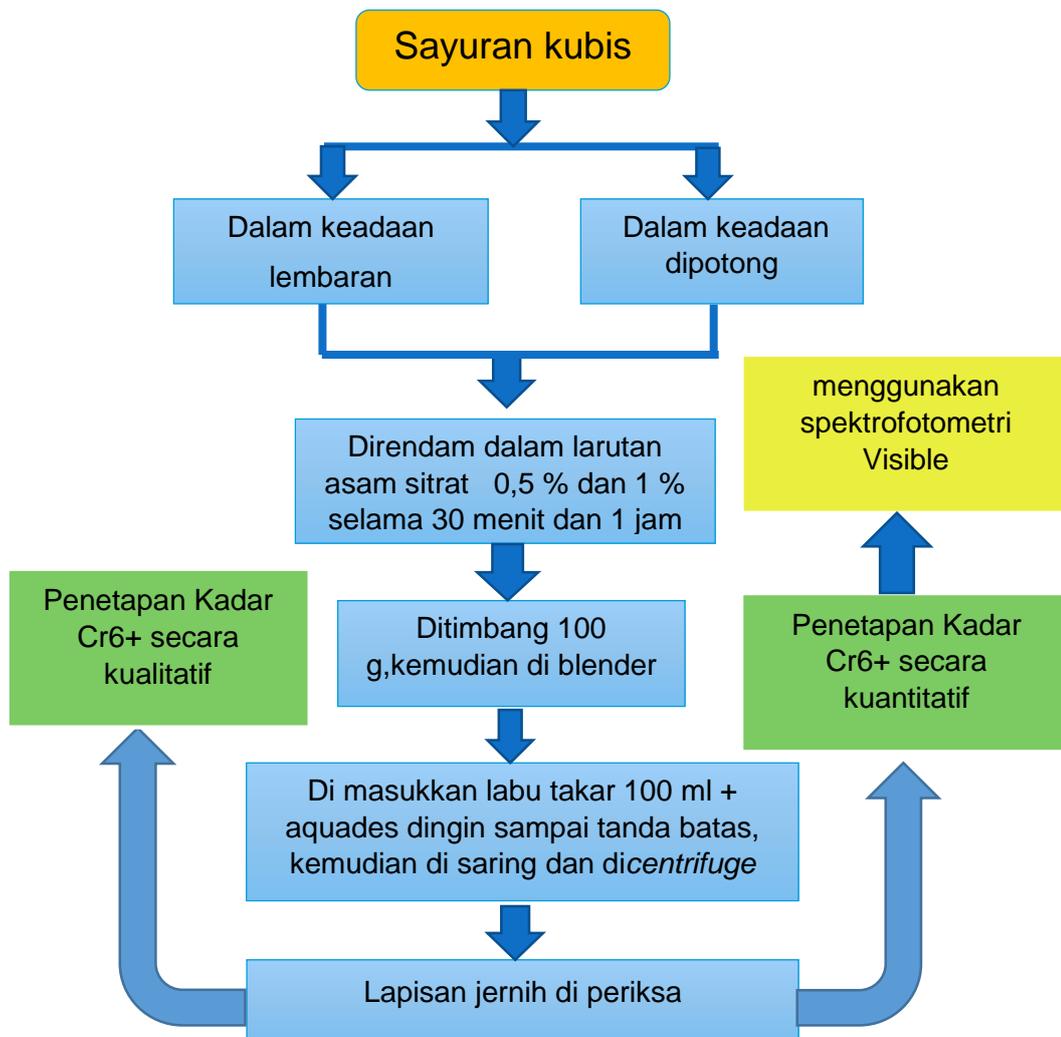
Keterangan :

Abs : Absorbansi yang di ukur menggunakan Spektrofotometer.

P : Pengenceran yang digunakan.

3.7 Diagram Alir Penelitian

Diagram alir penelitian dibuat dengan tujuan agar mempermudah dalam memahami cara kerja yang dilakukan dalam penelitian. Diagram alir penelitian disajikan sebagai berikut :



Gambar 6. Diagram Alir Penelitian

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Penelitian

Penelitian dilakukan di laboratorium Analisis Makanan dan Minuman Universitas Setia Budi dan Balai Mutu Hasil Pertanian dan Perkebunan, Surakarta secara kualitatif dan kuantitatif dengan metode *one point metode*.

4.1.1 Hasil Uji Kualitatif Krom Heksavalen Pada Sayuran Kubis

Sayuran kubis positif mengandung Cr^{6+} dilihat dari uji kualitatifnya dengan ditambah asam fosfat selanjutnya 1,5-difenil karbazida yang menghasilkan warna ungu.

Tabel 1. Hasil Uji Kualitatif Krom Heksavalen Sayuran Kubis

Sampel	Hasil pengamatan
kubis hijau	Ungu muda

4.1.2 Data Hasil Kadar Krom Heksavalen Secara Kuantitatif

4.1.2.3 Hasil Uji dalam Perendaman Selama 30 Menit

Berdasarkan hasil penelitian terhadap kadar logam berat krom heksavalen pada sayuran kubis dengan perlakuan kontrol tanpa dilakukan perendaman dengan larutan asam sitrat, serta menggunakan perendaman dengan larutan asam sitrat selama 30 menit dengan menggunakan konsentrasi 0,5% dan 1% disajikan dalam tabel 2, sebagai berikut :

Tabel 2. Hasil Uji dalam Perendaman Selama 30 Menit

No	Bahan	konsentrasi (%)	ulangan	Kadar Cr6+ (mg/kg)	Kadar Rerata Cr6+ (mg/kg)
1	S _K	0	I	0,62	0,61
2			II	0,60	
3	S _P	0,5	I	0,47	0,48
4			II	0,48	
5		1	I	0,38	0,39
6			II	0,40	
7	S _L	0,5	I	0,54	0,54
8			II	0,53	
9		1	I	0,45	0,46
10			II	0,46	

Keterangan :

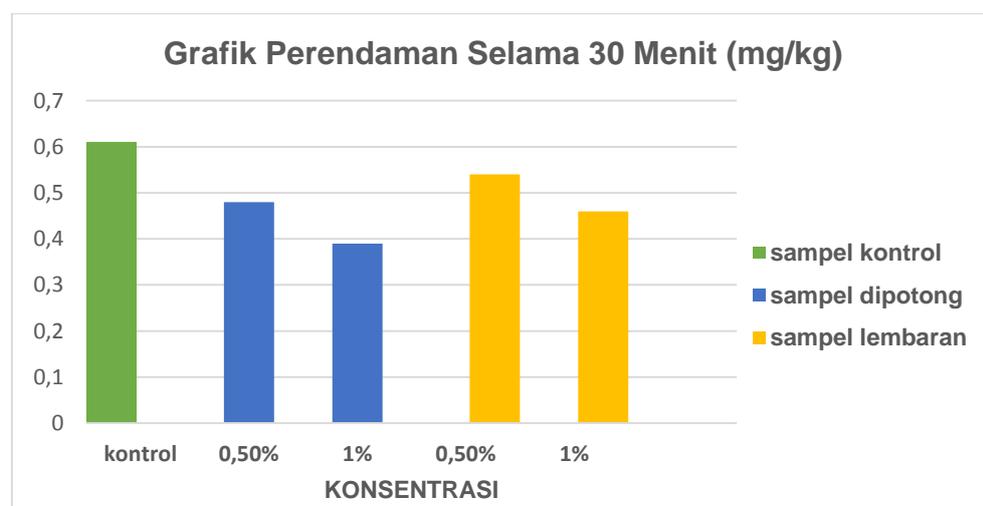
S_K : Sampel sayuran kubis sebagai kontrol.

S_P :Sampel sayuran kubis dipotong-potong.

S_L : Sampel sayuran kubis lembaran.

4.1.2.2 Grafik Perendaman Selama 30 Menit

Grafik kadar krom heksavalen dengan perendaman larutan asam sitrat ditampilkan dalam gambar 7, sebagai berikut:



Gambar 7. Grafik kadar krom heksavalen dalam perendaman selama 30 menit.

4.1.2.3 Hasil Uji dalam Perendaman Selama 1 Jam

Berdasarkan hasil penelitian terhadap kadar logam berat krom heksavalen pada sayuran kubis dengan perlakuan kontrol tanpa dilakukan perendaman dengan larutan asam sitrat, serta menggunakan perendaman dengan larutan asam sitrat selama 1 jam dengan menggunakan konsentrasi 0,5% dan 1% disajikan dalam tabel 3, sebagai berikut :

Tabel 3. Hasil Uji dalam Perendaman Selama 1 Jam

No	Bahan	Konsentrasi (%)	Ulangan	Kadar Cr6+ (mg/kg)	Kadar Rerata Cr6+ (mg/kg)
1	S _K	0	I	0,62	0,61
2			II	0,60	
3	S _P	0,5	I	0,33	0,34
4			II	0,35	
5		1	I	0,22	0,24
6			II	0,26	
7	S _L	0,5	I	0,42	0,42
8			II	0,42	
9		1	I	0,31	0,30
10			II	0,28	

Keterangan :

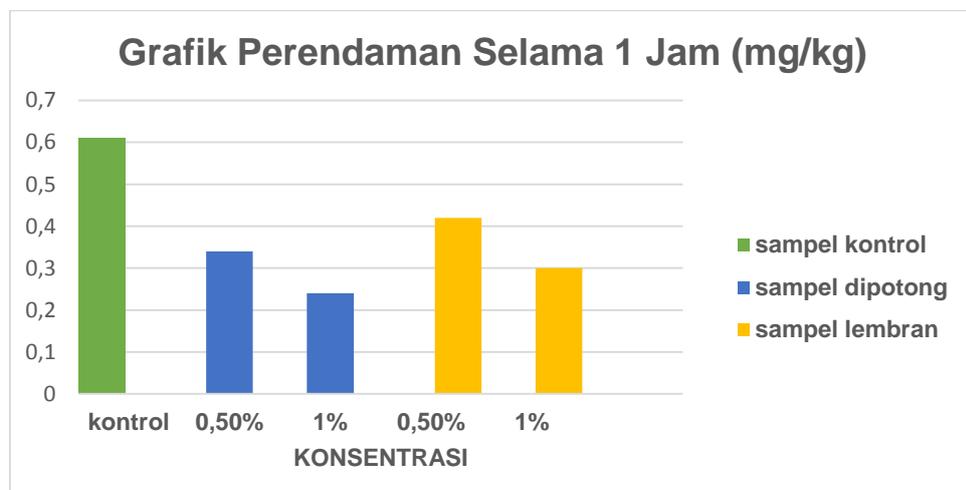
S_K : Sampel sayuran kubis sebagai kontrol.

S_P : Sampel sayuran kubis dipotong-potong.

S_L : Sampel sayuran kubis lembaran.

4.1.2.2 Grafik Perendaman Selama 1 Jam

Grafik kadar krom heksavalen dengan perendaman larutan asam sitrat ditampilkan dalam gambar 8, sebagai berikut:



Gambar 8. Grafik Kadar Krom Heksavalen dalam Perendaman Selama 1 Jam.

4.1.3 Data Selisih Kadar Rata-rata Krom Heksavalen Terhadap Kontrol

Data selisih penurunan kadar sampel rata-rata krom heksavalen terhadap hasil sampel kontrol disajikan dalam tabel 4, sebagai berikut:

Tabel 4. Selisih Kadar Rata-rata Logam Berat Krom Heksavalen Terhadap Kontrol

No.	Bahan	Konsentrasi Asam Sitrat (%)	Waktu Perendaman	Kadar rata-rata Cr6+ (%)
1.	S _K	0	0	0
2.	S _P	0,5	30 menit	21,31
3.			1 jam	44,26
4.			30 menit	36,07
5.			1 jam	60,66
6.			S _L	0,5
7.	1 jam	31,15		
8.	30 menit	24,59		
9.	1 jam	50,82		

Keterangan :

S_K : Sampel sayuran kubis sebagai kontrol.

S_P : Sampel sayuran kubis dipotong-potong.

S_L : Sampel sayuran kubis lembaran.

4.1.5 Analisis Statistik

Analisis statistik perhitungan kadar logam berat krom heksavalen disajikan dalam tabel 5, sebagai berikut:

Tabel 5. Hasil Uji Statistik *ThreeWay Anova*

Tests of Between-Subjects Effects

*Dependent Variable:*kadar krom

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	.218 ^a	8	.027	122.463	.000
Intercept	3.006	1	3.006	13525.692	.000
perlakuan	.017	1	.017	76.050	.000
konsentrasi	.038	1	.038	171.113	.000
Waktu	.078	1	.078	352.800	.000
perlakuan * konsentrasi	1.000E-4	1	1.000E-4	.450	.519
perlakuan * waktu	2.500E-5	1	2.500E-5	.113	.745
konsentrasi * waktu	.001	1	.001	4.050	.075
perlakuan * konsentrasi * waktu	.000	1	.000	1.012	.341
Error	.002	9	.000		
Total	3.361	18			
Corrected Total	.220	17			

a. *R Squared* = .991 (*Adjusted R Squared* = .983)

Dari tabel didapatkan nilai Sig yang diperoleh berdasarkan perlakuan, konsentrasi dan waktu (lama perendaman) sebesar 0,000. Sedangkan nilai Sig yang diperoleh berdasarkan hubungan antara perlakuan dengan konsentrasi 0.519, perlakuan dengan waktu (lama

perendaman) 0.745, konsentrasi dengan waktu (lama perendaman) 0.075, serta perlakuan dengan konsentrasi dan waktu (lama perendaman) 0.341, yang mana kriteria uji pada uji *Anava* yaitu apabila nilai Sig <0,05 maka H_0 ditolak. Apabila nilai Sig >0,05 maka H_0 diterima.

4.2 Pembahasan

Analisis Cr^{6+} dalam percobaan ini menggunakan metode *one point metode* spektrofotometri sinar tampak dengan reagen 1,5-difenilkarbazid. Fungsi dari larutan 1,5-difenilkarbazid sebagai larutan pengomplek dalam analisis Cr^{6+} . Sebelum menganalisis kadar krom dalam sampel terlebih dahulu menentukan panjang gelombang maksimum, waktu kesetabilan kompleks. Penentuan panjang gelombang maksimum dilakukan dengan cara membuat larutan Cr^{6+} 24,40 ppm. Larutan dibuat dengan memipet 2 ml larutan induk Cr^{6+} 24,40 ppm kemudian ditambah 1-2 asam fosfat sampai di peroleh pH 1,5. Fungsi dari asam fosfat ini berfungsi untuk mengubah ion-ion kromat menjadi dikromat. Selain itu fungsi asam fosfat untuk memberikan suasana asam pada larutan, hal ini karena reaksi pengomplekskan Cr^{6+} oleh 1,5-difenilkarbazid berlangsung pada kondisi asam. Setelah diperoleh pH 2,0-2,5 larutan di tambah dengan 2 ml larutan 1,5-difenilkarbazid. Larutan ini sebagai pengompleks Cr^{6+} membentuk warna ungu.

Larutan yang diperoleh dikocok kemudian diukur absorbansinya pada panjang gelombang 500-560 dengan menggunakan spektrofotometer UV-Vis. Sebelum larutan mulai diukur absorbansinya, terlebih dahulu digunakan larutan blanko agar absorbansi mulai dari nilai 0. Larutan blanko ini harus memiliki nilai absorbansi 0, hal ini berarti larutan blanko tidak

menyerap radiasi dari sinar tampak. Larutan blanko dibuat dengan cara yang sama tanpa penambahan Cr^{6+} . Berdasarkan hasil pengukuran, didapatkan bahwa panjang gelombang maksimum adalah 542 nm dengan absorbansi 0,519. Panjang gelombang ini juga menunjukkan bahwa menyerap pada daerah warna hijau dari spektrum sinar tampak yang mana warna hijau ini merupakan warna komplementer dari warna ungu larutan.

Penentuan waktu kestabilan kompleks dilakukan dengan mengukur absorbansi yang telah dikompleks dengan 1,5-difenilkarbazid pada panjang gelombang 542 nm yang merupakan panjang gelombang maksimum setiap selang waktu 1 menit selama 15 menit. Penentuan stabilitas kompleks bertujuan untuk mengetahui kestabilan Cr^{6+} dalam bereaksi dengan 1,5-difenilkarbazid dalam rentang waktu 1-15 menit. Kestabilan tersebut relatif stabil dalam rentang waktu 1-15 menit, dapat dilihat dari nilai absorbansi yang dihasilkan yaitu antara 0,517-0,519. Selanjutnya dilakukan pengukuran absorbansi sampel dengan menggunakan penambahan pereaksi yang sama dengan pembuatan standard.

Pada penelitian ini dilakukan perendaman dengan menggunakan larutan asam sitrat. Masing-masing perendaman dilakukan dengan perlakuan dipotong-potong dan dalam bentuk lembaran, serta menggunakan konsentrasi dan lama perendaman yang berbeda, yaitu perendaman dengan larutan asam sitrat 0,5% selama 30 menit, perendaman dengan larutan asam sitrat 0,5% selama 1 jam, perendaman dengan larutan asam sitrat 1% selama 30 menit, dan perendaman dengan larutan asam sitrat 1% selama 1 jam.

Dari hasil penelitian penurunan kadar Cr^{6+} dalam sayuran kubis yang dapat dilihat pada tabel 2 dan 3 di dapatkan kadar awal sebelum direndam larutan asam sitrat adalah 0,61 mg/kg dan setelah variasi direndam larutan asam sitrat dalam keadaan sampel dipotong-potong menunjukkan bahwa dengan konsentrasi 1% direndam selama 1 jam merupakan hasil maksimal penurunan kadar Cr^{6+} dalam sampel kubis yaitu sebanyak 0,24 mg/kg, sedangkan direndam asam sitrat dalam keadaan sampel lembaran menunjukkan bahwa dengan konsentrasi 1% direndam selama 1 jam merupakan hasil maksimal penurunan kadar Cr^{6+} dalam sampel kubis yaitu sebanyak 0,30 mg/kg

Terdapat penurunan kadar logam berat krom heksavalen setelah dilakukan perendaman menggunakan larutan asam sitrat dengan konsentrasi dan waktu kontak yang berbeda. Menurut Direktur Jendral Pengawasan Obat dan Makanan nomor : 03725/B/SK/VII/89 perendaman dengan larutan asam sitrat konsentrasi 0,5 % selama 30 menit dalam perlakuan sampel dipotong, masih melebihi ambang batas yang di perbolehkan yaitu 0,4 mg/kg. Namun setelah dilakukan perendaman dengan larutan asam sitrat konsentrasi 0,5 % selama 1 jam, 0,5 % selama 1 jam, dan 1% selama 1 jam dalam perlakuan sampel dipotong sudah dibawah batas aman. Sedangkan dalam perlakuan sampel lembaran yang direndam larutan asam sitrat konsentrasi 0,5 % selama 30 menit, 0,5 % selama 1 jam, dan 1 % selama 30 menit didapatkan hasil di atas ambang batas yang di perbolehkan, hanya dalam perendaman larutan asam sitrat konsentrasi 1 % selama 1 jam yang sudah dibawah batas aman. Batas

maksimum rekomendasi kromium untuk konsumsi manusia adalah 0,4 mg/kg (Mardiyono, 2009).

Berdasarkan pada tabel 2 dan 3 dapat ditarik kesimpulan bahwa perendaman kedalam larutan asam sitrat dapat menurunkan kadar krom heksavalen pada sayuran kubis, ini disebabkan karena asam sitrat merupakan asam sederhana dimana asam sederhana ini tidak memerlukan waktu lama untuk menguraikan gugus pengikatnya yang dipresentasikan oleh lepasnya ion H pada gugus fungsionalnya guna mencapai titik kesetimbangan dengan ion logam. Proses pengkelatan logam diawali dari asam sitrat yang memiliki tiga gugus karboksil COOH. Gugus karboksil ini dapat melepas proton di dalam larutan membentuk suatu ion yang disebut ion sitrat. Ion sitrat dapat bereaksi dengan ion logam membentuk garam sitrat (Saputri *et al*, 2015)

Pengujian statistika menggunakan uji Anova dengan Klasifikasi 3 arah (*ThreeWay Anova*) digunakan untuk mengetahui semua pengaruh variabel bebas terhadap variabel terikat serta untuk mengetahui pengaruh interaksi variabel bebas terhadap variabel terikat. Uji Anova dengan klasifikasi 3 arah merupakan anova yang didasarkan pada pengamatan 3 kriteria atau 3 faktor yang menimbulkan variasi.

Sebelum dilakukan uji anova tiga arah terlebih dahulu dilakukan uji Kolmogorov-Smirnov. Fungsi uji ini adalah menguji normalitas data dan mensyaratkan data penelitian terdistribusi normal jika akan menggunakan uji anova. Kriteria uji Kolmogorov-Smirnov adalah bila *Asymp. Sig.* Lebih dari 0,05 maka terdistribusi normal. Dalam tabel didapatkan nilai *Asymp. Sig* sebesar 0,122 . Nilai ini lebih besar dari 0,05 maka dapat disimpulkan

data penelitian penurunan kadar logam berat Cr^{6+} pada sayuran kubis terdistribusi normal.

Setelah data diketahui terdistribusi normal kemudian dilakukan uji anova tiga arah. Kriteria ujinya adalah kadar logam berat Cr^{6+} antara kedua perlakuan sampel yaitu dipotong dan lembaran dinyatakan ada perbedaan yang nyata (signifikan) bila nilai Sig untuk jenis perlakuan $< 0,05$. Kadar logam berat Cr^{6+} dalam berbagai konsentrasi yang dimiliki dinyatakan ada perbedaan yang nyata (signifikan) bila nilai Sig untuk konsentrasi $< 0,05$. Serta logam berat Cr^{6+} dalam berbagai waktu perendaman yang digunakan dinyatakan ada perbedaan yang nyata (signifikan) bila nilai Sig untuk waktu $< 0,05$. Dalam tabel didapatkan nilai Sig untuk jenis perlakuan, konsentrasi, dan waktu sebesar 0,000. Nilai tersebut dinyatakan lebih kecil dari 0,05. Dapat disimpulkan bahwa ada perbedaan yang nyata kadar logam berat Cr^{6+} diantara ada perbedaan yang nyata pada perlakuan, konsentrasi, dan waktu. Akan tetapi didapatkan hasil tidak ada perbedaan yang nyata terhadap hubungan antara perlakuan dengan konsentrasi, perlakuan dengan waktu, konsentrasi dengan waktu. Serta perlakuan, konsentrasi dengan waktu. Karena diantara ke empat hubungan tersebut masing-masing didapatkan nilai Sig yang $> 0,05$.

Selanjutnya dilakukan uji PostHoc Student-Neuman-Keuls untuk mengetahui jenis perlakuan, konsentrasi dan waktu yang dapat menurunkan logam berat Cr^{6+} lebih besar. Total *mean* dalam tabel perlakuan sampel dipotong adalah 0,36125 sedangkan perlakuan sampel lembaran adalah 0,42625. Nilai perlakuan sampel dipotong lebih kecil dibandingkan dengan nilai perlakuan sampel dipotong sehingga dapat

disimpulkan perlakuan sampel dipotong mampu menurunkan kadar logam berat Cr^{6+} lebih besar dibanding perlakuan sampel lembaran. Konsentrasi 1% memiliki nilai 0,34500 lebih kecil dibandingkan menggunakan konsentrasi 5% yang memiliki nilai 0,44250. Sedangkan waktu perendaman selama 1 jam memiliki nilai 0,32375, nilai ini merupakan nilai paling kecil dibandingkan nilai pada waktu perendaman selama 30 menit yang memiliki nilai 0,46375 sehingga dapat disimpulkan dalam waktu perendaman 1 jam merupakan waktu paling baik (Sugiharto,2009).

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

- a. Kadar krom heksavalen pada sayuran kubis dapat di turunkan dengan perendaman larutan asam sitrat. Kadar logam berat krom heksavalen pada sampel kubis dipotong yang direndam larutan asam sitrat konsentrasi 0,5 % selama 30 menit adalah 0,48 mg/kg, konsentrasi 0,5% selama 1 jam adalah 0,34 mg/kg, konsentrasi 1% selama 30 menit adalah 0,39, konsentrasi 1% selama 1 jam adalah 0,24. Kadar logam berat krom heksavalen pada sampel kubis lembaran yang direndam larutan asam sitrat konsentrasi 0,5 % selama 30 menit adalah 0,54 mg/kg, konsentrasi 0,5% selama 1 jam adalah 0,42 mg/kg, konsentrasi 1% selama 30 menit adalah 0,46, konsentrasi 1% selama 1 jam adalah 0,30.
- b. Pada perendaman menggunakan larutan asam sitrat dengan konsentrasi 0,5% dan 1%, serta lama selama 30 menit dan 1 jam dapat turun. Hasil yang paling efektif yaitu menggunakan konsentrasi larutan asam sitrat 1% selama 1 jam baik dalam perlakuan sampel dipotong maupun lembaran.
- c. Perendaman menggunakan perlakuan sampel dipotong lebih cepat menurunkan dibandingkan dengan perlakuan sampel lembaran.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian dapat diberikan saran sebagai berikut:

- a. Diharapkan kepada produsen (petani) supaya dapat meminimalisir atau mengurangi penggunaan pupuk berlebihan, dan tidak melakukan irigasi dengan air limbah industri
- b. Diharapkan kepada masyarakat sebagai konsumen dalam mengonsumsi sayuran dalam keadaan masak, tidak dalam keadaan mentah.
- c. Bagi peneliti selanjutnya perlu dilakukan penelitian yang lebih lanjut pemanfaatan bahan-bahan lain, untuk mengembangkan cara menurunkan logam berat krom heksavalen
- d. Upaya penurunan kadar logam berat krom heksavalen pada sayuran kubis ini dapat diaplikasikan kedalam masyarakat untuk menciptakan keamanan bahan pangan.

DAFTAR PUSTAKA

- Agustin, B. S., Rachmadiarti, F., & Raharjo. (2016). Efek Berbagai Waktu Perendaman dan Konsentrasi Filtrat Belimbing Wuluh (*Averrhoa bilimbi*) Terhadap Penurunan Kadar Timbal (Pb) Daging Ikan Bader (*Barbonymus ginionotus*) dari Kali Surabaya. *LenteraBio*, 5(1), 1-6.
- Agustina, T. (2010). Kontaminasi Logam Berat Pada Makanan dan Dampaknya. *TEKNUBUGA*, 2(2), 53-65.
- Almatsier, & Sunita. (2004). *Prinsip Dasar Ilmu Gizi*. Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama.
- Alpatih, & Muhammad, A. (2010). Pengaruh Konsentrasi Larutan Asam Jeruk Nipis dan Lama Perendaman Terhadap Penurunan Kadar Logam Berat Timbal (Pb) Dalam Daging Kerang Hijau (*Perna viridis*). Diambil kembali dari <http://digilib.unimus.ac.id/files/disk1/114/jtptunimus-gdl-andhimuham-5651-3-babii.pdf>.
- Anggani, N. (2012). Senyawa Asam Sitrat. Diambil kembali dari : http://naritaanggani.blogspot.co.id/2012/12/senyawa-asam-sitrat_8.html (Diakses 28 Mei 2017).
- Anonimous. (2009). Standar Nasional Indonesia 6989.71. Cara uji krom heksavalen (Cr-VI) dalam contoh uji secara spektrofotometri. *BSN*.
- Anonimous. (2012, Mei 17). Kol atau Kubis Mengatasi Sindrom Premenstruasi. Diambil kembali dari <https://tanamanobattradisionalku.wordpress.com/2012/05/17/kol-atau-kubis-mengatasi-sindrom-pramenstruasi/> (Diakses 05 Desember 2016)
- Anonimous. (2013). Spektrofotometri Uv-Vis. Diambil kembali dari <https://wocono.wordpress.com/author/jawibawanax/> (Diakses 28 Mei 2017).
- Anonimous. (2014, Oktober). 8 Anggota Keluarga Kubis-Kubisan. Diambil kembali dari <http://www.ngasih.com/2014/10/12/8-anggota-keluarga-kubis-kubisan/> (Diakses 28 Mei 2017).
- Anonimous. (2015). Zat Asam Sitrat Sifat-sifat Kegunaan dan Bahayanya.
- Charlena. (2004). Pencemaran Logam Bert Timbal (Pb) dan Cadmium (Cd) pada Sayur-sayuran. *falsafah sain*, 1-12.

- Dalimartha, S., & Adrian, F. (2013). Fakta Ilmiah Buah dan Sayur. Jakarta: Penebar Swadaya.
- Darmawan, A. R. (2012). Pengaruh Penggunaan Lumpur Limbah Industri Penyakit Kulit Terhadap Penyerapan Krom pada Tanaman Sawi. *Majalah Kulit, Karet dan Plastik*, 69-78.
- Darmono. (2001). Lingkungan Hidup dan Pencemaran Hubungannya dengan Toksikologi Senyawa Logam. (S. Sriwibawa, Penyunt.) Jakarta: Perpustakaan Nasional : Katalog Dalam Terbitan (KDT).
- Gandjar, I. G., & Rohman, A. (2007). Kimia Farmasi Analisis. Yogyakarta: Pustaka Pelajar.
- Kusnanto, W. M. (2012). Analisis Spektroskopi Uv-vis " Penentuan Konsentrasi Permanganat ". 1-18.
- Mardiyono. (2009). Analisis Timah (Sn) Dan Kromium (Cr) Pada Beberapa Produk Sayur Kacang - Kacangan Dalam Kaleng Secara Spektrofotometri Serapan Atom. *Biomedika*, 2(2), 1-9.
- Marzuki, A. (2012). *Kimia Analisis Farmasi* . Dua Satu Press.
- Nurvita, S., Nurjaluli, & Astorina Yunita D, N. (2015). Pengaruh Variasi Konsentrasi Air Jeruk Nipis (*Citrus aurantifolia*) dalam Menurunkan Cadmium dalam Daging Kerang Darah (*Anadara granosa*). *Jurnal Kesehatan Masyarakat (e-Journal)*, 3(3), 807-818.
- Palar, H. (1994). Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat. Jakarta: PT Rineka Cipta.
- Saputri, M. R., Rachmadiarti, F., & Raharjo. (2015, Mei). Penurunan Logam Berat Timbal (Pb) Ikan Nila (*Oreochromis nilotica*) Kali Surabaya Menggunakan Filtrat Jeruk Siam (*Citrus nobilis*). *Lentera Bio*, 4(2), 136-142.
- Sudaryono, & Mawardi, I. (2008). Pengaruh Pemupukan pada Tanaman Jarak Pagar Terhadap Daya Serap Logam Berat Kromium. *J. Tek. Ling*, 184-190.
- Sugiharto, T. (2009). Analisis Varians (Analysis of Variance).
- Surtipanti, S., Rasyid, H., Mellawati, J., Yumiarti, S., & Suwirna, S. (1995). Studi Kandungan Logam Berat di Tanah Sawah. *Prosiding Pertemuan dan Presentasi Ilmuan*, 374-378.

Widaningrum, Miskiyah, & Suismono. (2007). Bahaya Kontaminasi Logam Berat dalam Sayuran dan Alternatif Pencegahan Pencemaran. *Buletin Teknologi Pascapanen Pertanian*, 3, 17-27.

Widowati, W., Sastiono, A., & R, R.-J. (2008). *Efek Toksik Logam Pencegahan dan Penanggulangan Pencemaran*. Yogyakarta: C.V Andi Offset.

Winarno, F. (1984). *Kimia Pangan dan Gizi*. Jakarta: PT Gramedia.

Wirakusumah, & Emma S. (2007). *202 Jus Buah dan Sayuran*. Jakarta: Penebar Swadaya.

LAMPIRAN

Lampiran 1. Pembuatan Reagen

a. Pembuatan larutan standar Cr⁶⁺ 25 ppm dari larutan baku 100 ppm

$$100 \text{ ppm} = 100 \text{ mg/L}$$

$$\text{Gram} = \frac{\text{BM K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7}{2 \text{BA Cr}} \times \text{Konsentrasi}$$

$$\text{Berat Kalium dikromat} = \frac{294,16}{2 \times 51,996} \times 100 \text{ mg/L}$$

$$= 2,828 \times 100 \text{ mg/L}$$

$$= 282,8 \text{ mg/L} = 0,2828 \text{ g/L} = 0,02828 \text{ g/100 ml}$$

$$\text{Data Penimbangan Kertas Timbang + Bahan} = 0,3423 \text{ g}$$

$$\text{Kertas Timbang + Sisa} = 0,3147 \text{ g}$$

$$\text{Zat} = 0,0276 \text{ g}$$

$$\text{Koreksi Kadar} = \frac{\text{Berat empiris}}{\text{Berat teoritis}} \times 100 \text{ ppm}$$

$$= 97,53 \text{ ppm}$$

$$\text{Koreksi kadar dari 25 ppm} = V_1 \times C_1 = V_2 \times C_2$$

$$= 25 \times 97,53 = 100 \times C_2$$

$$C_2 = \frac{25 \times 97,53}{100}$$

$$C_2 = 24,38 \text{ ppm}$$

Menimbang (dengan timbangan elektrik) serbuk asam oksalat sebanyak 0,0276 g. Serbuk tersebut kemudian di masukkan kedalam labu takar 100mL. Lalu dilarutkan dengan aquadest sampai tanda batas. Kemudian Homogenkan. Diambil sebanyak 25 ml di masukkan kedalam labu takar 100 mL kemudian ditambah aquadest sampai tanda batas.

b. Pembuatan larutan 1,5-difenilkarbazid

Menimbang difenilkarbazon sebanyak 0,5 g dengan neraca kasar dimasukkan kedalam botol atau wadah tertutup, kemudian ditambah 200 ml

aceton diaduk dengan batang pengaduk sampai homogen, jangan lupa di tutup karena aceton mudah menguap.

c. Pembuatan NaOH 2N

Menimbang serbuk NaOH sebanyak 8 g dengan neraca analitis. Kemudian masukkan beaker glass 100 ml. Lalu masukkan botol atau wadah tertutup.

Data Penimbangan

Kertas Timbang + Bahan = 8,2012 g

Kertas Timbang + Sisa = 0,2003 g

Zat = 8,0009 g

d. Pembuatan Asam sitrat 0,5 %

Menimbang serbuk Asam sitrat sebanyak 2,5 g dengan neraca analitis. Kemudian masukkan beaker glass 500 ml. Lalu masukkan botol atau wadah tertutup.

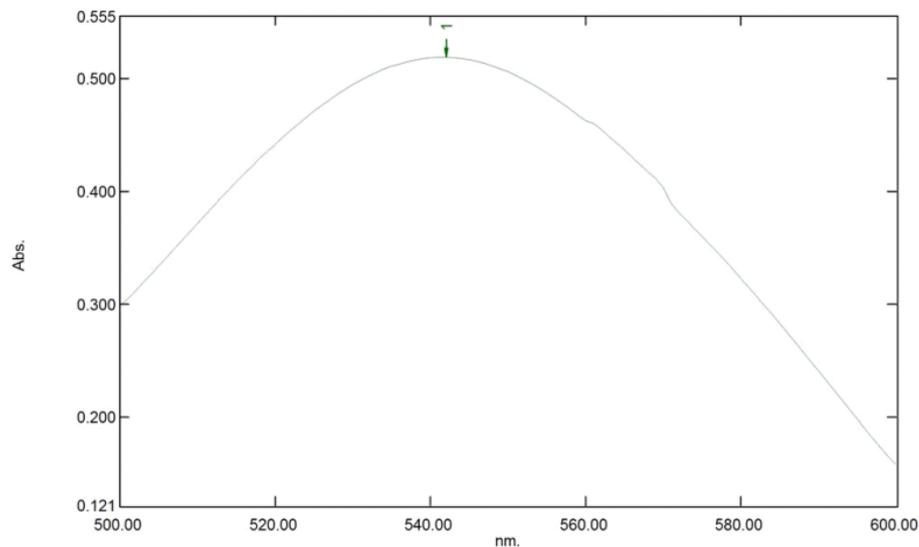
$$\begin{aligned}\text{Konsentrasi} &= \frac{\text{gram penimbangan}}{\text{volume}} \times 100 \% \\ &= \frac{2,5}{500} \times 100 \% \\ &= 0,5 \%\end{aligned}$$

e. Pembuatan Asam sitrat 1 %

Menimbang serbuk Asam sitrat sebanyak 5,0 g dengan neraca analitis. Kemudian masukkan beaker glass 500 ml. Lalu masukkan botol atau wadah tertutup.

$$\begin{aligned}\text{Konsentrasi} &= \frac{\text{gram penimbangan}}{\text{volume}} \times 100 \% \\ &= \frac{5,0}{500} \times 100 \% \\ &= 1 \%\end{aligned}$$

Lampiran 2. Data Panjang Gelombang Maksimum dan Absorbansi Standar



Measurement Properties
Wavelength Range (nm.): 500.00 to 600.00
Scan Speed: Medium
Sampling Interval: 1.0
Auto Sampling Interval: Disabled
Scan Mode: Auto

No.	P/V	Wavelength	Abs.	Description
1	●	542.00	0.519	

Instrument Properties
Instrument Type: UV-1800 Series
Measuring Mode: Absorbance
Slit Width: 1.0 nm
Light Source Change Wavelength: 340.8 nm
S/R Exchange: Normal

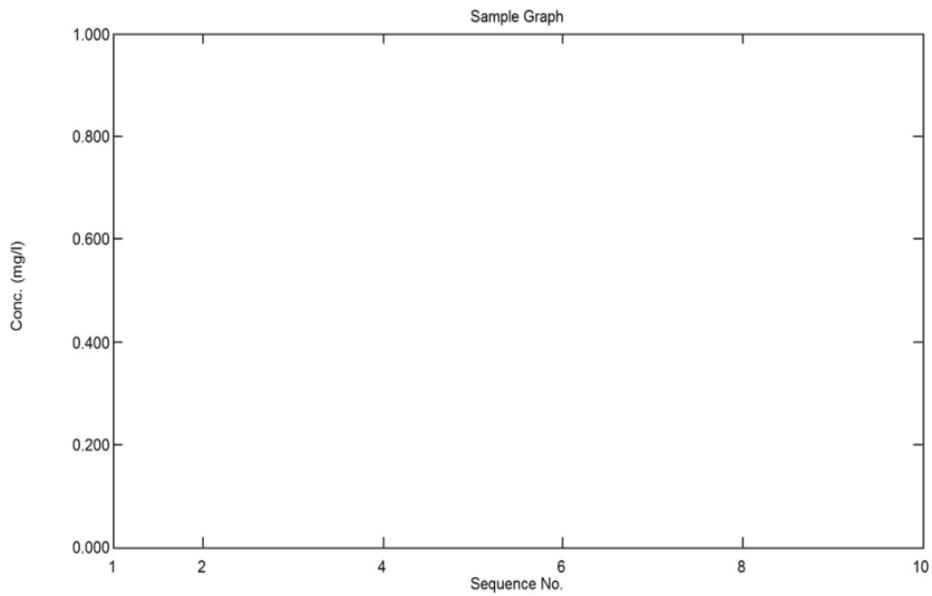
Attachment Properties
Attachment: None

Sample Preparation Properties
Weight:
Volume:
Dilution:
Path Length:
Additional Information:

Keterangan :

- Panjang gelombang maksimum : 542 nm
- Absorbansi : 0,519

Lampiran 3. Data Operating Time



Sample Table

	Sample ID	Type	Ex	Conc	WL542.0	Comments
1	KROM	Unk-Repeat			0.517	
2	KROM-2	Unk-Repeat			0.519	
3	KROM-3	Unk-Repeat			0.518	
4	KROM-4	Unk-Repeat			0.518	
5	KROM-5	Unk-Repeat			0.519	
6	KROM-6	Unk-Repeat			0.519	
7	KROM-7	Unk-Repeat			0.519	
8	KROM-8	Unk-Repeat			0.518	
9	KROM-9	Unk-Repeat			0.519	
10	KROM-10	Unk-Repeat			0.519	
11	KROM-11	Unk-Repeat			0.519	
12	KROM-12	Unk-Repeat			0.519	
13	KROM-13	Unk-Repeat			0.518	
14	KROM-14	Unk-Repeat			0.519	
15	KROM-15	Unk-Repeat			0.519	
16	KROM-Avg	Average		*****	0.519	Avg of preceding 15 Samples
17						

Keterangan : Nilai absorbansi yang dihasilkan yaitu antara 0,517-0,519

Lampiran 4. Data Penimbangan

No.	Nama Bahan	Ulangan	Berat wadah + bahan (g)	Berat wadah + sisa (g)	Berat bahan (g)
1.	Kontrol kubis (tanpa perendaman asam sitrat)	I	156,7	256,7	100,0
		II	158,3	258,3	100,0
2.	Sampel dipotong (D1)	I	158,6	258,6	100,0
		II	153,4	253,4	100,0
3.	Sampel dipotong (D2)	I	160,1	260,1	100,0
		II	158,0	258,0	100,0
4.	Sampel dipotong (D3)	I	161,3	261,3	100,0
		II	160,9	260,9	100,0
5.	Sampel dipotong (D4)	I	158,6	258,6	100,0
		II	158,1	258,1	100,0
6.	Sampel lembaran (D1)	I	160,0	260,0	100,0
		II	157,2	257,2	100,0
7.	Sampel lembaran (D2)	I	162,3	262,3	100,0
		II	158,6	258,6	100,0
8.	Sampel lembaran (D3)	I	158,8	258,8	100,0
		II	160,9	260,9	100,0
9.	Sampel lembaran (D4)	I	162,7	262,7	100,0
		II	159,1	259,1	100,0

Keterangan :

D1 : Direndam asam sitrat konsentrasi 0,5 % selama 30 menit.

D2 : Direndam asam sitrat konsentrasi 0,5 % selama 1 jam.

D3 : Direndam asam sitrat konsentrasi 1 % selama 30 menit.

D4 : Direndam asam sitrat konsentrasi 0,5 % selama 1 jam.

Lampiran 5. Data Penetapan Kadar Krom Heksavalen Pada Sayuran Kubis

A. Perendaman selama 30 menit

No	Bahan	Konsentrasi (%)	Ulangan	Kadar Cr6+ (mg/kg)	Kadar Rerata Cr6+ (mg/kg)
1	S _K	0	I	0,62	0,61
2			II	0,60	
3	S _P	0,5	I	0,47	0,48
4			II	0,48	
5		1	I	0,38	0,39
6			II	0,40	
7	S _L	0,5	I	0,54	0,54
8			II	0,53	
9		1	I	0,45	0,46
10			II	0,46	

B. Perendaman selama 1 jam

No	Bahan	Konsentrasi (%)	Ulangan	Kadar Cr6+ (mg/kg)	Kadar Rerata Cr6+ (mg/kg)
1	SK	0	I	0,62	0,61
2			II	0,60	
3		0,5	I	0,33	0,34
4			II	0,35	
5	SP	1	I	0,22	0,24
6			II	0,26	
7		0,5	I	0,42	0,42
8			II	0,42	
9	SL	1	I	0,31	0,30
10			II	0,28	

Keterangan :

S_K : Sampel sayuran kubis sebagai kontrol.

S_P : Sampel sayuran kubis dipotong-potong.

S_L : Sampel sayuran kubis lembaran.

Lampiran 6. Data Selisih Rata-rata Kadar Krom Heksavalen Pada Sayuran Kubis Terhadap Kontrol

No.	Bahan	Konsentrasi Asam Sitrat (%)	Waktu Perendaman	Kadar rata-rata Cr6+ (%)
1.	S _K	0	0	0
2.		0,5	30 menit	21,31
3.			1 jam	44,26
4.		1	30 menit	36,07
5.			1 jam	60,66
6.		0,5	30 menit	11,48
7.			1 jam	31,15
8.		1	30 menit	24,59
9.			1 jam	50,82

Keterangan :

S_K : Sampel sayuran kubis sebagai kontrol.

S_P :Sampel sayuran kubis dipotong-potong.

S_L : Sampel sayuran kubis lembaran.

Lampiran 7. Perhitungan Kadar Sampel

1. Sampel Kubis Kontrol

$$\begin{aligned} \text{a. Kadar Cr}^{6+} &= \frac{\text{abs sampel}}{\text{abs standar}} \times \text{konsentrasi standar} \times \frac{P. \text{ sampel}}{P. \text{ standar}} \\ &= \frac{0,052}{0,519} \times 24,38 \times \frac{25}{100} \\ &= 0,6224 \text{ mg/g} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kadar Cr}^{6+} \text{ dalam (mg) setiap 100 g} &= \frac{0,6224 \text{ mg}}{1000} \times 100 \text{ g} \\ &= 0,0622 \text{ mg/100 g} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kadar Cr}^{6+} \text{ dalam (mg) setiap 1 kg} &= \frac{0,06224 \frac{\text{mg}}{100\text{g}}}{0,1} \\ &= 0,62 \text{ mg/kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{b. Kadar Cr}^{6+} &= \frac{\text{abs sampel}}{\text{abs standar}} \times \text{konsentrasi standar} \times \frac{P. \text{ sampel}}{P. \text{ standar}} \\ &= \frac{0,051}{0,519} \times 24,38 \times \frac{25}{100} \\ &= 0,5989 \text{ mg/g} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kadar Cr}^{6+} \text{ dalam (mg) setiap 100 g} &= \frac{0,5989 \text{ mg}}{1000} \times 100 \text{ g} \\ &= 0,0599 \text{ mg/100 g} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kadar Cr}^{6+} \text{ dalam (mg) setiap 1 kg} &= \frac{0,0599 \frac{\text{mg}}{100\text{g}}}{0,1} \\ &= 0,60 \text{ mg/kg} \end{aligned}$$

2. Sampel Dipotong (Direndam Asam sitrat 0,5 % Selama 30 Menit)

a.
$$\text{Kadar Cr}^{6+} = \frac{\text{abs sampel}}{\text{abs standar}} \times \text{konsentrasi standar} \times \frac{P. \text{ sampel}}{P. \text{ standar}}$$

$$= \frac{0,040}{0,519} \times 24,38 \times \frac{25}{100}$$

$$= 0,4697 \text{ mg/g}$$

$$\text{Kadar Cr}^{6+} \text{ dalam (mg) setiap 100 g} = \frac{0,4697 \text{ mg}}{1000} \times 100 \text{ g}$$

$$= 0,0470 \text{ mg/100 g}$$

$$\text{Kadar Cr}^{6+} \text{ dalam (mg) setiap 1 kg} = \frac{0,0470 \frac{\text{mg}}{100\text{g}}}{0,1}$$

$$= 0,47 \text{ mg/kg}$$

b.
$$\text{Kadar Cr}^{6+} = \frac{\text{abs sampel}}{\text{abs standar}} \times \text{konsentrasi standar} \times \frac{P. \text{ sampel}}{P. \text{ standar}}$$

$$= \frac{0,041}{0,519} \times 24,38 \times \frac{25}{100}$$

$$= 0,4815 \text{ mg/g}$$

$$\text{Kadar Cr}^{6+} \text{ dalam (mg) setiap 100 g} = \frac{0,4815 \text{ mg}}{1000} \times 100 \text{ g}$$

$$= 0,0482 \text{ mg/100 g}$$

$$\text{Kadar Cr}^{6+} \text{ dalam (mg) setiap 1 kg} = \frac{0,0482 \frac{\text{mg}}{100\text{g}}}{0,1}$$

$$= 0,48 \text{ mg/kg}$$

3. Sampel Dipotong (Direndam Asam sitrat 0,5 % Selama 1 Jam)

a. $\text{Kadar Cr}^{6+} = \frac{\text{abs sampel}}{\text{abs standar}} \times \text{konsentrasi standar} \times \frac{P. \text{ sampel}}{P. \text{ standar}}$

$$= \frac{0,028}{0,519} \times 24,38 \times \frac{25}{100}$$

$$= 0,3288 \text{ mg/g}$$

$$\text{Kadar Cr}^{6+} \text{ dalam (mg) setiap 100 g} = \frac{0,3288 \text{ mg}}{1000} \times 100 \text{ g}$$

$$= 0,0329 \text{ mg/100 g}$$

$$\text{Kadar Cr}^{6+} \text{ dalam (mg) setiap 1 kg} = \frac{0,0329 \frac{\text{mg}}{100\text{g}}}{0,1}$$

$$= 0,33 \text{ mg/kg}$$

b. $\text{Kadar Cr}^{6+} = \frac{\text{abs sampel}}{\text{abs standar}} \times \text{konsentrasi standar} \times \frac{P. \text{ sampel}}{P. \text{ standar}}$

$$= \frac{0,030}{0,519} \times 24,38 \times \frac{25}{100}$$

$$= 0,3523 \text{ mg/g}$$

$$\text{Kadar Cr}^{6+} \text{ dalam (mg) setiap 100 g} = \frac{0,3523 \text{ mg}}{1000} \times 100 \text{ g}$$

$$= 0,0352 \text{ mg/100 g}$$

$$\text{Kadar Cr}^{6+} \text{ dalam (mg) setiap 1 kg} = \frac{0,0352 \frac{\text{mg}}{100\text{g}}}{0,1}$$

$$= 0,35 \text{ mg/kg}$$

4. Sampel Dipotong (Direndam Asam sitrat 1 % Selama 30 menit)

a.
$$\text{Kadar Cr}^{6+} = \frac{\text{abs sampel}}{\text{abs standar}} \times \text{konsentrasi standar} \times \frac{P. \text{ sampel}}{P. \text{ standar}}$$

$$= \frac{0,032}{0,519} \times 24,38 \times \frac{25}{100}$$

$$= 0,3758 \text{ mg/g}$$

$$\text{Kadar Cr}^{6+} \text{ dalam (mg) setiap 100 g} = \frac{0,3758 \text{ mg}}{1000} \times 100 \text{ g}$$

$$= 0,0376 \text{ mg/100 g}$$

$$\text{Kadar Cr}^{6+} \text{ dalam (mg) setiap 1 kg} = \frac{0,0376 \frac{\text{mg}}{100\text{g}}}{0,1}$$

$$= 0,38 \text{ mg/kg}$$

b.
$$\text{Kadar Cr}^{6+} = \frac{\text{abs sampel}}{\text{abs standar}} \times \text{konsentrasi standar} \times \frac{P. \text{ sampel}}{P. \text{ standar}}$$

$$= \frac{0,034}{0,519} \times 24,38 \times \frac{25}{100}$$

$$= 0,3993 \text{ mg/g}$$

$$\text{Kadar Cr}^{6+} \text{ dalam (mg) setiap 100 g} = \frac{0,3993 \text{ mg}}{1000} \times 100 \text{ g}$$

$$= 0,0399 \text{ mg/100 g}$$

$$\text{Kadar Cr}^{6+} \text{ dalam (mg) setiap 1 kg} = \frac{0,0399 \frac{\text{mg}}{100\text{g}}}{0,1}$$

$$= 0,40 \text{ mg/kg}$$

5. Sampel Dipotong (Direndam Asam sitrat 1 % Selama 1 Jam)

a.
$$\text{Kadar Cr}^{6+} = \frac{\text{abs sampel}}{\text{abs standar}} \times \text{konsentrasi standar} \times \frac{P. \text{ sampel}}{P. \text{ standar}}$$

$$= \frac{0,019}{0,519} \times 24,38 \times \frac{25}{100}$$

$$= 0,2231 \text{ mg/g}$$

$$\text{Kadar Cr}^{6+} \text{ dalam (mg) setiap 100 g} = \frac{0,2231 \text{ mg}}{1000} \times 100 \text{ g}$$

$$= 0,0223 \text{ mg/100 g}$$

$$\text{Kadar Cr}^{6+} \text{ dalam (mg) setiap 1 kg} = \frac{0,0223 \frac{\text{mg}}{100\text{g}}}{0,1}$$

$$= 0,22 \text{ mg/kg}$$

b.
$$\text{Kadar Cr}^{6+} = \frac{\text{abs sampel}}{\text{abs standar}} \times \text{konsentrasi standar} \times \frac{P. \text{ sampel}}{P. \text{ standar}}$$

$$= \frac{0,022}{0,519} \times 24,38 \times \frac{25}{100}$$

$$= 0,2584 \text{ mg/g}$$

$$\text{Kadar Cr}^{6+} \text{ dalam (mg) setiap 100 g} = \frac{0,2584 \text{ mg}}{1000} \times 100 \text{ g}$$

$$= 0,0258 \text{ mg/100 g}$$

$$\text{Kadar Cr}^{6+} \text{ dalam (mg) setiap 1 kg} = \frac{0,0258 \frac{\text{mg}}{100\text{g}}}{0,1}$$

$$= 0,26 \text{ mg/kg}$$

6. Sampel Lembaran (Direndam Asam sitrat 0,5 % Selama 30 Menit)

a. $\text{Kadar Cr}^{6+} = \frac{\text{abs sampel}}{\text{abs standar}} \times \text{konsentrasi standar} \times \frac{P. \text{ sampel}}{P. \text{ standar}}$

$$= \frac{0,046}{0,519} \times 24,38 \times \frac{25}{100}$$

$$= 0,5402 \text{ mg/g}$$

$$\text{Kadar Cr}^{6+} \text{ dalam (mg) setiap } 100 \text{ g} = \frac{0,5402 \text{ mg}}{1000} \times 100 \text{ g}$$

$$= 0,0540 \text{ mg/100 g}$$

$$\text{Kadar Cr}^{6+} \text{ dalam (mg) setiap } 1 \text{ kg} = \frac{0,0540 \frac{\text{mg}}{100\text{g}}}{0,1}$$

$$= 0,54 \text{ mg/kg}$$

b. $\text{Kadar Cr}^{6+} = \frac{\text{abs sampel}}{\text{abs standar}} \times \text{konsentrasi standar} \times \frac{P. \text{ sampel}}{P. \text{ standar}}$

$$= \frac{0,045}{0,519} \times 24,38 \times \frac{25}{100}$$

$$= 0,5285 \text{ mg/g}$$

$$\text{Kadar Cr}^{6+} \text{ dalam (mg) setiap } 100 \text{ g} = \frac{0,5285 \text{ mg}}{1000} \times 100 \text{ g}$$

$$= 0,0529 \text{ mg/100 g}$$

$$\text{Kadar Cr}^{6+} \text{ dalam (mg) setiap } 1 \text{ kg} = \frac{0,0529 \frac{\text{mg}}{100\text{g}}}{0,1}$$

$$= 0,53 \text{ mg/kg}$$

7. Sampel Lembaran (Direndam Asam sitrat 0,5 % Selama 1 Jam)

$$\begin{aligned} \text{a. Kadar Cr}^{6+} &= \frac{\text{abs sampel}}{\text{abs standar}} \times \text{konsentrasi standar} \times \frac{P. \text{ sampel}}{P. \text{ standar}} \\ &= \frac{0,036}{0,519} \times 24,38 \times \frac{25}{100} \\ &= 0,4228 \text{ mg/g} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kadar Cr}^{6+} \text{ dalam (mg) setiap 100 g} &= \frac{0,4228 \text{ mg}}{1000} \times 100 \text{ g} \\ &= 0,0423 \text{ mg/100 g} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kadar Cr}^{6+} \text{ dalam (mg) setiap 1 kg} &= \frac{0,0423 \frac{\text{mg}}{100\text{g}}}{0,1} \\ &= 0,42 \text{ mg/kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{b. Kadar Cr}^{6+} &= \frac{\text{abs sampel}}{\text{abs standar}} \times \text{konsentrasi standar} \times \frac{P. \text{ sampel}}{P. \text{ standar}} \\ &= \frac{0,036}{0,519} \times 24,38 \times \frac{25}{100} \\ &= 0,4228 \text{ mg/g} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kadar Cr}^{6+} \text{ dalam (mg) setiap 100 g} &= \frac{0,4228 \text{ mg}}{1000} \times 100 \text{ g} \\ &= 0,0423 \text{ mg/100 g} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kadar Cr}^{6+} \text{ dalam (mg) setiap 1 kg} &= \frac{0,0423 \frac{\text{mg}}{100\text{g}}}{0,1} \\ &= 0,42 \text{ mg/kg} \end{aligned}$$

8. Sampel Lembaran (Direndam Asam sitrat 1 % Selama 30 Menit)

a. $\text{Kadar Cr}^{6+} = \frac{\text{abs sampel}}{\text{abs standar}} \times \text{konsentrasi standar} \times \frac{P. \text{ sampel}}{P. \text{ standar}}$

$$= \frac{0,038}{0,519} \times 24,38 \times \frac{25}{100}$$

$$= 0,4463 \text{ mg/g}$$

$$\text{Kadar Cr}^{6+} \text{ dalam (mg) setiap 100 g} = \frac{0,4463 \text{ mg}}{1000} \times 100 \text{ g}$$

$$= 0,0446 \text{ mg/100 g}$$

$$\text{Kadar Cr}^{6+} \text{ dalam (mg) setiap 1 kg} = \frac{0,0446 \frac{\text{mg}}{100\text{g}}}{0,1}$$

$$= 0,45 \text{ mg/kg}$$

b. $\text{Kadar Cr}^{6+} = \frac{\text{abs sampel}}{\text{abs standar}} \times \text{konsentrasi standar} \times \frac{P. \text{ sampel}}{P. \text{ standar}}$

$$= \frac{0,039}{0,519} \times 24,38 \times \frac{25}{100}$$

$$= 0,4580 \text{ mg/g}$$

$$\text{Kadar Cr}^{6+} \text{ dalam (mg) setiap 100 g} = \frac{0,4580 \text{ mg}}{1000} \times 100 \text{ g}$$

$$= 0,0458 \text{ mg/100 g}$$

$$\text{Kadar Cr}^{6+} \text{ dalam (mg) setiap 1 kg} = \frac{0,0458 \frac{\text{mg}}{100\text{g}}}{0,1}$$

$$= 0,46 \text{ mg/kg}$$

9. Sampel Lembaran (Direndam Asam sitrat 1 % Selama 1 Jam)

a. $\text{Kadar Cr}^{6+} = \frac{\text{abs sampel}}{\text{abs standar}} \times \text{konsentrasi standar} \times \frac{P. \text{ sampel}}{P. \text{ standar}}$

$$= \frac{0,026}{0,519} \times 24,38 \times \frac{25}{100}$$

$$= 0,3053 \text{ mg/g}$$

$$\text{Kadar Cr}^{6+} \text{ dalam (mg) setiap 100 g} = \frac{0,3053 \text{ mg}}{1000} \times 100 \text{ g}$$

$$= 0,0305 \text{ mg/100 g}$$

$$\text{Kadar Cr}^{6+} \text{ dalam (mg) setiap 1 kg} = \frac{0,0305 \frac{\text{mg}}{100\text{g}}}{0,1}$$

$$= 0,31 \text{ mg/kg}$$

b. $\text{Kadar Cr}^{6+} = \frac{\text{abs sampel}}{\text{abs standar}} \times \text{konsentrasi standar} \times \frac{P. \text{ sampel}}{P. \text{ standar}}$

$$= \frac{0,024}{0,519} \times 24,38 \times \frac{25}{100}$$

$$= 0,2818 \text{ mg/g}$$

$$\text{Kadar Cr}^{6+} \text{ dalam (mg) setiap 100 g} = \frac{0,2818 \text{ mg}}{1000} \times 100 \text{ g}$$

$$= 0,0282 \text{ mg/100 g}$$

$$\text{Kadar Cr}^{6+} \text{ dalam (mg) setiap 1 kg} = \frac{0,0282 \frac{\text{mg}}{100\text{g}}}{0,1}$$

$$= 0,28 \text{ mg/kg}$$

Lampiran 8. Uji Statistika

Tabel 6. Uji *Kolmogorov Smirnov*

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test				
		perlakuan	konsentrasi	waktu
N		18	18	18
Normal Parameters ^{a,b}	Mean	2.3333	2.3333	2.3333
	Std. Deviation	.68599	.68599	.68599
Most Extreme Differences	Absolute	.279	.279	.279
	Positive	.242	.242	.242
	Negative	-.279	-.279	-.279
Kolmogorov-Smirnov Z		1.183	1.183	1.183
Asymp. Sig. (2-tailed)		.122	.122	.122

a. *Test distribution is Normal.*

b. *Calculated from data.*

Pada uji statistik uji *Kolmogorov-Smirnov* Tes dilakukan untuk mengetahui apakah data yang diperoleh terdistribusi normal atau tidak. Jika data terdistribusi normal maka uji statistik dapat dilanjutkan pada uji *Anova* 3 jalur.

Tabel 7. Deskriptif Statistik Anova 3 Jalan

Descriptive Statistics

Dependent Variable:kadar krom

perlakuan	Konsentrasi	waktu	Mean	Std. Deviation	N	
kontrol	Kontrol	kontrol	.61000	.014142	2	
		Total	.61000	.014142	2	
	Total	kontrol	.61000	.014142	2	
		Total	.61000	.014142	2	
dipotong	konsentrasi 0,5 %	30 menit	.47500	.007071	2	
		1 jam	.34000	.014142	2	
		Total	.40750	.078475	4	
	konsentrasi 1 %	30 menit	.39000	.014142	2	
		1 jam	.24000	.028284	2	
		Total	.31500	.088506	4	
	Total	30 menit	.43250	.049917	4	
		1 jam	.29000	.060553	4	
		Total	.36125	.091875	8	
	Lembaran	konsentrasi 0,5 %	30 menit	.53500	.007071	2
			1 jam	.42000	.000000	2
			Total	.47750	.066521	4
konsentrasi 1 %		30 menit	.45500	.007071	2	
		1 jam	.29500	.021213	2	
		Total	.37500	.093274	4	
Total		30 menit	.49500	.046547	4	
		1 jam	.35750	.073201	4	
		Total	.42625	.092880	8	
Total		kontrol	kontrol	.61000	.014142	2
			Total	.61000	.014142	2
		konsentrasi 0,5 %	30 menit	.50500	.035119	4
	1 jam		.38000	.046904	4	
	Total		.44250	.077044	8	
	konsentrasi 1 %	30 menit	.42250	.038622	4	
		1 jam	.26750	.037749	4	
		Total	.34500	.090079	8	
	Total	kontrol	kontrol	.61000	.014142	2
			30 menit	.46375	.055790	8
		1 jam	1 jam	.32375	.071900	8
			Total	.41778	.113685	18

Keterangan:

Total perlakuan sampel dipotong (0, 36125) < Total perlakuan sampel lembaran (0, 42625) artinya sampel yang direndaam asam sitrat dengan perlakuan sampel dipotong dapat lebih cepat menurunkan kadar logam berat Cr⁶⁺ dibandingkan perlakuan sampel lembaran.

Tabel 8. Uji Anova 3 Jalan

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable:kadar krom

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	.218 ^a	8	.027	122.463	.000
Intercept	3.006	1	3.006	13525.692	.000
perlakuan	.017	1	.017	76.050	.000
konsentrasi	.038	1	.038	171.113	.000
Waktu	.078	1	.078	352.800	.000
perlakuan * konsentrasi	1.000E-4	1	1.000E-4	.450	.519
perlakuan * waktu	2.500E-5	1	2.500E-5	.113	.745
konsentrasi * waktu	.001	1	.001	4.050	.075
perlakuan * konsentrasi * waktu	.000	1	.000	1.012	.341
Error	.002	9	.000		
Total	3.361	18			
Corrected Total	.220	17			

a. *R Squared = .991 (Adjusted R Squared = .983)*

Keterangan:

Hipotesis:

a. Jenis Perlakuan.

H_0 = Tidak ada perbedaan yang nyata kadar logam berat Cr^{6+} diantara perlakuan sampel dipotong dan perlakuan sampel lembaran.

H_1 = Ada perbedaan yang nyata kadar logam berat Cr^{6+} diantara perlakuan sampel dipotong dan perlakuan sampel lembaran.

b. Konsentrasi.

H_0 = Tidak ada perbedaan yang nyata kadar logam berat Cr^{6+} diantara masing-masing konsentrasi asam sitrat yang digunakan.

H_1 = Ada perbedaan yang nyata kadar logam berat Cr^{6+} diantara masing-masing konsentrasi larutan asam sitrat yang digunakan.

c. Waktu.

H_0 = Tidak ada perbedaan yang nyata kadar logam berat Cr^{6+} diantara masing-masing waktu perendaman.

H_1 = Ada perbedaan yang nyata kadar logam berat Cr^{6+} diantara masing-masing waktu perendaman.

d. Perlakuan dengan Konsentrasi.

H_0 = Tidak ada perbedaan yang nyata kadar logam berat Cr^{6+} diantara jenis perlakuan dengan konsentrasi.

H_1 = Ada perbedaan yang nyata kadar logam berat Cr^{6+} diantara jenis perlakuan dengan konsentrasi.

e. Perlakuan dengan Waktu.

H_0 = Tidak ada perbedaan yang nyata kadar logam berat Cr^{6+} diantara jenis perlakuan dengan waktu.

H_1 = Ada perbedaan yang nyata kadar logam berat Cr^{6+} diantara jenis perlakuan dengan waktu.

f. Konsentrasi dengan Waktu.

H_0 = Tidak ada perbedaan yang nyata kadar logam berat Cr^{6+} diantara konsentrasi dengan waktu.

H_1 = Ada perbedaan yang nyata kadar logam berat Cr^{6+} diantara masing-konsentrasi dengan waktu.

g. Perlakuan, Konsentrasi dengan Waktu.

H_0 = Tidak ada perbedaan yang nyata kadar logam berat Cr^{6+} diantara perlakuan, konsentrasi dengan waktu.

H_1 = Ada perbedaan yang nyata kadar logam berat Cr^{6+} diantara perlakuan, konsentrasi dengan waktu.

Kriteria Uji:

H_0 diterima bila nilai Sig > 0,05

H_1 diterima bila nilai Sig < 0,05

a. Jenis perlakuan	: 0,000 < 0,05	} H_0 Ditolak dan H_1 Diterima
b. Konsentrasi	: 0,000 < 0,05	
c. Waktu	: 0,000 < 0,05	
d. Perlakuan * Konsentrasi	: 0,519 > 0,05	} H_0 Diterima dan H_1 Ditolak
e. Perlakuan * Waktu	: 0,745 > 0,05	
f. Konsentrasi * Waktu	: 0,075 > 0,05	
g. Perlakuan * Waktu * Konsentrasi	: 0,341 > 0,05	

Kesimpulan:

a. Jenis Perlakuan :

Ada perbedaan yang nyata kadar logam berat Cr^{6+} diantara perlakuan sampel dipotong dan perlakuan sampel lembaran.

b. Konsentrasi :

Ada perbedaan yang nyata kadar logam berat Cr^{6+} diantara masing-masing konsentrasi larutan asam sitrat yang digunakan.

c. Waktu :

Ada perbedaan yang nyata kadar logam berat Cr^{6+} diantara masing-masing waktu perendaman yang digunakan.

d. Perlakuan dengan Konsentrasi :

Tidak ada perbedaan yang nyata kadar logam berat Cr^{6+} diantara jenis perlakuan dengan konsentrasi.

e. Perlakuan dengan Waktu :

Tidak ada perbedaan yang nyata kadar logam berat Cr^{6+} diantara jenis perlakuan dengan waktu.

f. Konsentrasi dengan Waktu :

Tidak ada perbedaan yang nyata kadar logam berat Cr^{6+} diantara konsentrasi dengan waktu.

g. Perlakuan, Konsentrasi dengan Waktu :

Tidak ada perbedaan yang nyata kadar logam berat Cr^{6+} diantara perlakuan, konsentrasi dengan waktu.

Tabel 9. Uji Lanjutan/ Post Hoc SNK

a. Perlakuan

kadar krom

Student-Newman-Keuls^{a,,b,,c}

perlakuan	N	Subset		
		1	2	3
dipotong	8	.36125		
Lembaran	8		.42625	
Kontrol	2			.61000
Sig.		1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed. Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = .000.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 4.000.

b. The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used. Type I error levels are not guaranteed.

c. Alpha = .05.

Keterangan:

Nilai pada perlakuan sampel dipotong paling kecil diantara kontrol dan perlakuan sampel lembaran artinya perlakuan sampel dipotong adalah yang paling bagus.

b. Konsentrasi

kadar krom

Student-Newman-Keuls^{a,,b,,c}

Konsentrasi	N	Subset		
		1	2	3
konsentrasi 1 %	8	.34500		
konsentrasi 0,5 %	8		.44250	
Kontrol	2			.61000
Sig.		1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed. Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = .000.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 4.000.

b. The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used. Type I error levels are not guaranteed.

c. Alpha = .05.

Keterangan:

Nilai pada konsentrasi 1% paling kecil diantara konsentrasi 5 % dan kontrol artinya konsentrasi 1% adalah yang paling bagus.

c. Waktu

kadar krom

Student-Newman-Keuls^{a,,b,,c}

Waktu	N	Subset		
		1	2	3
1 jam	8	.32375		
30 menit	8		.46375	
Kontrol	2			.61000
Sig.		1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed. Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = .000.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 4.000.

b. The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used. Type I error levels are not guaranteed.

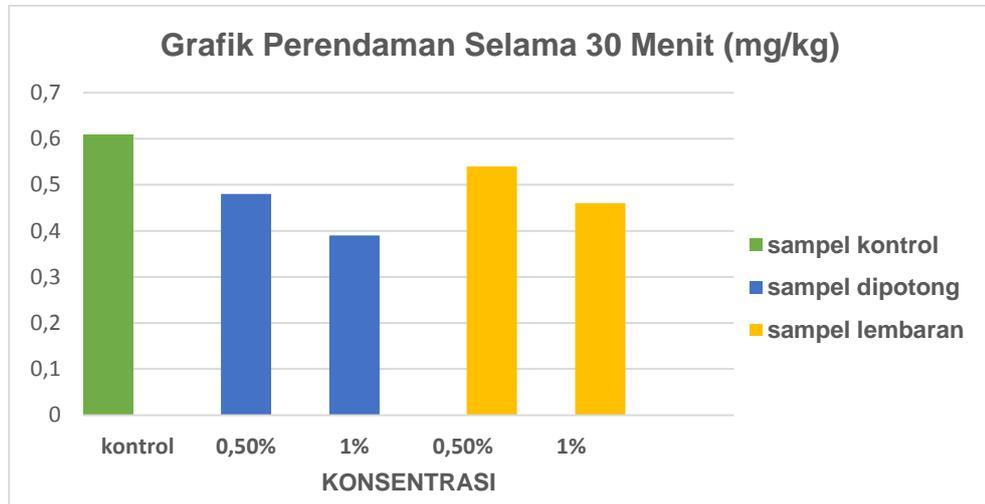
c. Alpha = .05.

Keterangan:

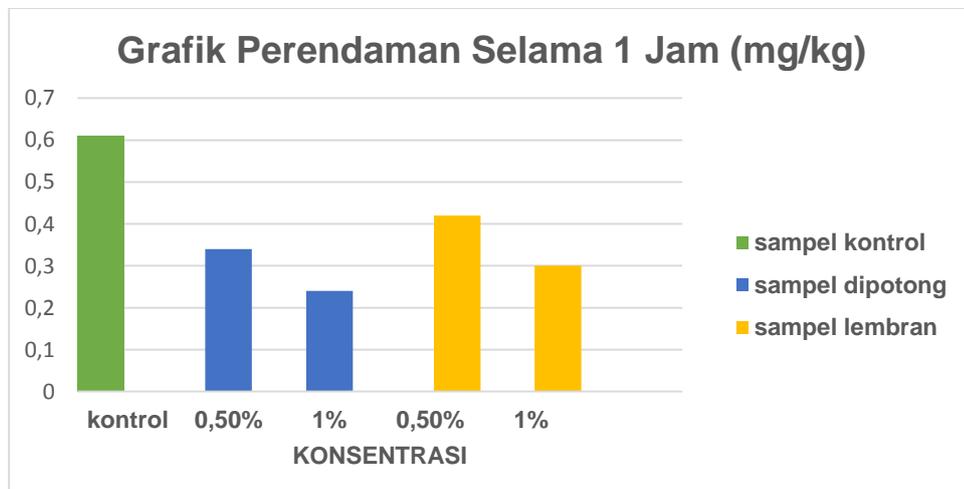
Nilai pada waktu 1 jam paling kecil diantara waktu 30 menit dan kontrol artinya waktu 1 jam adalah yang paling bagus.

Lampiran 9. Grafik Kadar Krom Heksavalen Pada Sayuran Kubis

A. Perendaman Selama 30 Menit



B. Perendaman Selama 1 Jam



Lampiran 10. Dokumentasi penelitian

a. Sampel yang digunakan untuk penelitian



Kubis Hijau

b. Bahan yang digunakan untuk menurunkan kadar logam Cr⁶⁺



Asam Sitrat

c. Perlakuan Sampel

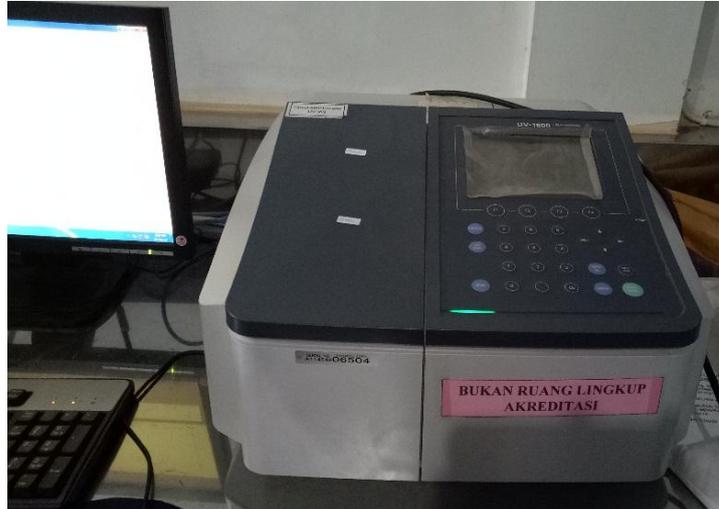


Perlakuan sampel lembaran yang direndam asam sitrat

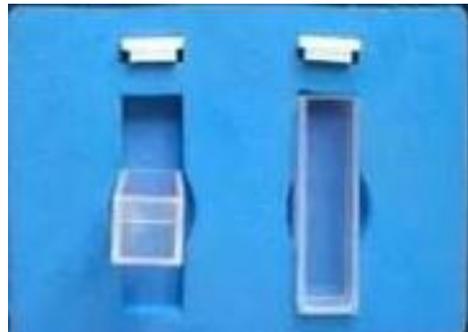


Perlakuan sampel dipotong yang direndam asam sitrat

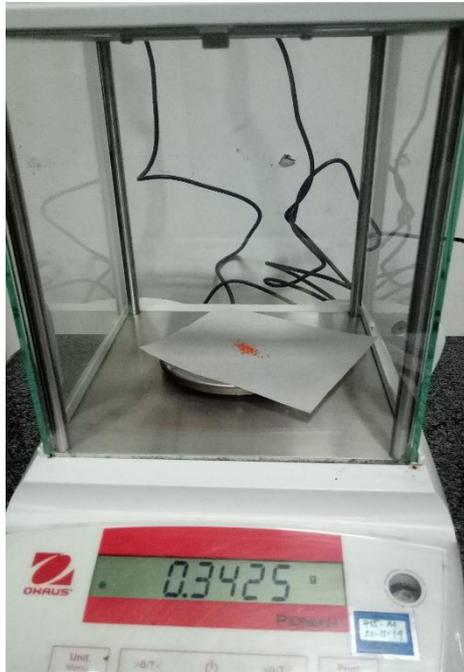
d. Alat yang digunakan dalam penelitian



Spektrofotometer Uv-Vis



Kuvet



Timbangan Analitik



Timbangan Digital

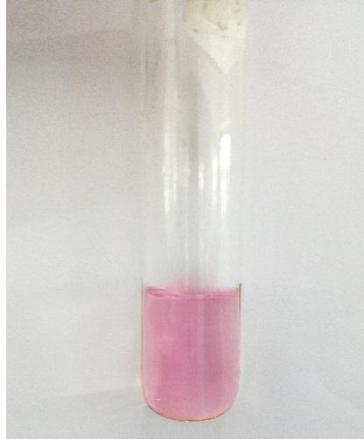


Sentrifuge



Blender

e. Uji Kualitatif



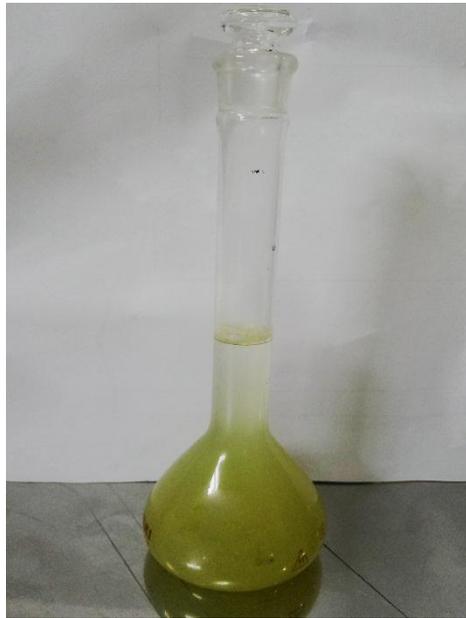
Hasil uji kualitatif sampel

f. Blanko dan Standar



Blanko & Standar

g. Sampel Setelah Dilakukan Preparasi



Sampel sebelum di sentrifuge



Sampel setelah di sentrifuge

h. Sampel setelah dilakukan penambahan pereaksi



Sampel + Pereaksi

Lampiran 11. Surat Pengajuan Penelitian



Nomor : 260 / H6 – 04 / 29.03.2017
Lamp. : - helai
Hal : Ijin Penelitian

Kepada :
Yth. Kepala
Balai Mutu Hasil Pertanian dan Perkebunan
Di Mojosongo Surakarta

Dengan Hormat,

Guna memenuhi persyaratan untuk keperluan penyusunan Karya Tulis Ilmiah (KTI) bagi Mahasiswa Semester Akhir Program Studi D-III Analis Kesehatan Fakultas Ilmu Kesehatan Universitas Setia Budi, yang pelaksanaannya di Balai Mutu Hasil Pertanian dan Perkebunan Surakarta, terkait bidang yang ditekuni dalam melaksanakan kegiatan tersebut bersamaan dengan ini kami menyampaikan ijin bahwa :

NAMA : WAHYU HARIYANI
NIM : 32142740 J
JUDUL KTI : Upaya Penurunan Logam Berat Krom Heksavalen Pada Sayuran Kubis Dengan Menggunakan Asam Sitrat

Untuk ijin Penelitian tentang upaya penurunan logam berat *krom heksavalen* pada sayuran kubis dengan menggunakan asam sitrat di Instansi Bapak / Ibu.

Demikian atas bantuan dan kerjasamanya kami ucapkan terima kasih.

Surakarta, 29 Maret 2017

Dekan,



Prof. dr. Marsetyawan HNE Soesatyo, M.Sc., Ph.D.