

VERIFIKASI PARAMETER PENGUJIAN SURFAKTAN ANIONIK DALAM AIR LIMBAH DENGAN METODE MBAS MENGGUNAKAN SPEKTROFOTOMETER UV-VIS

PARAMETER VERIFICATION OF ANIONIC SURFACTANTS DETERMINATION IN WASTE WATER WITH MBAS METHOD USING UV-VIS SPECTROPHOTOMETER

Stefanie Victoria, Saibun Sitorus dan Aman Sentosa Panggabean*

Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Mulawarman
Jalan Barong Tongkok, Kampus Gn. Kelua, Samarinda 75123, Kalimantan Timur, Indonesia

*Corresponding Author: amanspanggabean@yahoo.com

Received: 5 Juni 2022, Accepted: 30 Juni 2022

ABSTRACT

Determination of the parameters verification of anionic surfactants in waste water samples based on the MBAS (Methylene Blue Active Substances) method using a UV-Vis spectrophotometer has been done. Verification of the measurement parameters refer to SNI 06-6989.51- 2005. The measurement results of several verification parameters is good showed that the linearity of the measurement indicated by the correlation coefficient value of 0.9909. The detection limit and quantitation limit values obtained were 0.3622 mg/L and 1.2072 mg/L respectively. The precision value with %RSD was 2.5415%, and the %RPD value was 3.0686%. It is stated that this method can be used for the analysis of anionik surfactants in laundry wastewater and can be applied as a routine test at PT. Global Environment Laboratory.

Keywords: Anionik surfactant, UV-Vis Spectrophotometer, Waste water, Verification method.

PENDAHULUAN

Limbah merupakan sisa dari suatu usaha atau aktivitas yang bila jumlahnya berlebih dapat berdampak buruk khususnya terhadap lingkungan. Air limbah harus melalui tahap pengolahan agar tidak mengkontaminasi dan tidak menimbulkan dampak negatif terhadap kesehatan lingkungan, karena pada air limbah terkandung bahan kimia yang sukar untuk dihilangkan dan berbahaya [1].

Salah satu limbah cair dari hasil aktivitas rumah tangga yang seringkali menjadi permasalahan dari pencemaran lingkungan adalah air limbah cuci pakaian yang sudah bercampur dengan detergen. Detergen memiliki komponen utama, yaitu surfaktan, baik bersifat kationik, anionik maupun non-ionik. Surfaktan ialah zat aktif permukaan yang tergolong dalam bahan kimia organik. Surfaktan anionik yang juga dikenal sebagai senyawa aktif detergen adalah Linear Alkylbenzene Sulfonate (LAS) dan Alkyl Benzene Sulfonat (ABS). Secara biologi, surfaktan yang ada pada detergen sangat sulit untuk diuraikan, maka lambat-laun juga akan berdampak bagi lingkungan. Perlahan-lahan busa akan memenuhi daerah perairan yang telah terkontaminasi oleh surfaktan, tegangan permukaan air akan menurun, menimbulkan pemecahan kembali dari gumpalan (*flock*) koloid,

pengemulsian lemak dan minyak, musnahnya bakteri baik, dan menyumbat pori-pori pada media filtrasi [2].

Pengukuran kadar surfaktan anionik dapat dikerjakan menggunakan berbagai instrumen, antara lain *Gas Chromatography* (GC), *High Performance Liquid Chromatography* (HPLC) dan spektrofotometer UV-Vis. Masing-masing instrumen tersebut memiliki kelebihan dan kekurangan, namun diantara ketiga instrumen tersebut yang paling sesuai digunakan untuk mengukur kadar surfaktan anionik jenis LAS adalah spektrofotometer UV-Vis. Hal ini dikarenakan spektrofotometer tidak perlu penggunaan metode khusus dalam pengoperasiannya [3]. Lain halnya ketika menggunakan GC dan HPLC, harus menentukan metode sendiri yang sesuai dengan jenis sampel yang digunakan, instrumen tersebut memerlukan waktu yang cukup lama untuk dipanaskan (*warming up*) sebelum beroperasi [4].

Analisis kadar surfaktan anionik LAS dapat dilakukan dengan dua metode, yaitu *Methylen Blue Active Substance* (MBAS) dan metode malasit hijau. Penggunaan metode MBAS lebih unggul jika dibandingkan dengan metode malasit hijau. Hal ini dikarenakan malasit hijau merupakan senyawa organik bersifat hidrofob dan mempunyai gugus amonium kuarterner yang menyebabkan kurang selektif dan

kuantitatif untuk membentuk suatu asosiasi ion dengan anion surfaktan yang mempunyai rantai hidrokarbon yang panjang. Semakin panjang rantai hidrokarbon suatu senyawa, maka semakin hidrofob senyawa tersebut dan semakin kuat pula tambatannya dengan ion lawan yang memiliki hidrofobilitas yang besar. Dengan demikian memungkinkan surfaktan anionik akan memiliki selektifitas yang tinggi dengan menggunakan reagen MBAS [4].

Verifikasi metode merupakan suatu aktivitas yang dikerjakan oleh laboratorium untuk membuktikan bahwa metode yang dipakai sebagai acuan dalam pengujian dapat menghasilkan data yang akurat sebagaimana harapan pembuat metode tersebut [5]. Verifikasi metode dilakukan agar dapat menjamin mutu hasil pengujian tersebut.

Berdasarkan uraian di atas, telah dilakukan penelitian verifikasi metode penentuan surfaktan pada air limbah cuci pakaian. Pengujian kadar surfaktan anionik dalam air limbah cuci pakaian dengan spektrofotometer UV-Vis mengacu pada SNI 06-6989.51-2005 menggunakan pereaksi biru metilen. Kinerja analitik yang akan diuji, yaitu uji linearitas, limit deteksi, limit kuantisasi dan presisi.

METODOLOGI PENELITIAN

Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah spektrofotometer UV-VIS Shimadzu UV-1900, lemari asam, neraca analitik S-AR210 Fujitsu, corong pisah, labu ukur, gelas piala, pipet volumetrik dan pipet ukur.

Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah air limbah cuci pakaian, serbuk Alkil Sulfonat Linier (LAS) atau natrium lauril sulfat ($C_{12}H_{25}OSO_3Na$), larutan indikator fenolftalin 0,5%, NaOH 1N, H_2SO_4 1N, H_2SO_4 6N, larutan biru metilen, $CHCl_3$ p.a dan larutan pencuci.

Prosedur Penelitian

Pembuatan Larutan

Larutan Metilen Biru

Ditimbang 100 mg padatan metilen biru, kemudian dilarutkan dengan 100 mL aquadest dan dihomogenkan. Diambil 30 mL larutan tersebut dan ditampung pada labu ukur 1000 mL, lalu ditambahkan 500 mL air suling, 41 mL H_2SO_4 6N dan 50 g natrium fosfat monohidrat ($NaH_2PO_4 \cdot H_2O$), diguncang hingga larut sempurna kemudian tambahkan aquadest hingga mencapai tanda tera lalu dihomogenkan.

Larutan Pencuci

Diambil 41 mL H_2SO_4 6N ditampung dalam labu ukur 1000 mL yang telah berisi 500 mL aquadest. Ditambahkan 50 gram natrium dihidrogen fosfat

monohidrat ($NaH_2PO_4 \cdot H_2O$) yang sebelumnya telah dilarutkan dalam aquadest, diguncang hingga larut sempurna kemudian tambahkan aquadest hingga tanda tera lalu dihomogenkan.

Larutan Induk Surfaktan Anionik 1000 mg/L

Ditimbang 1,000 gram LAS 100% aktif atau natrium lauril sulfat ($C_{12}H_{25}OSO_3Na$) kemudian dilarutkan dengan 100 mL aquadest dalam labu ukur 1000 mL kemudian tambahkan aquadest hingga mencapai tanda tera dan dihomogenkan. Kemudian diencerkan 10 mL larutan induk surfaktan anionik 1000 mg/L dalam labu ukur 100 mL, kemudian ditambahkan aquadest hingga mencapai tanda tera lalu dihomogenkan.

Larutan Standar Surfaktan Anionik

Dambil 1,0 ; 2,0 ; 3,0 dan 5,0 mL larutan baku surfaktan anionik 100 mg/L masing-masing ditampung dalam labu ukur 250 mL. Ditambahkan aquadest hingga mencapai tanda tera lalu dihomogenkan. Diperoleh kadar surfaktan anionik 0,4; 0,8; 1,2 dan 2,0 mg/L MBAS.

Pembuatan Kurva Kalibrasi

Diambil masing-masing 100 mL larutan blanko dan larutan kerja dengan konsentrasi 0,4 ; 0,8 ; 1,2 dan 2,0 mg/L, masing-masing ditampung ke dalam corong pisah 250 mL. Ditambahkan larutan metilenubiru sebanyak 25 mL untuk setiap varian konsentrasi. Ditambahkan 10 mL kloroform pada tiap varian, diguncang kuat selama ± 30 detik dan didiamkan hingga terbentuk dua fasa. Diambil fasa bawah (fasa kloroform) dan ditampung ke dalam corong pisah yang lain. Kemudian diekstraksi kembali fasa air dalam corong pisah, lalu ulangi langkah tersebut dua kali dan satukan semua fasa kloroform yang diperoleh. Ditambahkan 50 mL larutan pencuci ke dalam fasa kloroform gabungan dan guncang kuat selama ± 30 detik. Biarkan hingga kembali terbentuk dua fasa yang berbeda, digoyangkan perlahan-lahan. Ditampung fasa bawah (kloroform) ke dalam labu ukur. Lalu ditambahkan 10 mL kloroform ke dalam fasa air yang masih tertinggal didalam corong pemisah. Diguncang kuat-kuat selama ± 30 detik. Didiamkan hingga kembali terbentuk dua fasa, kemudian digoyang perlahan-lahan. Kemudian ditampung fasa bawah (kloroform) ke dalam labu ukur yang berisi fasa kloroform sebelumnya. Ekstraksi kembali fasa air dalam corong pisah kemudian satukan semua fasa kloroform dalam labu ukur. Tepatkan isi labu ukur hingga mencapai tanda tera dengan kloroform. Kemudian diukur menggunakan spektrofotometer UV-Vis dengan panjang gelombang 652 nm dan catat serapannya.

Pengukuran Sampel

Diukur sampel sebanyak 100 mL dan ditampung pada corong pisah 250 mL. Kemudian ditambahkan 3 sampai 5 tetes indikator fenoltalln dan larutan NaOH 1N tetes demi tetes ke dalam sampel sampai terbentuk warna merah muda, kemudian hilangkan warna dengan penambahan H₂SO₄ 1N tetes demi tetes. Lalu ditambahkan larutan metilen biru sebanyak 25 mL. Prosedur yang sama dilakukan seperti pada preparasi larutan standar surfaktan anionik (pembuatan kurva kalibrasi). Kemudian diukur menggunakan spektrofotometer UV-Vis dengan panjang gelombang 652 nm dan catat serapannya.

Uji Linearitas

Pengujian linearitas dilakukan dengan menggunakan larutan blanko dan larutan standar dengan konsentrasi 0,0 ppm; 0,4 ppm; 0,8 ppm; 1,2 ppm dan 2,0 ppm. Kemudian dilakukan analisa menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 652 nm.

Uji Limit Deteksi Dan Limit Kuantitasi

Pengujian limit deteksi dan limit kuantisasi diperoleh dengan pembacaan larutan blanko dan larutan standar surfaktan anionik dengan menggunakan spektrofotometer UV-Vis. Dari nilai konsentrasi dan absorbansi pengukuran yang diperoleh, kemudian dihitung nilai simpangan baku (SB) dengan rumus limit deteksi dan limit kuantisasi menggunakan rumus sebagai berikut :

$$LOD = (3 \times SB) \quad 1)$$

$$LOQ = \bar{X} + (10 \times SB) \quad 2)$$

Keterangan :

X : Rata-rata konsentrasi blanko

SB : Simpangan Baku

Uji Presisi

Pengujian presisi diperoleh dari hasil pembacaan absorbansi dan konsentrasi pada sampel air limbah cuci pakaian menggunakan spektrofotometer UV-Vis, dilakukan sebanyak tujuh kali pengulangan. Dicatat hasil yang diperoleh, kemudian dihitung hasil uji presisi menggunakan persamaan berikut [6] :

$$SD = \sqrt{\frac{\sum(x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \quad 3)$$

$$\% RSD = \frac{SD}{\bar{x}} \times 100\% \quad 4)$$

$$\% CV = \frac{SD}{\bar{x}} \times 100\% \quad 5)$$

$$\% CV \text{ Horwitz} = (2^{1-0,5 \times (\log(C \times 10^{-6}))}) \quad 6)$$

Keterangan :

SD : standard deviasi

n : jumlah pengulangan pengukuran

xi : nilai hasil analisa

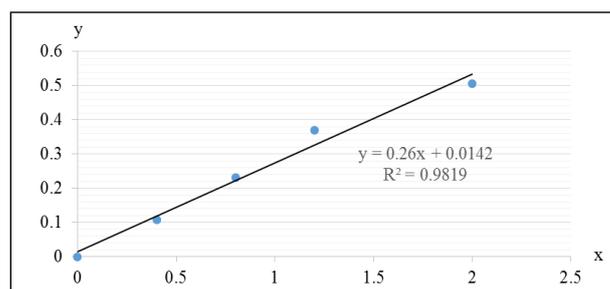
CV : Coefisien Variance

C : Fraksi konsentrasi rata-rata contoh

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kurva Kalibrasi

Kurva kalibrasi merupakan grafik yang menyatakan hubungan antara konsentrasi larutan standar dengan hasil pembacaan absorbansi yang hasilnya merupakan garis lurus dan dapat berfungsi untuk menunjukkan daerah linear dan memberikan batas terhadap pengukuran tersebut [7]. Hasil pengukuran dapat dilihat pada Gambar 1..



Gambar 1. Kurva kalibrasi standar surfaktan anionik

Dari data pengukuran tersebut diperoleh persamaan linear $y = 0,26x + 0,0142$. Koefisien determinasi yang diperoleh dari persamaan tersebut, yaitu sebesar $R^2 = 0,9819$ maka dapat diperoleh pula nilai dari koefisien korelasi sebesar $r = 0,9909$. Hasil ini menunjukkan bahwa nilai absorbansi yang diperoleh dari pengukuran memiliki korelasi yang baik terhadap konsentrasi larutan standar surfaktan anionik, sehingga persamaan garis lurus yang diperoleh dapat digunakan pada proses penentuan kadar surfaktan anionik dalam sampel air limbah cuci pakaian.

Uji Linearitas

Uji linearitas merupakan salah satu parameter analitik untuk menyatakan seberapa baik kurva kalibrasi yang dihasilkan dari hubungan antara nilai konsentrasi (x) dengan nilai absorbansi (y) pada suatu metode [8]. Penentuan linearitas dapat diperoleh dari persamaan regresi linear pada kurva kalibrasi larutan standar surfaktan anionik (Gambar 1). Kurva tersebut menunjukkan nilai absorbansi yang meningkat secara linear seiring atau berbanding lurus dengan meningkatnya konsentrasi larutan standar surfaktan anionik.

Linearitas diperoleh dari nilai koefisien determinasi (R^2) yang dihasilkan dari persamaan linear. Dari hasil perhitungan, diperoleh nilai koefisien korelasi (r) sebesar 0,9909 dan koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,9819 yang menandakan bahwa terdapat korelasi linear antara nilai konsentrasi larutan standar dengan nilai absorbansi yang terbaca. Dari nilai

koefisien korelasi yang diperoleh, yaitu sebesar 0,9909 dapat disimpulkan bahwa 99% perubahan nilai absorbansi dipengaruhi oleh konsentrasi larutan standar dan 1%-nya dipengaruhi oleh faktor lain [9].

Uji LOD dan LOQ

Batas deteksi ialah parameter uji batas yang menyatakan jumlah analit analit dalam sampel yang dapat terukur dan memberikan respon signifikan dibandingkan dengan blanko. Batas kuantitasi merupakan salah satu parameter analitik yang menyatakan nilai kuantitas terkecil analit dalam sampel yang memenuhi kriteria pada suatu pengujian. Penentuan LOD dan LOQ dilakukan dengan pembacaan nilai absorbansi terkecil yang masih dapat dibedakan dari sinyal yang diberikan oleh blanko dengan beberapa pengulangan pengukuran [8].

Tabel 1. Nilai Penentuan LOD dan LOQ

Konsentrasi (mg/L)	Absorbansi Standar	\hat{Y}	$y-\hat{y}$	$(y-\hat{y})^2$
0	0	0,0142	-0,0142	0,0002
0,4	0,1080	0,1182	-0,0102	0,0001
0,8	0,2310	0,2222	0,0088	0,0001
1,2	0,3690	0,3262	0,0428	0,0018
2,0	0,5070	0,5342	-0,0272	0,0007
$S (y/x)$		0,0314		
LOD		0,3622		
LOQ		1,2072		

Berdasarkan hasil pada uji LOD dan LOQ diperoleh nilai limit deteksi sebesar 0,3622 mg/L yang merupakan nilai konsentrasi terkecil analit dari suatu sampel yang dapat dideteksi oleh spektrofotometri UV-Vis. Nilai limit kuantitasi yang diperoleh sebesar 1,2072 mg/L yang menunjukkan nilai konsentrasi terkecil analit pada sampel yang dapat terukur. Menurut peraturan Pemerintah No. 82 tahun 2001 yang mengatur batas maksimal kadar surfaktan anion yang diperbolehkan yaitu sebesar 0,2 mg/L, sehingga dapat disimpulkan bahwa nilai LOD dan LOQ yang diperoleh telah melewati ambang batas. Hal tersebut kemungkinan terjadi karena terdapat faktor kesalahan salah satunya yaitu larutan metilen biru yang kurang stabil, namun pengujian ini tetap dapat diaplikasikan secara lengkap berdasarkan SNI 06-6989.51-2005 dengan kondisi pengujian yang telah disepakati laboratorium.

Uji Presisi

Presisi merupakan kedekatan antara hasil uji yang diperoleh di bawah kondisi tertentu yang telah ditetapkan. presisi dapat dinyatakan sebagai *repeatabily* (keterulangan) atau *reproducibility* (ketertiruan).

Semakin dekat nilai-nilai hasil pengulangan pengukuran maka nilai presisi pengukuran tersebut juga semakin tinggi. Hasil presisi dapat dikatakan baik jika nilai % RSD \leq CV Horwitz dan batas keberterimaan % RSD, yaitu \leq 10% [8,11]. Pada pengukuran presisi dilakukan sebanyak 8 kali pengulangan pada kondisi yang sama terhadap sampel air limbah air cuci pakaian menggunakan sprektofotometri UV-Vis.

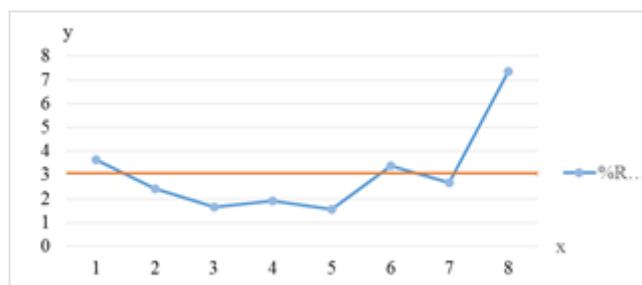
Berdasarkan data yang diperoleh, nilai %RSD sebesar 2,5415% menunjukkan bahwa nilai tersebut lebih kecil dari nilai CV Horwitz sebesar 4,5825. data ini menunjukkan hasil presisi dapat dikatakan baik. Nilai % RSD yang diperoleh juga dapat dikatakan telah memenuhi batas keberterimaan, dimana syarat batas keberterimaan nilai % RSD \leq 10%.

Reproduksibilitas digunakan untuk mengukur nilai-nilai hasil pengujian terhadap sampel yang sama dengan analis dan atau peralatan yang berbeda yang dilakukan pada satu atau lebih laboratorium dalam waktu yang sama ataupun berbeda. Batas keberterimaan nilai reproduksibilitas (% RPD), yaitu \leq 10% [8, 11].

Tabel 2. Penentuan Nilai Reproduksibilitas

Pengulangan Sampel	Analisis 1	Analisis 2	Rerata	% RPD
1	6,6050	6,3700	6,4875	3,6223
2	6,6600	6,5000	6,5800	2,4316
3	6,7550	6,6450	6,7000	1,6418
4	6,8550	6,7250	6,7900	1,9146
5	6,8600	6,7550	6,8075	1,5424
6	6,8600	7,0950	6,9775	3,3680
7	6,9800	7,1700	7,0750	2,6855
8	7,1500	7,6950	7,4225	7,3425
X			3,0686	
Sd			1,8727	
Batas peringatan atas/ bawah : $x \pm 2SD$			6,8140	
Batas peringatan atas/ bawah : $x \pm 3SD$			8,6867	

Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan oleh kedua analisis tersebut dapat dilihat bahwa nilai konsentrasi sampel air limbah cuci pakaian telah melewati ambang batas maksimal yang dipersyaratkan dalam Peraturan Pemerintah No. 82 tahun 2001, yaitu sebesar 0,2 mg/L. Dari hasil pengujian tersebut juga dapat diperoleh data nilai %RPD yang telah memenuhi batas keberterimaan, dimana syarat batas keberterimaan nilai % RPD \leq 10%. Berdasarkan data seperti yang ditunjukkan pada tabel 2., dapat dibuat bagan kendali presisi (%RPD) sebagai berikut:



Gambar 2. Bagan Kendali Presisi (%RPD) MBAS Secara Spektrofotometri UV-Vis

Berdasarkan data dan bagan kendali yang ditunjukkan pada gambar 2, dapat disimpulkan bahwa tidak ada data di luar batas peringatan atas/bawah ($\pm 3SD$) atau *outliner* dan tidak ada data yang menunjukkan kecenderungan [12].

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang diperoleh pada penentuan surfaktan anionik dalam air limbah cuci pakaian dengan menggunakan metode spektrofotometri UV-Vis menggunakan pereaksi metilen biru, memberikan hasil uji yang baik dan memenuhi syarat keberterimaan, sehingga dapat diaplikasikan secara lengkap berdasarkan SNI 06-6989.51-2005 dengan kondisi pengujian yang telah disepakati laboratorium.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Pimpinan dan Staf PT. Global *Environment Laboratory*, Samarinda untuk fasilitas laboratorium dan sampel yang disediakan dalam pelaksanaan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Khaliq, A. (2015). *Analisis Sistem Pengolahan Air Limbah Pada Kelurahan Kelayan Luar Kawasan IPAL Pekapuran Raya PD PAL Kota Banjarmasin*. Jurnal Poros Teknik. 7(1), 1-53.
- [2] Hendra, Barlian, E., Razak, A. dan Sanjaya, H. (2016). *Photo-Degradation Of Surfactant Compounds Using UV Rays With Addition Of TiO₂ Catalysts In Laundry Waste*. Padang : Universitas Negeri Padang.
- [3] Ulya, R. N., Yusuf, B., dan Panggabean, A. S. (2016). *Optimasi Kinerja Analitik Pada Penentuan Surfaktan Anionik Dalam Sampel Air Alam Menggunakan Metode MBAS (Methyl Blue Active Substance)*. Jurnal Atomik. 1 (1), Hal. 36-41.
- [4] Pratiwi, E. dan Prasetya, A. T. (2019). *Optimasi Metode Analisis Kadar Surfaktan Anion Menggunakan Methylen Blue Active Substances dengan Spektrofotometer Ultraviolet Visible*. Indonesian Journal of Chemical Science. 9(2), Hal. 125-130.
- [5] Rifai, K. R. dan Anissa. (2019). *Verifikasi Metode Pengujian Coliform dalam Sampel Air Mineral*. Jurnal Teknologi Proses dan Inovasi Industri. 4(2), Hal. 45-51.
- [6] Riyanto. (2014). *Validasi & Verifikasi Metode Uji Sesuai Dengan ISO/IEC 17025 Laboratory Pengujian dan Kalibrasi*. Yogyakarta: Deepublish.
- [7] Panggabean, A.S., Pasaribu, S.P. and Kristiana, F. (2018). *The Utilization Of Nitrogen Gas as a Carrier Gas in the Determination of Hg Ions Using Cold Vapour-Atomic Absorption Spectrophotometer (CV-AAS)*, Indo. J. of Chem. 18(2), pp. 279-285.
- [8] Miller, J.N. and Miller J.C. (2005). *Statistics and Chemometrics for Analytical Chemistry*. 5-Edition. Pearson Education Limited, England.
- [9] Aji, A.W. (2020). *Analisis Surfaktan Anionik Dengan Metode Spektrofotometri Menggunakan Metilen Biru Pada Sampel Limbah Inlet dan Outlet Di Laboratorium Kesehatan Daerah DKI Jakarta* (Skripsi). Yogyakarta : Universitas Islam Indonesia.
- [10] Napitupulu, R.M., Julia, D., dan Panggabean, A.S. (2019). *Validasi Metode Penentuan Mn Dalam Oli Lubrikan Dengan Metode Pengenceran Langsung Menggunakan Spektrofotometer Serapan Atom*, Indonesian Journal of Chemical Research, 6(2), Hal. 94-100.
- [11] Panggabean, A.S., Wirdhaningsih, and Pasaribu, S.P. (2020). *Preconcentration of Ion Ni (II) using Ca-Alginate Modified Resin with Dimethylglyoxime as a Filler Material of Column*, Jurnal Kimia Valensi 6(1), pp. 40-46.
- [12] Hadi, A. dan Asiah. (2020). *Verifikasi Metode Pengujian Air dan Air Limbah Mendukung Penerapan ISO IEC 17025:2017*. IPB Press : Bogor.