

## PENERAPAN *GREEN CHEMISTRY* PADA PRAKTIKUM KIMIA PANGAN (MATERI ANALISIS PEMANIS BUATAN DALAM MINUMAN RINGAN)

**A. Wijayanto**

Laboratorium Kimia Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta  
Jl. Marsda Adisucipto Yogyakarta 55281 Telp. +62-274-519739  
Email: a.wijayanto@uin-suka.ac.id

### *Abstract*

*Green chemistry is the application of the principle of the removal and reduction of hazardous compounds in the design, manufacture and application of chemical products. Artificial sweeteners such as cyclamate has a sweetness and an economical price than natural sweeteners, that the use of it is great demand in various segments of society, including industry. The purpose of this study was to do the parameters of validation test of analytical method of cyclamate in soft drinks by High Performance Liquid Chromatography. Parameters of selectivity, precision, accuracy, limit of detection and limit of quantification will be reported to confirm this method deserves to be applied as a standard testing methods according to the rules of ISO/IEC 17025:2008. The results show the analysis of cyclamate in energy drinks can be determined using High Performance Liquid Chromatography UV detector as a standard method. Test method parameters obtained by the selectivity at a retention time of 5 minutes, the linearity of the calibration curve is shown with standard cyclamate at a concentration of 9.83 mg/L – 1016.44 mg/L with a correlation coefficient ( $R^2$ ) of 0.999, limit of detection of 28.24 mg/L and the limit of quantification of 176 m/L, precision of 1.023% and % of recovery as accuracy value of 95.27% – 102.76%.*

*Keywords: green chemistry, cyclamate, high performance liquid chromatography*

## PENDAHULUAN

Laboratorium di perguruan tinggi mempunyai peran penting sebagai fasilitas penunjang kegiatan pendidikan dan penelitian bagi dosen dan mahasiswa (Rohaeti dkk., 2010). Kegiatan penunjang pendidikan dalam pembelajaran sains khususnya ilmu kimia yaitu kegiatan praktikum di laboratorium. Praktikum dalam pembelajaran kimia adalah melakukan serangkaian percobaan di laboratorium menggunakan alat dan bahan-bahan kimia. Tujuan dilakukan praktikum adalah untuk membuktikan kebenaran teori atau konsep-konsep yang telah dipelajari dalam perkuliahan sehingga teori atau konsep-konsep tersebut menjadi lebih bermakna secara kognitif. Sejauh ini materi yang dipraktikkan dalam kegiatan praktikum selalu diupayakan sejalan dan sesuai dengan materi perkuliahan di kelas. Akan tetapi materi yang dipraktikkan tersebut belum mempertimbangkan aspek meminimalkan penggunaan bahan kimia yang beracun dan berbahaya.

*Green chemistry* adalah penerapan prinsip penghilangan dan pengurangan senyawa berbahaya dalam desain, pembuatan dan aplikasi dari produk kimia. Aspek *green chemistry* adalah meminimalkan zat berbahaya, penggunaan katalis reaksi dan proses kimia, penggunaan reagen yang tidak beracun, penggunaan sumber daya yang dapat diperbaharui, peningkatan efisiensi atom, penggunaan pelarut yang ramah lingkungan dan dapat didaur ulang. *Green chemistry* bertujuan mengembangkan proses kimia dan produk kimia yang ramah lingkungan dan sesuai dengan pembangunan berkelanjutan (Muryanto, 2006). Penelitian ini mencoba menemukan alternatif bahan kimia yang bersifat *green chemistry* sehingga menjadi lebih aman dan ramah terhadap lingkungan sebagai bahan percobaan praktikum kimia pangan.

Penggunaan bahan sintetik semakin diminati di berbagai lapisan masyarakat, termasuk kalangan industri. Tingkat kemanisan serta harga yang ekonomis menjadi penyebab berbagai

kalangan lebih tertarik menggunakan pemanis sintetik dibandingkan pemanis alami yang cenderung lebih mahal (Novelina dkk., 2009). Penggunaan pemanis buatan semula hanya ditujukan pada produk-produk khusus bagi penderita diabetes, saat ini penggunaannya semakin meluas pada berbagai produk pangan secara umum. Beberapa pemanis buatan bahkan tersedia untuk dapat langsung digunakan atau ditambahkan langsung oleh konsumen ke dalam makanan atau minuman sebagai pengganti gula. Seperti siklamat yang merupakan pemanis buatan non-kalori dengan tingkat kemanisan 30 kali dari gula (Yuliarti, 2007).

Penggunaan siklamat untuk dikonsumsi di Indonesia telah diatur oleh Badan POM dalam Peraturan Teknis Penggunaan Bahan Tambahan Pangan Pemanis Buatan dalam Produk Pangan (BPOM, 2004). Aturan ini membahas batas penggunaan maksimum siklamat untuk tiap kategori pangan dengan mendasarkan perhitungan *Acceptable Daily Intake* (ADI) atau kebutuhan per orang per hari, yaitu jumlah yang dapat dikonsumsi tanpa menimbulkan resiko. SNI 01-6993-2004 mengatur tentang Persyaratan Penggunaan Pemanis Buatan dalam Produk Pangan, misalnya kandungan siklamat untuk minuman non-karbonasi termasuk minuman ringan dengan batas penggunaan maksimum 1000 mg/kg. *Joint Expert Committee on Food Additives* (JECFA) menyatakan siklamat merupakan bahan tambahan pangan yang aman untuk dikonsumsi manusia dengan ADI sebanyak 11,0 mg/kg berat badan.

Minuman ringan adalah minuman yang mengandung satu atau lebih bahan yang mudah dan cepat diserap oleh tubuh untuk menghasilkan energi dengan atau tanpa bahan tambahan makanan yang diizinkan (BSN, 2002). Minuman ringan banyak beredar di pasaran dengan berbagai merk dan tak jarang tanpa label yang menyatakan kandungan pemanis buatan siklamat yang digunakan. Bahkan produsen minuman ringan merahasiakan nama pemanis buatan siklamat dengan menggantikannya pada kemasan dengan nama kimia yang masyarakat awam kurang mengetahuinya, seperti *sodium cyclohexylsulfamate*.

Analisis siklamat dalam bahan pangan pada mulanya dilakukan dengan metode gravimetri/pengendapan yang mengacu pada standar AOAC 957.09. Perkembangan selanjutnya analisis siklamat dilakukan dengan metode kromatografi lapis tipis yang mengacu pada standar AOAC 969.27. Metode analisis siklamat dengan gravimetri dan kromatografi lapis tipis sejalan dengan SNI 01-2893-1992 tentang cara uji pemanis buatan yang berlaku di Indonesia. Kedua metode tersebut masih mengacu kepada metode konvensional pengujian siklamat secara kualitatif, sedangkan analisis siklamat secara kuantitatif mengacu pada AOAC 969.28 dilakukan dengan metode kolorimetri.

Analisis siklamat saat ini masih banyak dilakukan menggunakan metode konvensional seperti gravimetri, kromatografi lapis tipis dan kolorimetri. Metode ini memerlukan waktu yang cukup lama dan pengerjaan yang rumit. Sementara metode instrumentasi kimia dengan Kromatografi Cair Kinerja Tinggi lebih praktis, mudah, waktu pengerjaan lebih singkat dengan ketelitian yang tinggi.

Metode analisis siklamat secara Kromatografi Cair Kinerja Tinggi telah dibakukan dalam *British Standard* versi EN 1379:1996. Untuk menjamin keabsahan hasil analisis siklamat maka metode tersebut harus divalidasi terlebih dahulu dengan mematuhi kaidah butir 5.4.5.1 dalam SNI ISO/IEC 17025:2008 yang menyatakan validasi merupakan konfirmasi bahwa metode dapat memenuhi persyaratan tujuan penggunaannya melalui pengujian metode dan mengumpulkan bukti-bukti yang objektif.

Suatu metode analisis harus divalidasi untuk melakukan verifikasi bahwa parameter-parameter kinerjanya cukup mampu untuk mengatasi problem analisis, ketika metode baku digunakan di laboratorium yang berbeda, dikerjakan oleh analis yang berbeda, atau dikerjakan dengan alat yang berbeda (Gandjar & Rohman, 2009). Parameter analisis yang harus dipertimbangkan dalam validasi metode analisis adalah selektivitas, linearitas, limit deteksi, limit kuantitasi, akurasi dan presisi (Harmita, 2004).

Pada penelitian ini, validasi metode analisis siklamat dalam minuman ringan dengan Kromatografi Cair Kinerja Tinggi penting untuk dilakukan. Parameter selektivitas, presisi, akurasi, limit deteksi dan limit kuantitasi akan dilaporkan untuk mengkonfirmasi metode ini

layak untuk diaplikasikan sebagai metode pengujian standar sesuai kaidah SNI ISO/IEC 17025:2008.

## BAHAN DAN METODE

### Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian adalah standar natrium siklamat (E Merck), metanol derajat kromatografi cair, kalium dihidrogen fosfat (E Merck) dan akuabides.

### Alat

Peralatan yang digunakan meliputi alat gelas, neraca analitik, penyaring vakum, Kromatografi Cair Kinerja Tinggi (Waters 1525) dan kolom C<sub>18</sub> (Symmetry).

### Prosedur

#### 1. Preparasi fase gerak

Dibuat campuran fase gerak dari metanol dan kalium dihidrogen fosfat 0,0125 mg/L dengan perbandingan 3:7.

#### 2. Preparasi standar

Larutan standar dibuat dengan menimbang sebanyak 100 mg standar natrium siklamat, dimasukkan ke dalam labu ukur 100 ml dan dilarutkan dengan fase gerak sampai tanda batas, kemudian dihomogenkan (larutan mengandung 1000 ppm siklamat). Dibuat deret larutan standar yang memiliki konsentrasi 10, 25, 50, 100, 200, 300, 400, 500, 600, 700, 800, 900 dan 1000 ppm.

#### 3. Preparasi sampel

Dipipet 0,5 ml sampel pada labu ukur 10 mL kemudian tambahkan larutan fase gerak hingga tanda batas, dihomogenkan dan disaring. Filtrat yang dihasilkan kemudian dimasukkan ke dalam tabung reaksi dan larutan sampel siap untuk diinjeksikan.

#### 4. Parameter validasi

Uji selektivitas dilakukan dengan membandingkan kromatogram standar yang dihasilkan dengan blanko. Uji linieritas diperoleh dari data pengukuran larutan deret standar yang telah dibuat sehingga diperoleh kurva kalibrasi dan persamaan regresinya. Pengukuran limit deteksi dan limit kuantitasi dilakukan dengan mengolah data yang diperoleh dari hasil pengukuran linieritas standar. Uji presisi dilakukan dengan cara pengulangan 7 kali larutan standar yang dibuat sesuai prosedur yang diinjeksikan pada hari yang sama sehingga diperoleh data yang akan dinyatakan nilai presisinya sebagai simpangan baku relatif. Uji akurasi dilakukan dengan membuat larutan sampel sesuai prosedur diulangi sebanyak 7 kali dan nilai akurasi dinyatakan sebagai % *recovery*.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Metode analisis siklamat dalam minuman ringan dengan Kromatografi Cair Kinerja Tinggi diadopsi dari *British Standard* versi EN 1379:1996. Untuk menjamin keabsahan hasil analisis siklamat maka metode adopsi ini harus divalidasi terlebih dahulu dengan mematuhi kaidah butir 5.4.5.1 dalam SNI ISO/IEC 17025:2008.

Metode uji yang diadopsi berprinsipkan pada serapan molekuler siklamat terhadap cahaya UV pada daerah panjang gelombang 200 nm, pemisahan analitik melalui kolom C<sub>18</sub> menggunakan fasa gerak metanol dan buffer fosfat KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> 0,0125 mg/L dengan perbandingan 3:7 dan laju alir 1 ml/menit. Alat yang digunakan adalah Kromatografi Cair Kinerja Tinggi dengan detektor UV.

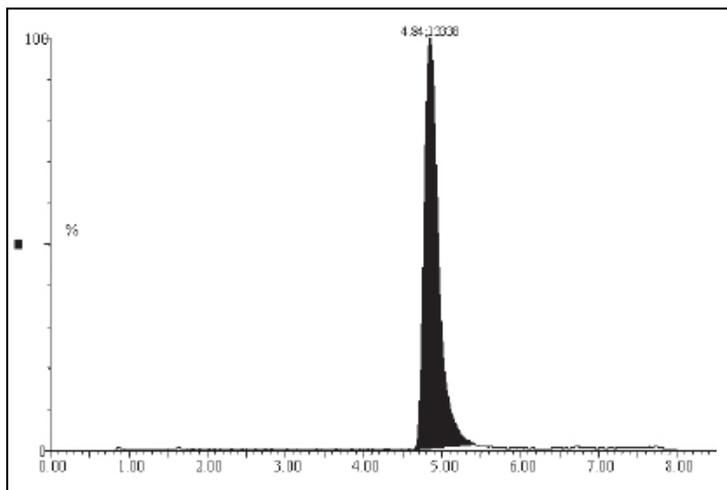
Kehandalan suatu metode yang digunakan dapat ditentukan dari beberapa parameter. Pada penelitian ini parameter-parameter yang meliputi, selektivitas, linieritas, limit deteksi,

limit kuantitasi, presisi dan akurasi diuji kehandalannya untuk mengetahui unjuk kerja alat Kromatografi Cair Kinerja Tinggi.

**1. Selektivitas**

Uji selektivitas dilakukan dengan membandingkan hasil kromatogram standar siklamat dengan blanko. Kromatogram yang diperoleh menunjukkan munculnya puncak pada waktu retensi 5 menit untuk standar siklamat yang ditunjukkan pada Gambar 1, sedangkan blanko tidak menghasilkan puncak dalam kromatogramnya.

Puncak yang muncul pada waktu retensi 5 menit dapat disimpulkan merupakan senyawa siklamat dan metode ini mempunyai selektivitas yang baik untuk analisis siklamat dalam minuman ringan.



**Gambar 1. Kromatogram standar siklamat**

**2. Linearitas**

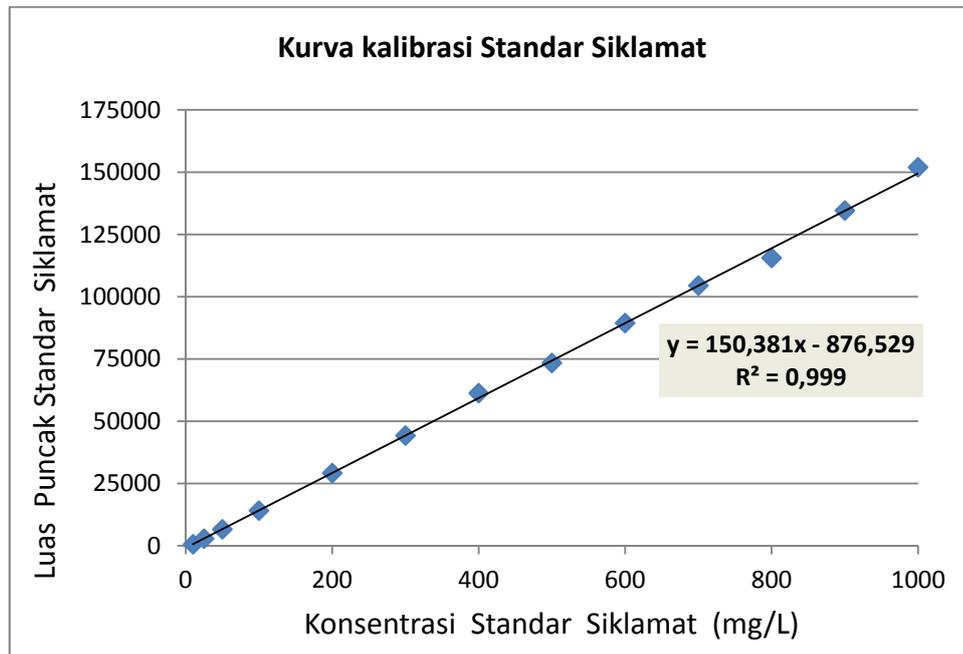
Linearitas diperoleh dari data pengukuran larutan deret standar siklamat dari konsentrasi 10 mg/L – 1000 mg/L seperti pada Tabel 1.

**Tabel 1. Luas puncak standar siklamat**

Standar Siklamat (mg/L)	Luas Puncak
10	602
25	2840
50	6626
100	14134
200	29214
300	44273
400	61312
500	73391
600	89450
700	104489
800	115568
900	134607
1000	151976

Kurva kalibrasi standar siklamat dibuat berdasarkan Tabel 1 dengan sumbu x sebagai konsentrasi standar siklamat dan sumbu y sebagai luas puncak dalam kromatogram. Kurva

kalibrasi ini digunakan untuk menentukan persamaan regresi seperti ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Kurva kalibrasi standar siklamat

Berdasarkan kurva kalibrasi standar siklamat pada konsentrasi 9,83 mg/L – 1016,44 mg/L diperoleh persamaan regresi linear yaitu  $y = 150,381x - 876,529$  dan nilai koefisien korelasi ( $R^2$ ) sebesar 0,999. Nilai koefisien korelasi yang diperoleh menunjukkan hasil yang baik karena mendekati nilai 1. Hal ini menginformasikan bahwa terdapat hubungan yang proporsional antara respon analitik (luas puncak) dengan konsentrasi siklamat yang diukur dan dapat disimpulkan bahwa metode ini mempunyai linearitas yang baik untuk analisis siklamat dalam minuman ringan.

### 3. Limit Deteksi dan Limit Kuantitasi

Limit deteksi adalah jumlah terkecil siklamat dalam sampel yang dapat dideteksi yang masih memberikan respon signifikan dibandingkan dengan blanko. Adapun limit kuantitasi sebagai kuantitas terkecil siklamat dalam sampel yang masih dapat memenuhi kriteria akurasi dan presisi (Harmita, 2004).

Perhitungan limit deteksi dan limit kuantitasi diperoleh melalui persamaan garis regresi linear dari kurva kalibrasi standar siklamat untuk memperoleh nilai  $S(y/x)$  yang ditunjukkan dalam Tabel 2.

Berdasarkan nilai  $S(y/x)$  pada Tabel 2 dan persamaan garis regresi linear  $y = 150,381x - 876,529$  diperoleh limit deteksi analisis siklamat sebesar 28,24 mg/L dan limit kuantitasi sebesar 94,15 mg/L.

Tabel 2. Hasil uji limit deteksi dan limit kuantitasi

Standar Siklamat (mg/L)	Luas Puncak (eksperimen) y	Luas Puncak (teoritis) y <sub>i</sub>	(y - y <sub>i</sub> ) <sup>2</sup>
10	602	624	496,44
25	2840	2880	1599,68
50	6626	6640	182,82
100	14134	14159	603,73

200	29214	29197	300,29
300	44273	44235	1461,46
400	61312	59273	4158047,08
500	73391	74311	846346,64
600	89450	89349	10186,66
700	104489	104387	10369,15
800	115568	119425	14878539,57
900	134607	134463	20629,29
1000	151976	149501	6123293,77
$\Sigma (y - y_i)^2$			26052056,58
$S(y/x)^2 = \Sigma (y - y_i)^2 / n - 2$			2004002,35
$S(y/x)$			1415,63
LOD (limit deteksi) = 3 S(y/x)/slope			28,24 mg/L
LOQ (limit kuantitasi) = 10 S(y/x)/slope			94,15 mg/L

**4. Presisi**

Uji presisi dilakukan untuk melihat kedekatan antara hasil uji yang dilakukan secara berulang pada sampel. Pengujian dilakukan dengan metode *repeatability* (pengulangan) sehingga diperoleh ketepatan sistem dalam memberikan respon terhadap siklamat yang dideteksi (Harmita, 2004).

Syarat keberterimaan uji presisi digunakan persamaan Horwitz ( $CV_{Horwitz}$ ). Presisi suatu metode memenuhi syarat jika nilai RSD (%) lebih kecil dari  $2/3 CV_{Horwitz}$ .

**Tabel 3. Hasil uji presisi**

Pengulangan	Hasil (mg/L)
1	1012,87
2	1000,75
3	995,75
4	1011,12
5	985,56
6	1013,65
7	1003,73
Mean	1003,347
SD	10,314
RSD (%)	1,023
$CV_{Horwitz}$	3,499
$2/3 CV_{Horwitz}$	2,333

Berdasarkan data pada Tabel 3 bahwa hasil nilai RSD yang diperoleh untuk uji presisi sebesar 1,023%. Nilai tersebut memenuhi persyaratan  $\leq 2/3 CV_{Horwitz}$  sebesar 2,333%. Hal ini menginformasikan bahwa sistem operasional alat dan analisis memiliki nilai presisi yang baik terhadap metode sehingga hasil pengukuran memiliki nilai presisi yang memenuhi persyaratan.

**5. Akurasi**

Uji akurasi dilakukan untuk melihat kedekatan antara hasil analisis dengan kadar siklamat yang sebenarnya. Nilai akurasi dinyatakan sebagai persen perolehan kembali (% *recovery*) siklamat yang ditambahkan (Harmita, 2004).

Nilai *recovery* yang mendekati 100% menunjukkan bahwa metode tersebut memiliki ketepatan yang baik dalam menunjukkan tingkat kesesuaian dari rata-rata suatu pengukuran yang sebanding dengan nilai sebenarnya (*true value*). Hasil uji akurasi dapat dilihat pada Tabel 4.

**Tabel 4. Hasil uji akurasi**

Pengulangan	Konsentrasi siklamat (eksperimen) mg/L	Konsentrasi siklamat (teoritis) mg/L	% recovery
1	195,65	200	97,83
2	190,54	200	95,27
3	205,51	200	102,76
4	204,87	200	102,44
5	196,23	200	98,12
6	202,52	200	101,26
7	193,74	200	96,87
Mean			99,22

Berdasarkan Tabel 4 bahwa % *recovery* sebagai nilai akurasi berada pada rentang 95,27% – 102,76% dengan rata-rata 99,22%. Sesuai kadar analit pada matriks sampel, untuk kadar analit 100 ppm rentang % *recovery* yang diijinkan pada 90% – 107%, sehingga akurasi metode siklamat memenuhi syarat.

## 6. Limit Deteksi Metode

Limit deteksi metode (LDM) adalah konsentrasi terendah yang terbaca dari pengukuran suatu sampel dengan mengaplikasikan secara lengkap metode pengukuran sampel tersebut, sehingga nilai yang diperoleh memenuhi kriteria akurat dan presisi (Harmita, 2004). Nilai limit deteksi metode diperoleh dari hasil percobaan dengan melakukan secara langsung konsentrasi siklamat terendah yang diperkirakan sebagai limit kuantitasi. Hasil pengujian diperoleh konsentrasi terendah siklamat yang terdeteksi oleh alat sebesar 176 mg/L.

**Tabel 5. Hasil uji limit deteksi metode**

Pengulangan	Konsentrasi siklamat (eksperimen) mg/L	Konsentrasi siklamat (teoritis) mg/L	% recovery
1	174,74	180	97,08
2	177,54	180	98,63
3	175,73	180	97,63
4	176,59	180	98,11
5	177,96	180	98,87
6	174,82	180	97,12
7	174,41	180	96,89
Mean	175,97	180	97,76
SD	1,317		
RSD (%)	0,748		
CV <sub>Horwitz</sub> (%)	3,877		
2/3 CV <sub>Horwitz</sub> (%)	2,585		

Nilai konsentrasi eksperimen menyatakan nilai terendah yang dapat terkuantifikasi serta memenuhi kriteria akurat dan presisi oleh metode yang digunakan, dengan nilai RSD sebagai indikator kualitas presisi sebesar 0,748% dan nilai % recovery sebagai indikator kualitas akurasi berkisar antara 96,89 – 98,87% ditunjukkan pada Tabel 5.

## KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan penelitian ini dapat disimpulkan bahwa analisis siklamat dalam minuman ringan dapat ditentukan dengan menggunakan Kromatografi Cair Kinerja Tinggi detektor UV sebagai metode standar. Parameter metode uji yang diperoleh yaitu selektivitas pada waktu retensi 5 menit, linearitas ditunjukkan dengan kurva kalibrasi standar siklamat pada konsentrasi 9,83 mg/L – 1016,44 mg/L dengan nilai koefisien korelasi ( $R^2$ ) sebesar 0,999. Limit deteksi 28,24 mg/L dan limit kuantitasi 176 mg/L. Presisi sebesar 1,023% dan % recovery sebagai nilai akurasi sebesar 95,27% – 102,76%.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Pada kesempatan ini kami mengucapkan terima kasih kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat (LPPM) UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta yang telah mendanai penelitian ini melalui Hibah Penelitian Kompetitif Dana BOPTN Tahun 2016.

## DAFTAR PUSTAKA

- AOAC 957.09, 2000, *Cyclohexylsulphamate (Cyclamate) Salts in Nonalcoholic Beverages*, 12<sup>th</sup> ed, Association of Official Analytical Chemist, Washington D.C.
- AOAC 969.27, 2000, *Non-nutritive Sweeteners in Nonalcoholic Beverages Qualitative Thin-layer Chromatographic Method*, 12<sup>th</sup> ed, Association of Official Analytical Chemist, Washington D.C.
- AOAC 969.28, 2000, *Sodium Cyclamate and Calcium Cyclamate in Canned Fruit - Colorimetric Method*, 12<sup>th</sup> ed, Association of Official Analytical Chemist, Washington D.C.
- Badan POM, 2004, *Peraturan Teknis Penggunaan Bahan Tambahan Pangan Pemanis Buatan dalam Produk Pangan*, Direktorat Standarisasi Produk Pangan, Deputi Bidang Pengawasan Keamanan Pangan dan Bahan Berbahaya.
- Boyle, M. dan Castillo, D.V., 2006, Monster on the Loose, *Fortune*, Vol. 154, Hal.116-122.
- British Standard International EN.1379, 1996, *Foodstuffs - Determination of Cyclamate and Saccharin in Liquid Table Top Sweetener Preparations - Method by High Performance Liquid Chromatography*, European Comitte for Standardization.
- BSN, 1992, SNI 01-2893-1992: *Cara Uji Pemanis Buatan*, Jakarta.
- BSN, 2002, SNI 01-6684-2002: *Minuman Energi*, Jakarta.
- BSN, 2004, SNI 01-6993-2004: *Bahan Tambahan Pangan Pemanis Buatan – Persyaratan Penggunaan dalam Produk Pangan*, Jakarta.
- BSN, 2008, SNI ISO/IEC 17025:2008, *Persyaratan Umum Kompetensi Laboratorium Pengujian dan Laboratorium Kalibrasi*, Jakarta.
- Gandjar, Gholib., dan Rohman, 2009, *Kimia Farmasi Analisis*, Pustaka Pelajar, Yogyakarta.
- Harmita, 2004, Petunjuk Pelaksanaan Validasi Metode dan Cara Perhitungannya, *Majalah Ilmu Kefarmasian FMIPA UI*, Vol. I No. 3, Jakarta.

- Muryanto, St., dan Hadi, S. D., 2006, Mengintegrasikan *Green Chemistry* ke Dalam Program Studi S1 Bidang Sains dan Teknik, *Proceeding*, Universitas Negeri Semarang, Semarang
- Novelina, Sutanto, Fatimah, 2009, Validasi Metode Analisis Penetapan Kadar Senyawa Siklamat Dalam Minuman Ringan, *Prosiding PPI Standardisasi*, Jakarta.
- Rohaeti, dkk., 2010, *Pengolahan Limbah Cair dari Kegiatan Praktikum Analisis Spot Test dengan Koagulasi Menggunakan Polialuminium Klorida*, Departemen Kimia FMIPA IPB.
- Yuliarti, 2007, *Awas! Bahaya Di Balik Lezatnya Makanan*, Andi Offset, Yogyakarta

