

Analisis Kadar Senyawa Fenol, 2-Metilfenol dan Asetofenon dalam Limbah Industri Farmasi Secara Gas Chromatography Mass Spectrometry (GC-MS)

Endang Sri Lestari, Jenny Anna Margaretha Tambunan, Choirun Nisa, Priharti Ningsih

¹⁾ Program Studi Pengolahan Limbah Industri, Politeknik AKA Bogor
Jl. Pangeran Sogiri No.283, Tanah Baru, Bogor Utara, Kota Bogor, Jawa Barat 16154

^{*}Email: jennyevry@gmail.com

(Received : 8 November 2021; Accepted: 23 Desember 2021; Published: 23 Desember 2021)

Abstrak

Limbah industri farmasi mengandung limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (B3) yang harus dikelola sebelum dibuang ke badan air. Salah satunya adalah senyawa yang tergolong dalam *Semivolatile Organic Compounds* (SVOC) yaitu senyawa fenol, 2-metilfenol dan asetofenon. Senyawa ini digunakan dalam bahan baku campuran pada industri farmasi. Penelitian ini dilakukan untuk menganalisis kadar senyawa fenol, 2-metilfenol dan asetofenon dalam sampel air limbah. Sampel air limbah diekstrak menggunakan *Dichloromethane* (DCM) dalam suasana asam, netral atau basa agar analit terekstrak sempurna. Larutan ekstrak dipekatkan lalu ditambahkan pereaksi tertentu selanjutnya dianalisis. Preparasi sampel dilakukan mengacu pada metode standar USEPA 3510C (*Separatory Funnel Liquid-Liquid Etraction*) dan USEPA 8270E (*Semivolatile Organic Compounds by Gas Chromatography/Mass Spectrometry*). Hasil analisis fenol dibandingkan dengan baku mutu PermenLH no.5 tahun 2014 sementara hasil analisis 2-metilfenol dan acetofenon dibandingkan dengan Lembar Data Keselamatan Bahan yang mengacu pada Peraturan Uni Eropa 1907 tahun 2006. Berdasarkan analisis yang dilakukan, dihasilkan kadar senyawa fenol sebesar 0,0053 mg/L, kadar senyawa 2-metilfenol sebesar 0,1692 mg/L dan kadar senyawa asetofenon sebesar 0,8952 mg/L. Masing-masing senyawa telah memenuhi baku mutu standar yang telah ditentukan.

Kata Kunci: Limbah Industri Farmasi; Fenol; 2-Methylphenol; Acetophenone; GC-MS

Abstract

Pharmaceutical industry waste contains hazardous and toxic waste materials (B3) that must be managed before being discharged into a body of water. One of them is a compound belonging to Semivolatile Organic Compounds (SVOC) namely phenol compounds, 2-methylphenol and acetophenone. This compound is used in mixed raw materials in the pharmaceutical industry. The study was conducted to analyze the levels of phenol, 2-methylphenol and acetophenone compounds in wastewater samples. Wastewater samples are extracted using Dichloromethane (DCM) in an acidic, neutral or alkaline atmosphere in order for the analyte to be perfectly extracted. The extract solution is concentrated and then added certain reagents and then analyzed. Sample preparation refers to the standard methods USEPA 3510C (Separatory Funnel Liquid-Liquid Etraction) and USEPA 8270E (Semivolatile Organic Compounds by Gas Chromatography/Mass Spectrometry). The results of the phenol analysis were compared to PermenLH quality standard no.5 of 2014 while the results of the analysis of 2-methylphenol and acetofenon were compared to the Material Safety Data Sheet referring to the 1907 European Union Regulation of 2006. Based on the analysis conducted, the levels of phenol compounds amounted to 0.0053 mg / L, the levels of 2-methylphenol compounds amounted to 0.1692 mg / L and the levels of aceophenone compounds amounted to 0.8952 mg / L. Each compound has met the standard quality standards that have been determined.

Keywords: Pharmaceutical Waste water; Fenol; 2-Methylphenol; Acetophenone; GC-MS

PENDAHULUAN

Limbah merupakan salah satu hasil samping yang dapat menimbulkan masalah jika kuantitasnya banyak sehingga dapat mencemari lingkungan. Limbah dihasilkan dari berbagai aktivitas manusia seperti aktivitas rumah tangga, perkantoran, pertokoan, fasilitas umum, industri maupun dari tempat-tempat lain (Supriyanto, 2000). Limbah industri farmasi menghasilkan limbah cair yang termasuk limbah B3, karena merupakan limbah yang sangat kompleks dan didalamnya terdapat polutan organik, sehingga kadar COD, BOD, TSS, dan TDS tinggi (Li dan Li, 2015). Selain itu industri farmasi juga menghasilkan air limbah yang mengandung senyawa fenol, 2-metilfenol dan asetofenon yang tergolong dalam *Semivolatile Organic Compounds* (SVOC). Senyawa-senyawa ini sering kali digunakan dalam bahan baku campuran pada industri farmasi.

Berdasarkan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 101 Tahun 2014 tentang Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun. Ketiga senyawa tersebut tergolong dalam limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (B3) dari sumber tidak spesifik. Hal ini membuat pengawasan serta pemantauan kualitas air limbah industri farmasi perlu dilakukan oleh pemerintah sebelum air limbah dapat dilepaskan ke badan air.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kadar senyawa fenol, 2-metilfenol serta asetofenon dalam air limbah. Metode yang digunakan dengan mengacu pada metode standar USEPA 3510C (*Separatory Funnel Liquid-Liquid Extraction*) dan USEPA 8270E (*Semivolatile Organic Compounds by Gas Chromatography Mass Spectrometry (GC-MS)*). Hasil Analisis kadar fenol, 2-metilfenol, dan asetofenon yang diperoleh dibandingkan dengan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 5 tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah bagi usaha dan/atau kegiatan industri farmasi serta Lembar Data Keselamatan Bahan Merck yang mengacu pada Peraturan Uni Eropa No. 1907 tahun 2006.

BAHAN DAN METODE

Bahan yang digunakan adalah sampel air limbah, dan bahan-bahan kimia lainnya untuk kebutuhan analisis. Larutan *Dicloromethane* (DCM) *high grade for liquid chromatography, standar internal mix SVOC 4000 µg/mL, surrogate asam 4000 µg/mL, surrogate basa/netral 2000 µg/mL*, standar pestisida *mix 1 1000 mg/L, standar pestisida mix 2 1000 mg/L, EPA 8270/Appendix IX Semivolatile 1000 mg/L, Contract Laboratory Program (CLP) semi volatile calibration standard 1000 mg/L, standar Organochlorine Pesticides (OCP) 2000 mg/L, standar Organophosphorus Pesticides (OPP) 2000 mg/L, gas nitrogen, gas helium, padatan natrium sulfat, glass wool, larutan asam klorida 37% v/v, padatan natrium hidroksida dan air bebas organik.*

Alat yang digunakan adalah Gas Chromatography Mass Spectrometry (GC-MS)

Agilent 7890B GC dan 5975C MS. Neraca analitik merek Sartorius model QUINTIX224-IS, TurboVap merek Biotage, tabung evaporasi 100 mL merek Biotage, tanur, desikator, corong pisah kaca 500 mL, micro syringe (10 dan 100) µL, erlenmeyer 250 mL, piala gelas 250 mL, labu takar 2 mL, corong, dispenser 30 mL, pH universal, pinggan penguap, tray aluminium, pipet tetes, spatula, amber glass dan vial kaca 2 mL.

Penelitian ini dilakukan melalui tiga tahap. Tahap persiapan melakukan aktivasi Natrium Sulfat dan pembuatan larutan. Tahap pengujian sampel dengan menggunakan alat GC-MS, dan tahap pengolahan data.

Tahap persiapan

Tahap mengaktifkan Natrium Sulfat dengan memanaskan Padatan Na_2SO_4 di tanur bersuhu 400°C selama 4 jam menggunakan pinggan penguap. Selanjutnya suhu tanur diturunkan menjadi 25°C dan ditunggu hingga suhu dibawah 200°C lalu didinginkan.

Pembuatan Larutan Natrium Hidroksida 10N dengan cara melarutkan padatan NaOH sebanyak 40 g ke dalam piala gelas 250 mL. Tambahkan dengan 100 mL air bebas organik, aduk sampai larut dan dihomogenkan lalu pindahkan ke botol berlabel. Pembuatan Larutan Asam Klorida 37% 1:1 dengan mengencerkan larutan HCl 37% sebanyak 150 mL dengan 150 mL air bebas organik di piala gelas 250 mL dan dihomogenkan. Larutan selanjutnya dipindahkan ke amber glass berlabel.

Pembuatan Standar Internal SVOC 200 mg/L dengan cara melarutkan 100µL larutan internal standart ke labu takar 2 mL dan ditera menggunakan DCM. Larutan kemudian dihomogenkan dan dipindahkan ke vial 2 mL berlabel. Pembuatan Surrogate Asam 1000 mg/L dan larutan surrogate basa/netral sebanyak 500 µL. masing-masing dipindahkan ke labu takar 2 mL secara terpisah kemudian ditera menggunakan DCM. Larutan selanjutnya dihomogenkan dan dipindahkan ke vial 2 mL berlabel. Pembuatan Larutan Spiking SVOC 100 mg/L Standar Pestisida Mix 1 1000 mg/L, Pestisida Mix 2 1000 mg/L, EPA 8270/Appendix IX Semivolatile (1000 mg/L), CLP Semi Volatile Calibration Standard 1000 mg/L sebanyak 200 µL dan standar OCP 2000 mg/L, standar OPP 2000 mg/L sebanyak 100 µL dipindahkan ke labu takar 2 mL kemudian ditera menggunakan DCM. Larutan selanjutnya dihomogenkan dan dipindahkan ke vial 2 mL berlabel.

Tahap Pengujian Sampel Air Limbah

Sampel air limbah sebanyak 250 mL dipindahkan ke corong pisah 500 mL kemudian dicek pH sampel menggunakan pH universal. Kondisi sampel dipastikan dalam kondisi suasana netral dengan penambahan HCl 37% v/v 1:1 atau NaOH 10 N. DCM ditambahkan sebanyak 30 mL kemudian sampel diekstrak selama 2 menit dengan

kecepatan 250 rpm. Na₂SO₄ dipindahkan ke corong yang telah disumbat leher corongnya menggunakan glass woll. Fase bawah disaring menggunakan Na₂SO₄ dan ditampung di erlenmeyer 250 mL. Sampel selanjutnya diasamkan dengan penambahan 1 mL HCl 37% v/v 1:1 dan ditambahkan 30 mL DCM. Sampel kemudian diekstraksi, selanjutnya diubah kembali menjadi suasana basa dengan penambahan 2 mL NaOH 10 N dan ditambahkan 30 mL DCM. Sampel kemudian diekstraksi sama seperti suasana sebelumnya. Larutan yang telah ditampung di erlenmeyer dipindahkan ke tabung evaporasi. Erlenmeyer dibilas menggunakan DCM sebanyak 10 mL dan ditampung ke tabung evaporasi. Pemekatan dilakukan menggunakan TurboVap selama 30 menit hingga larutan mencapai volume 1 mL dengan dialirkan gas nitrogen. Larutan DCM yang sudah dipekatan dipindahkan menggunakan pipet tetes ke vial 2 mL. Pada vial ditambahkan internal standar sebanyak 25 µL, surrogate asam sebanyak 4 µL, dan surrogate basa/netral sebanyak 8 µL. Larutan selanjutnya dianalisis menggunakan GC-MS.

Tahap Pengolahan Data

Perhitungan Respon Faktor Kurva Kalibrasi. Perhitungan respon faktor pada kurva kalibrasi dilakukan dengan membandingkan antara respon larutan standar terhadap respon internal standar. Besar standar deviasi relatif dari respon faktor harus memenuhi syarat keberterimaan PT ALS Indonesia.

$$\text{Respon Faktor} = \frac{\text{As} \times \text{Cs}}{\text{Ais} \times \text{Cs}} \quad (1)$$

Keterangan :

- As : Respon standar
- Ais : Respon internal standar
- Cs : Konsentrasi standar (mg/L)
- Cis : Konsentrasi internal standar (mg/L)

$$\overline{\text{RF}} = \frac{\sum_{i=1}^n \text{RF}_i}{n} \quad (2)$$

Keterangan :

- Rata-rata respon faktor
- n = Jumlah data
- i = Nomor data (1,2,3,...N)

Perhitungan Kadar Senyawa pada sampel

$$A = \frac{B \times V_a}{V_s} \quad (3)$$

- A = Konsentrasi (mg/L)
- B = Konsentrasi pembacaan instrument (µL/mL)
- V_a = Volume akhir (mL)
- V_s = Volume sampel (mL)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Peraturan Pemerintah No. 101 tahun 2014 menggolongkan senyawa fenol, 2-metilfenol dan asetofenon ke dalam Limbah B3 dari sumber tidak spesifik yang membuat senyawa ini perlu dilakukan

pemantauan serta pengawasan dalam pengelolaannya. Senyawa-senyawa tersebut yang merupakan senyawa organik semi-volatile dapat dianalisis menggunakan GC-MS dengan mengacu pada metode standar USEPA 8270E (*Semivolatile Organic Compounds by Gas Chromatography/Mass Spectrometry* (GC-MS)).

Penggunaan instrumen GC-MS yang memiliki prinsip identifikasi senyawa organik berdasarkan rasio massa permuatannya dengan sensitivitas yang lebih tinggi, spesifik, efisien serta dapat mengukur hingga 150 senyawa dalam sekali injeksi menjadi keunggulan tersendiri yang dimiliki GC-MS. Penggolongan senyawa fenol, 2-metilfenol atau o-kresol serta asetofenon sebagai limbah B3 dari sumber tidak spesifik dapat dilihat pada Lampiran 3. Penetapan senyawa fenol, 2-metilfenol dan asetofenon pada sampel air limbah dilakukan dengan mengestrak sampel menggunakan

Dichloromethane (DCM). DCM akan lebih mengikat fenol, 2-metilfenol dan asetofenon dibandingkan air karena senyawa tersebut bersifat non-polar yang akan larut pada pelarut non-polar seperti DCM. Ekstraksi dilakukan dalam tiga suasana yaitu netral, asam dan basa untuk memastikan semua analit target larut dalam DCM. Struktur kimia fenol, 2-metilfenol dan asetofenon dapat dilihat pada Gambar 1

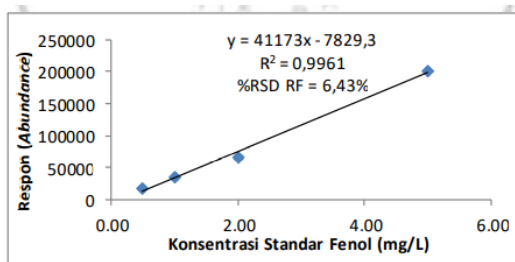


Gambar 1. Struktur Kimia Fenol, 2-Metilfenol dan Asetofenon

Penambahan standar internal pada sampel bertujuan sebagai pembanding antara respon yang diberikan GC-MS terhadap respon analit pada sampel, sedangkan penambahan surrogate asam pada sampel dilakukan untuk memastikan efektivitas ekstraksi pada suasana asam begitu pula pada suasana basa dan netral menggunakan surrogate basa/netral. Preparasi dilakukan dengan mengacu pada metode standar USEPA 3510C (Separatory Funnel Liquid-Liquid Extraction). Autotune pada GC-MS perlu dilakukan setiap 12 jam sekali untuk memastikan bahwa detektor dalam kondisi yang baik.

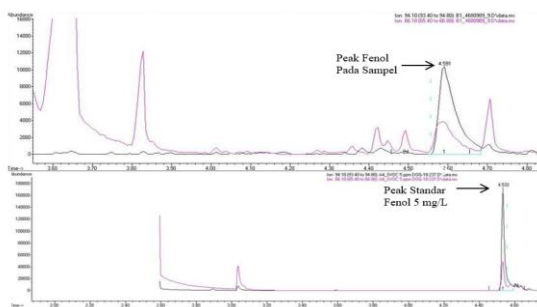
Penetapan Kadar Fenol

Fenol merupakan asam karbolat yang sering digunakan dalam dunia farmasi sebagai desinfektan maupun antiseptik (Pelczar & Chan, 2005). Limbah fenol tergolong limbah berbahaya, bersifat racun dan korosif. Apabila mencemari perairan dapat menimbulkan rasa dan bau tidak sedap, serta pada nilai konsentrasi tertentu dapat menyebabkan kematian organisme di perairan tersebut (Ariyani 2011).



Gambar 2. Kurva Kalibrasi Senyawa Fenol

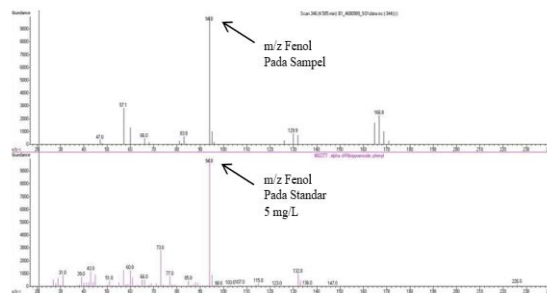
Berdasarkan Gambar 2. kurva kalibrasi memiliki koefisien determinasi sebesar 0,9961 serta %RSD Respon Faktor (RF) sebesar 6,43% yang telah memenuhi syarat keberterimaan PT ALS Indonesia dengan $r^2 > 0,99$ serta $\%RSD\ RF < 15\%$. Continuing Calibration Verification (CCV) perlu diukur sebelum penetapan dilakukan untuk memastikan bahwa kurva kalibrasi masih layak digunakan. Pada pengukuran CCV fenol 5 mg/L memberikan respon faktor sebesar 1,35 dengan % Recovery 98,32% yang telah memenuhi syarat keberterimaan PT ALS Indonesia dengan %Recovery (80-120)%.



Gambar 3. Kromatogram Senyawa Fenol

Jika membandingkan Retention Time (RT) fenol pada sampel di Gambar 3. sebesar 4,591 menit dengan RT fenol pada standar 5 mg/L sebesar 4,533 menit maka dapat dikatakan bahwa analit pada sampel benar merupakan senyawa fenol. Hal ini dikarenakan selisih keduanya yang sebesar 0,058 menit masih memenuhi syarat keberterimaan PT ALS Indonesia yaitu $+ 0,06$ menit

Berdasarkan Gambar 4. massa per muatan (m/z) fenol pada sampel dan fenol pada standar 5 mg/L memiliki besar yang sama yaitu 94,0. Adapun hasil penetapan kadar fenol pada sampel air limbah dapat dilihat pada Tabel 1.



Gambar 4. Massa per Muatan Senyawa Fenol

Tabel 1. Kadar Fenol pada Sampel Air Limbah

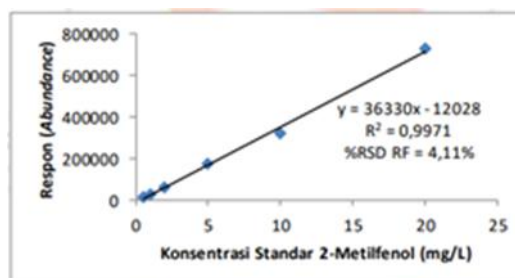
Ulangan	Retention Time (menit)	Respon Analit (Abundance)	C Analit ($\mu\text{g/mL}$)	Q Value (%)	Kadar Fenol (mg/L)
Blangko	4.56	0	0,00	0	0,0000
LCS	4.56	68018	2,92	96	0,0117
1	4,59	32124	1,32	97	0,0053
2	4,59	36437	1,33	94	0,0053
Rata-Rata					0,0053
%RPD					0,75
%Recovery					97,33
Syarat Keberterimaan PT ALS Indonesia %RPD $\leq 20\%$ dan %Recovery (80-120)%					

Nilai Q Value pada Tabel 1. sebesar (96, 97, dan 94)% dapat diartikan sebagai besarnya kemiripan antara analit pada sampel dengan senyawa fenol. Adapun rata-rata kadar fenol yang terdeteksi adalah sebesar 0,0053 mg/L dengan %RPD sebesar 0,75% serta %Recovery sebesar 97,33%.

Penetapan Kadar 2-Metilfenol

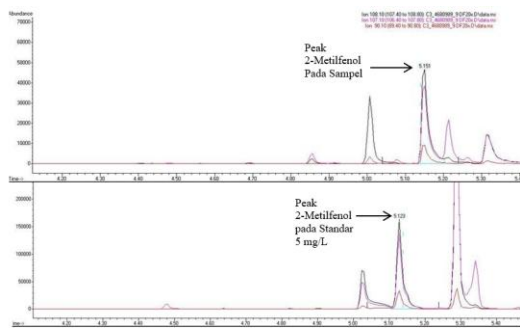
Pada industri kimia, senyawa 2-metilfenol kerap digunakan pada dunia farmasi sebagai bahan baku pembuatan desinfektan. Salah satu kerugian saat 2- metilfenol berada di badan air adalah teracuninya ikan *Oncorhynchus Mykiss* atau Salmon Trout yang kerap dikonsumsi oleh masyarakat (Merck, 2017).

Pengukuran CCV 2-metilfenol 5 mg/L memberikan respon faktor sebesar 2,30 dengan %Recovery 96,81% yang telah memenuhi syarat keberterimaan yang ditentukan PT. ALS Indonesia



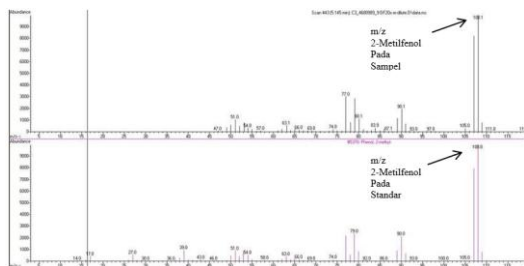
Gambar 5. Kurva Kalibrasi Senyawa 2-metilfenol

Berdasarkan Gambar 5. Pengukuran CCV 2-metilfenol 5 mg/L memberikan respon faktor sebesar 2,30 dengan %Recovery 96,81% yang telah memenuhi syarat keberterimaan PT ALS Indonesia dengan %Recovery (80-120)%. Hasil ini menyatakan bahwa kurva kalibrasi 2-metilfenol masih layak untuk digunakan.



Gambar 6. Kromatogram Senyawa 2- Metilfenol

Jika membandingkan Retention Time (RT) 2-metilfenol pada sampel di Gambar 6. sebesar 5,151 menit dengan RT 2-metilfenol pada standar 5 mg/L sebesar 5,123 menit, maka dapat dikatakan bahwa analit pada sampel benar merupakan senyawa 2-metilfenol. Hal ini dikarenakan selisih keduanya yang sebesar 0,028 menit masih memenuhi syarat keberterimaan PT ALS Indonesia yaitu + 0,06 menit.



Gambar 7. Massa per Muatan Senyawa 2-Metilfenol

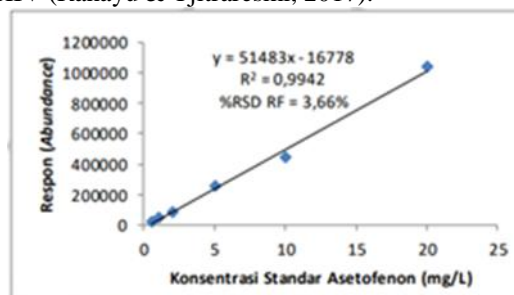
Berdasarkan Gambar 7. massa per muatan (m/z) 2-metilfenol pada sampel yaitu sebesar 108,1 dan 2-metilfenol pada standar 5 mg/L sebesar 108,0. Hasil penetapan kadar 2-metilfenol pada sampel air limbah dapat dilihat pada Tabel 2. Hingga saat ini pemerintah belum secara spesifik mengatur tentang baku mutu senyawa 2-metilfenol pada air limbah industri farmasi, namun berdasarkan Lembar Data Keselamatan Bahan Merck (SDS) tentang o-kresol untuk sintesis memiliki Nilai Ambang Batas (NAB) paparan ke kulit sebesar 5 mg/L

Tabel 2. Kadar 2-metilfenol pada Sampel Air Limbah

Ulangan	Retention Time (menit)	Respon Analit (Abundance)	C Analit (µg/mL)	C Analit Terhitung (mg/L)	FP	Q Value (%)	Kadar 2-Metilfenol (mg/L)
Blangko	5,14	0	0	0	-	0	0
LCS	5,13	68018	2,92	0,0117	-	96	0,0117
1	5,15	108581	2,11	0,0084	20	98	0,1688
2	5,15	60460	2,12	0,0085		98	0,1696
Rata-Rata							0,1692
%RPD							0,47
%Recovery							92,67
Syarat Keberterimaan PT ALS Indonesia %RPD ≤20% dan %Recovery (80-120)%							

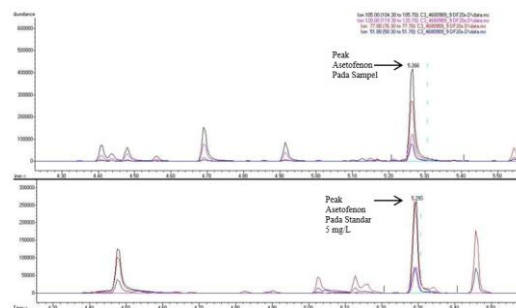
Penetapan Kadar Asetofenon

Pada dunia farmasi, senyawa asetofenon kerap dijadikan sebagai bahan baku pembuatan senyawa kalkon. Senyawa kalkon banyak dikembangkan aktivitas farmakologinya. Aktivitas farmakologi dari senyawa kalkon dan derivatnya antara lain sebagai antikanker, antiinflamasi, antioksidan, antimalaria, antimikroba, dan anti-HIV (Rahayu & Tjitraresmi, 2017).



Gambar 8. Kurva Kalibrasi Senyawa Asetofenon

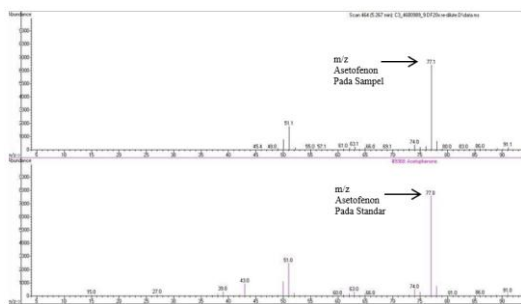
Berdasarkan Gambar 8. dapat dilihat bahwa kurva kalibrasi memiliki koefisien determinasi sebesar 0,9942 serta %RSD Respon Faktor (RF) sebesar 3,66% yang telah memenuhi syarat keberterimaan PT ALS Indonesia dengan $r^2 > 0,99$ serta %RSD RF $< 15\%$. Pada pengukuran CCV asetofenon 5 mg/L memberikan respon faktor sebesar 1,68 dengan %Recovery 97,23% yang telah memenuhi syarat keberterimaan PT ALS Indonesia dengan %Recovery (80-120)%. Hasil ini menyatakan bahwa kurva kalibrasi 2-metilfenol masih layak untuk digunakan.



Gambar 9. Kromatogram Senyawa Asetofenon

Pemerintah hingga saat ini belum secara spesifik mengatur tentang baku mutu senyawa asetofenon pada air limbah industri farmasi, namun berdasarkan Lembar Data Keselamatan Bahan Merck yang mengacu pada Peraturan Uni Eropa No. 1907 tahun 2006 tentang asetofenon

untuk sintesis memiliki Nilai Ambang Batas (NAB) paparan ke kulit sebesar 10 mg/L.



Gambar 10. massa per muatan (m/z) asetofenon

Berdasarkan Gambar 10. massa per muatan (m/z) asetofenon pada sampel dan asetofenon pada standar 5 mg/L memiliki besar yang sama yaitu 105,0. Hasil penetapan kadar asetofenon pada sampel air limbah dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Kadar Asetofenon pada Sampel Air Limbah

Ulangan	Retention Time (menit)	Respon Analit (Abundance)	C Analit (µg/mL)	C Analit Terhitung (mg/L)	FP	Q Value (%)	Kadar Asetofenon (mg/L)
Blangko	5,31	0	0	0	-	0	0
LCS	5,27	80347	2,82	0,0113	-	80	0,0113
1	5,27	820620	11,03	0,0441	20	86	0,8824
2	5,27	468666	11,35	0,0454		86	0,9080
Rata-Rata							0,8952
%RPD							2,86
%Recovery							94,00
Syarat Keberterimaan PT ALS Indonesia %RPD < 20% dan %Recovery (80-120)%							

Nilai Q Value pada Tabel 3. sebesar (80 dan 86)% dapat diartikan sebagai besarnya kemiripan antara analit sampel dengan senyawa asetofenon. Kadar rata-rata senyawa asetofenon yang terdeteksi adalah sebesar 0,8952 mg/L dengan %RPD sebesar 2,86% serta %Recovery sebesar 94,00%. Hingga saat ini pemerintah belum secara spesifik mengatur tentang baku mutu senyawa asetofenon pada air limbah industri farmasi, namun berdasarkan Lembar Data Keselamatan Bahan Merck yang mengacu pada Peraturan Uni Eropa No. 1907 Tahun 2006 tentang asetofenon untuk sintesis memiliki Nilai Ambang Batas (NAB) paparan ke kulit sebesar 10 mg/L.

KESIMPULAN

Berdasarkan analisis yang dilakukan, konsentrasi senyawa fenol sebesar 0,0053 mg/L yang telah memenuhi Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 5 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah bagi usaha dan/atau kegiatan industri farmasi dengan batas kadar 1,0 mg/L. Konsentrasi senyawa 2-metilfenol yaitu sebesar 0,1692 mg/L serta konsentrasi senyawa asetofenon sebesar 0,8952 mg/L. Analisis air limbah farmasi perlu dilakukan secara rutin minimal sebulan sekali serta melaporkan hasil pemantauan sekurang-kurangnya tiga bulan sekali kepada penerbit izin pembuangan air limbah, sebagaimana yang tercantum pada Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 5 tahun 2014.

DAFTAR PUSTAKA

- Ariyani, S. B., (2011). Industri. Penurunan Kadar Fenol Pada Kasus Limbah Industri Jamu dengan Metode Lumpur Aktif Secara Anaerob. *Jurnal Biopropal* 2(1):15
- Kementerian Lingkungan Hidup. (2014). Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 5 Tentang Baku Mutu Air Limbah. Kementerian Lingkungan Hidup.
- Li, X.,Li,G, (2015). A Review: Pharmaceutical Wastewater Treatment Technology and Research in China. Asia-Pacific Energy Equipment Engineering Research Conference (AP3ER 2015).
- Merck (2017). Lembaran Data Keselamatan Bahan Asetofenon untuk Sintesis menurut Peraturan Uni Eropa No. 1907/2006. Merck Group.
- Merck. (2017). Lembaran Data Keselamatan Bahan o-Cresol untuk Sintesis menurut Peraturan Uni Eropa No. 1907/2006. Merck Group.
- Pelczar, M. J., & E. C. S. CHAN. (2005). *Dasar-Dasar Mikrobiologi*. Edisi ke-2. Diterjemahkan oleh Ratna siri Hadioetomo. UI-Press. Jakarta.
- Peraturan Pemerintah RI (2014). Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 101 Tahun 2014 Tentang Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya Dan Beracun. Pemerintah Republik Indonesia.
- Rahayu, A. R., & Tjitraresmi, A. (2017). Aktivitas Farmakologi dari Senyawa Kalkon dan Derivatnya. *Jurnal Farmaka*. 15(1):1.
- Supriyatno, Budi. (2000). Pengelolaan Air Limbah yang Berwawasan Lingkungan Suatu Strategi dan Langkah Penanganannya. *Jurnal Teknologi Lingkungan* 1(1):17.
- United States Environmental Protection Agency. (2015). Method 3510C: Separatory Funnel Liquid-Liquid Extraction. U.S. Environmental Protection Agency. Washington, DC.
- United States Environmental Protection Agency. (2014). Method 8270E Semivolatile Organic Compounds by Gas Chromatography/ Mass Spectrometry (GC/MS). U.S. Environmental Protection Agency. Washington, DC.