



Artikel Penelitian

## Uji Banding Metode Penentuan Kadar *Chemical Oxygen Demand* (COD) secara Titrimetri dan Spektrofotometri Visibel untuk Pengembangan Prosedur Praktikum Kimia Lingkungan

Y. Dwi Yunisari<sup>1\*</sup>, Yudhi Utomo<sup>1</sup>, L. Putri Sholikhah<sup>1</sup><sup>1</sup>Departemen Kimia, Fakultas MIPA, Universitas Negeri Malang, Kota Malang, Jawa Timur, Indonesia, 65145**INFO ARTIKEL****Riwayat Artikel**

Diterima 10 November 2023

Direvisi 16 Oktober 2024

Tersedia online 31 Oktober 2024

\* Email (penulis korespondensi) :  
yunetadwiyunisari@um.ac.id

DOI: 10.18860/al.v12i2.24123

**ABSTRAK**

**Abstract.** Chemical Oxygen Demand (COD) is method which involve reacting the sample with excess oxidizing agent. The COD value is based on the amount of oxygen required to oxidized organic matter in water sample under acidic condition. The purpose of this study was to find out the results of a comparison of tests for determining COD levels by titrimetry and spectrophotometry which were then compared to find out a more effective method that would be developed in environmental chemistry practice. This research is a laboratory research using closed reflux method. Steps of this research are: (1) preparation of digestion solution, sulfuric acid reagent, standard solution, and standard series, (2) measurement of precision and accuracy of COD by titrimetry and spectrophotometry, (3) t test to compare the results of the two methods. The test was carried out in eight repetitions. In measuring COD levels using COD solution CRM (Certified Referenced Material) as a standard solution. The results showed that COD measurements using the closed reflux spectrophotometry method met the acceptance requirements with a %recovery of 101.42% and %RSD value of 1.69%. COD testing by closed reflux titrimetry also met the acceptance requirements with a %recovery of 109.67% and %RSD value of 5.07%.

**Keywords:** Chemical Oxygen demand, COD, titrimetry, visible spectrophotometry

**Abstrak.** *Chemical Oxygen Demand* (COD) adalah suatu metode yang melibatkan reaksi sampel dengan agen pengoksidasi berlebih. Nilai COD didasarkan pada jumlah oksigen yang diperlukan untuk mengoksidasi bahan organik pada sampel air dalam kondisi asam. Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui hasil perbandingan uji penentuan kadar COD secara titrimetri dan spektrofotometri yang kemudian dibandingkan untuk mengetahui metode yang lebih efektif yang akan dikembangkan dalam praktikum kimia lingkungan. Penelitian ini merupakan penelitian laboratoris menggunakan metode refluks tertutup. Tahapan penelitian ini, yaitu: (1) preparasi dan pembuatan *digestion solution*, pereaksi asam sulfat, larutan baku, dan deret standar, (2) pengukuran presisi dan akurasi COD secara titrimetri dan spektrofotometri, (3) uji t untuk membandingkan hasil dari kedua metode tersebut. Pengujian dilakukan sebanyak delapan kali pengulangan. Dalam pengukuran kadar COD menggunakan larutan COD CRM (*Certified Referenced Material*) sebagai larutan baku. Hasil penelitian menunjukkan pengukuran COD menggunakan metode spektrofotometri refluks tertutup memenuhi syarat keberterimaan dengan nilai %recovery sebesar 101,42% dan %RSD 1,69%, dan. Pengujian COD secara titrimetri refluks tertutup juga memenuhi syarat keberterimaan dengan nilai %recovery sebesar 109,67% dan %RSD 5,07%.

**Kata Kunci:** Chemical Oxygen Demand, COD, spektrofotometri visibel, titrimetri

## 1. Pendahuluan

*Chemical Oxygen Demand* (COD) adalah suatu metode yang melibatkan reaksi sampel dengan agen pengoksidasi berlebih [1]. Nilai COD didasarkan pada jumlah oksigen yang diperlukan untuk mengoksidasi bahan organik pada sampel air dalam kondisi asam [1], [2]. Pengujian kadar COD menjadi perhatian penting dalam pengujian kualitas air karena dapat mengukur tingkat pencemaran senyawa organik dalam sampel air [4], [5].

Pengujian kualitas air menjadi salah satu bab mata kuliah penting di dalam kurikulum pembelajaran, yakni mata kuliah praktikum Kimia Lingkungan yang diampu mahasiswa kimia pada semester 6. Metode uji COD dapat dilakukan dengan berbagai metode diantara secara volumetri [3], spektrofotometri UV-Vis [6] [14], elektrokimia [7] [9], dan sensori [8] [4]. Metode uji COD yang digunakan di dalam proses praktikum di laboratorium analitik ialah metode refluks terbuka titrimetri. Metode ini memiliki beberapa kelemahan yakni 1) sampel yang digunakan lebih banyak, 2) bahan yang digunakan lebih banyak dan bervariasi, 3) waktu yang dibutuhkan dalam pengujian dan preparasi lebih lama yakni  $\pm 4$  jam, dan 4) jumlah kadar COD yang terukur pada rentang 50-900 mg/L O<sub>2</sub> [3]. [12]

Metode refluks tertutup menggunakan volume sampel dan pereaksi yang lebih sedikit dibandingkan metode refluks terbuka, sehingga metode ini lebih ramah lingkungan. Melihat dari keunggulan metode refluks tertutup peneliti ingin melakukan penelitian uji banding penentuan kadar COD refluks tertutup secara spektrometri visibel dan titrimetri. Dari hasil metode tersebut akan dibandingkan hasil pengukuran COD yang mana yang menghasilkan nilai COD lebih presisi dan akurasi yang kemudian akan dikembangkan ke dalam prosedur kimia lingkungan.

Penelitian ini merupakan bagian dari Bidang Unggulan Topik Kimia Lingkungan, yaitu pengujian kualitas air. Dengan demikian, diharapkan dari metode pengukuran COD dapat dikembangkan potensi dan kebermanfaatannya bagi proses pembelajaran.

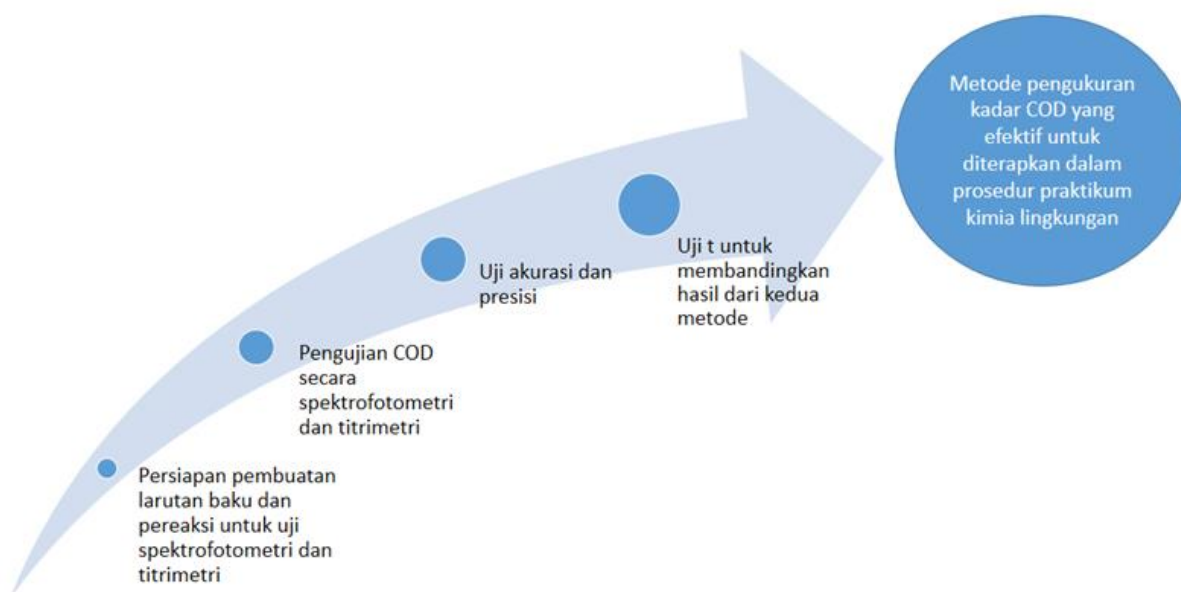
## 2. Bahan dan Metode

### 2.1 Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain: K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub> p.a (Merck), H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> pekat (95-96%) p.a (Merck), AgSO<sub>4</sub> p.a (Merck), HgSO<sub>4</sub> p.a (Merck), Fe(NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>·6H<sub>2</sub>O p.a (Merck), indikator ferroin p.a (Merck), larutan CRM COD 2000 mg/L, akuabides, dan akuades.

### 2.2 Metode

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Kimia Analitik Universitas Negeri Malang. Penelitian ini dilakukan untuk mendapatkan hasil pengujian perbandingan dari uji COD secara spektrofotometri dan titrimetri. Dari hasil tersebut diharapkan dapat menjadi penentu metode yang lebih efektif untuk digunakan dalam pengembangan prosedur praktikum kimia lingkungan. Secara umum metode penelitian ini dapat digambarkan pada **Gambar 1**.



**Gambar 1.** Diagram metodologi penelitian uji banding penentuan kadar COD secara titrimetri dan spektrofotometri visible

## 2.2.1 Pengujian COD secara Spektrofotometri Visibel

### 2.2.1.1. Pembuatan Digestion Solution untuk Nilai COD Konsentrasi Rendah

Sebanyak 1,022 g serbuk kalium dikromat (yang telah dikeringkan pada suhu 105°C selama 2 jam) dilarutkan dalam 167 mL H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> pekat. Campuran ini diaduk hingga homogen. Larutan didinginkan, lalu ditambah 33,3 g HgSO<sub>4</sub> dan dihomogenkan. Larutan ini diencerkan dalam labu takar 1000 mL (**Gambar 2**).

### 2.2.1.2. Pembuatan Pereaksi Asam Sulfat

Kristal Ag<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> seberat 5,60 g dilarutkan ke dalam 500 mL H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> pekat. Setelah diaduk dan dihomogenkan, kristal tersebut menjadi larutan pereaksi asam sulfat. (**Gambar 2**)



**Gambar 2.** Digestion solution (kiri) dan Pereaksi asam sulfat (kanan)

### 2.2.1.3. Pembuatan Deret Standar

Deret standar dibuat dengan rentang konsentrasi 50; 60; 70; 80; dan 90 mg/L dari pengenceran larutan standar COD 2000 mg/L. Dari hasil pengenceran tersebut, masing-masing deret standar dipipet sebanyak 2,5 mL dan ditambahkan 1,5 mL digestion solution serta 3,5 mL asam sulfat pro-COD ke dalam digestion vessel. Selanjutnya, digestion vessel ditempatkan di dalam reaktor COD dan dipanaskan selama dua jam pada suhu 105°C. Setelah itu, hasil digesti didinginkan pada suhu kamar dan diukur absorbansinya menggunakan spektrofotometer visibel pada panjang gelombang 420 nm.

### 2.2.1.4. Penentuan Presisi Analisis COD secara Spektrofotometri

Penentuan presisi analisis COD dilakukan dengan cara menambahkan 2,5 mL sampel, 1,5 mL digestion solution dan 3,5 mL asam sulfat pro-COD ke dalam digestion vessel. Selanjutnya dipanaskan selama dua jam pada suhu 150°C ke dalam reactor COD. Sampel yang telah didinginkan pada suhu ruang kemudian diukur absorbansinya pada panjang gelombang 420 nm menggunakan spektrofotometer visibel [14]. Proses ini dilakukan sebanyak delapan kali pengulangan.

### 2.2.1.5. Penentuan Akurasi Analisis COD secara Spektrofotometri

Penentuan akurasi analisis COD dilakukan dengan cara menambahkan 2,5 mL larutan standar COD 60 mg/L, 1,5 mL digestion solution dan 3,5 mL asam sulfat pro-COD ke dalam digestion vessel. Selanjutnya dipanaskan selama dua jam pada suhu 150°C ke dalam reactor COD. Sampel yang telah didinginkan pada suhu ruang kemudian diukur absorbansinya pada panjang gelombang 420 nm menggunakan spektrofotometer visibel [14]. Proses ini dilakukan sebanyak delapan kali pengulangan.



(a)



(b)

**Gambar 3. (a)** Pemanasan larutan COD di dalam reaktor pada suhu 150°C selama 2 jam, **(b)** Larutan COD yang akan diukur menggunakan spektrofotometer visibel

### 2.2.2. Pengujian COD Secara Trimetri

#### 2.2.2.1 Pembuatan Larutan Pereaksi Asam Sulfat

Sebanyak 5,60 g kristal  $\text{Ag}_2\text{SO}_4$  dilarutkan dalam 500 mL  $\text{H}_2\text{SO}_4$  pekat. Setelah itu larutan dihomogenkan hingga menjadi larutan pereaksi asam sulfat.

#### 2.2.2.2 Pembuatan Larutan Baku Kalium Dikromat $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 0,01667 M (0,1 N)

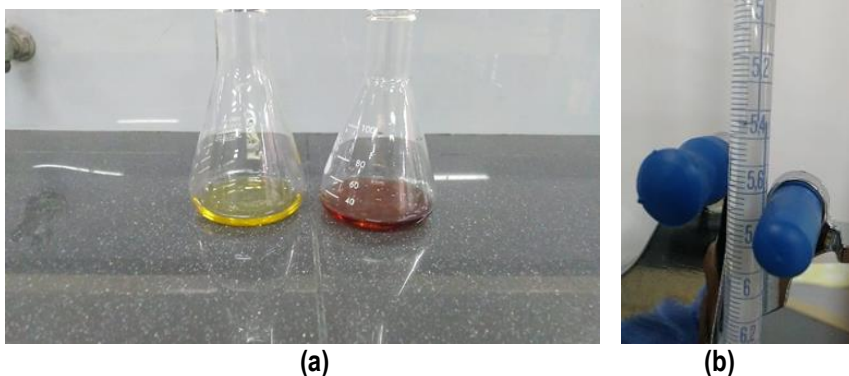
Serbuk kalium dikromat dikeringkan selama dua jam pada suhu 105°C dan didinginkan dalam desikator hingga suhu ruang. Seberat 4,903 g kalium dikromat yang telah ditimbang dilarutkan ke dalam 167 mL  $\text{H}_2\text{SO}_4$  pekat dan 500 mL air bebas organik. Kemudian diaduk dan dihomogenkan hingga menjadi larutan. Selanjutnya, ditambahkan 33,3 g  $\text{HgSO}_4$  dan diaduk hingga homogen. Larutan tersebut diencerkan dalam labu takar 1000 mL menjadi larutan baku  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  0,1 N [13].

#### 2.2.2.3. Pembuatan Larutan Baku Ferro Ammonium Sulfat (FAS) 0,05 M

Kristal  $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  seberat 9,8 g dilarutkan dengan 150 mL air bebas organik. Setelah diaduk dan dihomogenkan, ditambahkan 10 mL  $\text{H}_2\text{SO}_4$  pekat, kemudian diencerkan ke dalam labu takar 500 mL menjadi larutan pereaksi asam sulfat 0,05 M [13].

#### 2.2.2.4. Standardisasi Larutan Baku FAS

Sebanyak 5 mL larutan *digestion solution* dan 2,5 mL sampel air dipipet ke dalam erlenmeyer. Campuran ini kemudian ditetesi dengan indikator ferroin. Larutan tersebut dititrasi menggunakan FAS 0,05 M sampai terjadi perubahan warna. Hasil pengukuran volume FAS yang digunakan dicatat dan digunakan untuk menghitung kadar COD.



**Gambar 3. (a)** Larutan COD yang berwarna kuning sebelum ditetesi indikator ferroin dan dititrasi dengan FAS, larutan berwarna merah setelah mencapai titik akhir titrasi, **(b)** pembacaan volume hasil titrasi menggunakan buret 10 mL

#### 2.2.2.5. Penentuan Presisi Analisis COD secara Titrasi

Penentuan presisi analisis COD dilakukan dengan cara menambahkan 2,5 mL sampel ke dalam *digestion vessel* dengan 8 kali pengulangan dan ditambahkan 1,5 mL *digestion solution* serta 3,5 mL asam sulfat pro-COD. Selanjutnya larutan dipanaskan selama dua jam pada suhu 150°C ke dalam reaktor COD. Larutan didinginkan hingga suhu ruang dan ditetesi indikator ferroin 1-2 tetes, lalu dititrasi dengan larutan baku FAS 0,05 M sampai terjadi perubahan warna dari hijau-biru menjadi coklat kemerahan. [13].

#### 2.2.2.6. Penentuan Akurasi Analisis COD secara Titrasi

Penentuan akurasi analisis COD dilakukan sebanyak 8 kali pengulangan dengan menambahkan larutan standar COD 60 mg/L, 1,5 mL *digestion solution* dan 3,5 mL asam sulfat pro-COD ke dalam *digestion vessel*. Selanjutnya larutan dipanaskan selama dua jam pada suhu 150°C ke dalam reaktor COD. Larutan didinginkan hingga suhu ruang dan ditetesi indikator ferroin 1-2 tetes, lalu dititrasi dengan larutan baku FAS 0,05 M sampai terjadi perubahan warna. [13].

### 3. Hasil dan Pembahasan

#### 3.1 Sampel Penelitian

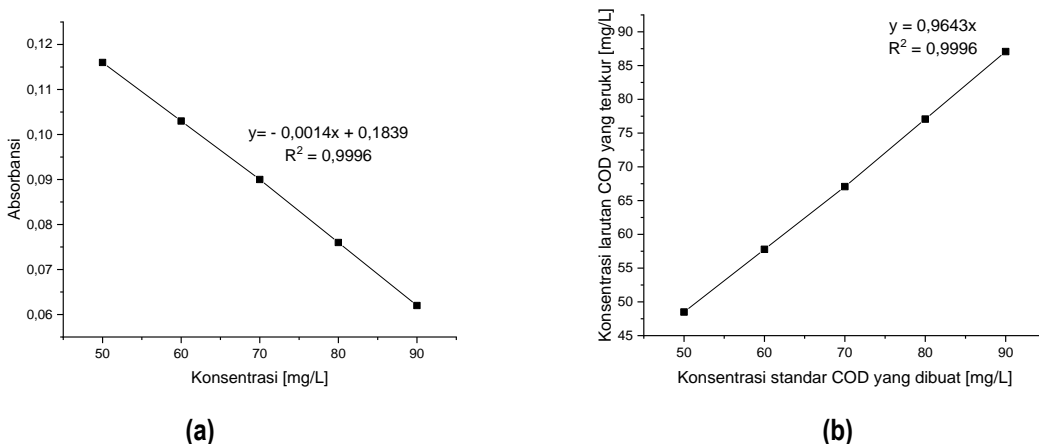
Penelitian ini menggunakan sampel CRM COD 60 ppm dari pengenceran larutan CRM COD 2000 ppm. Dari sampel yang telah dibuat kemudian diuji kadar COD nya menggunakan metode spektrofotometer visibel dan titrimetri.

#### 3.2 Penentuan Linieritas Larutan Standar COD

Jika suatu metode analisis dapat memberikan respon yang proporsional terhadap konsentrasi analit dalam sampel maka metode tersebut dapat dianggap linier[9]. Linearitas adalah metode yang digunakan untuk menentukan kadar dalam sampel uji. Parameter hubungan linieritas yang digunakan dalam analisis regresi linear, dimana  $y$  adalah respon instrumen,  $b$  adalah intersep,  $x$  adalah konsentrasi analit, dan  $a$  adalah kemiringan dengan persamaan regresi linier  $y = ax + b$ . Nilai koefisien determinasi ( $r^2$ ) sebesar  $> 0,995$  menunjukkan keakuratan dalam mengerjakan suatu analisis [10]. Pengujian ini menggunakan larutan standar pada rentang *low concentration* yakni 50, 60, 70, 80, 90 mg/L yang dapat dilihat pada **Tabel 1**. Kurva kalibrasi larutan standar mengikuti persamaan  $y = -0,0014x + 0,1839$  dengan koefisien determinasi sebesar 0,9996 yang menunjukkan linearitas yang baik dan memenuhi syarat keberterimaan dalam SNI 69892:2019.

**Tabel 1.** Uji Linearitas

| Konsentrasi (mg/L) | Absorbansi |
|--------------------|------------|
| 50                 | 0,116      |
| 60                 | 0,103      |
| 70                 | 0,090      |
| 80                 | 0,076      |
| 90                 | 0,062      |



**Gambar 4.** (a) Kurva kalibrasi larutan COD *low concentration*, (b) kurva konsentrasi larutan COD yang terukur

**Tabel 1** dan **Gambar 4 (a)** menunjukkan bahwa absorbansi yang terbaca semakin menurun dengan semakin tinggi konsentrasi larutan standar. Kurva kalibrasi menggambarkan konsentrasi dan absorbansi memiliki hubungan terbalik. Hal ini dikarenakan jumlah yang  $K_2Cr_2O_7$  yang bersisa setelah bereaksi dengan senyawa organik, terbaca pada alat spektrofotometer sinar tampak. Semakin besar konsentrasi larutan standar, semakin sedikit kalium dikromat yang bersisa. Absorbansi akan semakin kecil apabila sisa residu kalium dikromat semakin sedikit. Sementara itu pada **Gambar 4 (b)** menunjukkan bahwa terdapat korelasi linier antara konsentrasi larutan COD yang dibuat dengan konsentrasi larutan COD yang terukur.

#### 3.3 Penentuan Metode Detection Limit (MDL) dan Limit of Quantification (LOQ)

Nilai MDL menunjukkan konsentrasi analit terendah yang dapat ditetapkan oleh suatu metode dengan mengaplikasikan metode tersebut secara lengkap sehingga dihasilkan sinyal dengan propabilitas 99% berbeda dengan blanko [11]. Pengujian yang tidak terbaca pada konsentrasi minimum kadar COD dapat dicegah dengan

menghitung nilai MDL pada suatu metode. Berdasarkan data pada **Tabel 2** nilai MDL pada pengujian COD secara spektrofotometri dan titrimetri telah memenuhi syarat keberterimaan.

**Tabel 2.** MDL dan LOQ untuk COD secara spektrofotometri dan titrimetri

| Parameter                | Spektrofotometri <i>visibel</i> | Titrimetri |
|--------------------------|---------------------------------|------------|
| Rerata pengukuran (mg/L) | 60,85                           | 65,80      |
| % Recovery               | 101,42                          | 109,67     |
| Standar Deviasi (SD)     | 1,03                            | 3,33       |
| %RSD                     | 1,69                            | 5,07       |
| MDL (3.143 x SD)         | 3,23                            | 10,48      |
| LOQ (10 x SD)            | 10,29                           | 33,33      |

Berdasarkan data pada **Tabel 2** nilai LOQ untuk metode spektrofotometri dan titrimetri masing-masing adalah 10,29 dan 33,33 serta nilai MDL adalah 3,23 dan 10,48 mg/L. Metode spektrofotometri dan titrimetri memenuhi syarat keberterimaan dengan nilai %RSD tidak lebih dari 2/3 CV Horwitz dan nilai *recovery test* %R = 100% ± 50%. Temuan ini menunjukkan sensitivitas yang baik pada pengujian COD dengan metode spektrofotometri dan titrimetri.

### 3.4 Penentuan Presisi

Ketepatan pengujian COD menggunakan metode spektrofotometri dan titrimetri ditunjukkan pada **Tabel 3**. Pengujian COD telah memenuhi syarat keberterimaan dengan memiliki %RSD sebesar 1,69%. Berdasarkan SNI 6989.2:2019 metode penentuan COD secara spektrofotometri dan titrimetri telah memenuhi syarat keberterimaan dengan %RSD sebesar ≈ 5,36% [14]. Begitu pula untuk hasil pengujian COD secara titrimetri memiliki %RSD sebesar 5,07% dengan %RSD dalam SNI 6989.73:2009 sebesar ≈ 10,52% [13]. Kedua metode uji ini memiliki presisi yang tinggi karena keduanya memiliki nilai %RSD di bawah nilai CV Horwitz

**Tabel.3** Penentuan presisi COD secara spektrofotometri dan titrimetri

| Replikasi            | Konsentrasi COD (mg/L) |            |
|----------------------|------------------------|------------|
|                      | Spektrofotometri       | Titrimetri |
| 1                    | 59,93                  | 66,40      |
| 2                    | 59,19                  | 66,40      |
| 3                    | 60,67                  | 67,20      |
| 4                    | 61,41                  | 60,80      |
| 5                    | 62,15                  | 70,40      |
| 6                    | 62,15                  | 67,20      |
| 7                    | 60,67                  | 67,20      |
| 8                    | 60,67                  | 60,80      |
| Rerata               | 60,85                  | 65,80      |
| Standar Deviasi (SD) | 1,03                   | 3,33       |
| %RSD                 | 1,69                   | 5,07       |
| CV Horwitz           | 8,62                   | 8,52       |
| 2/3 CV Horwitz       | 5,75                   | 5,68       |

**Tabel 4.** Penentuan akurasi COD secara spektrofotometri dan titrimetri

| Replikasi | %Recovery        |            |
|-----------|------------------|------------|
|           | Spektrofotometri | Titrimetri |
| 1         | 99,88            | 110,67     |
| 2         | 98,64            | 110,67     |
| 3         | 101,11           | 112,00     |
| 4         | 102,35           | 101,33     |
| 5         | 103,58           | 117,33     |
| 6         | 103,58           | 112,00     |
| 7         | 101,11           | 112,00     |
| 8         | 101,11           | 101,33     |
| Rerata    | 101,42           | 109,67     |

**Tabel 4** menunjukkan bahwa %*recovery* pada penentuan COD secara spektrofotometri dan titrimetri masing-masing sebesar 101,42% dan 109,67%. Hal tersebut telah memenuhi persyaratan keberterimaan akurasi metode yang ditetapkan dalam SNI 6989.2:2019 dan SNI 6989.73:2009 dengan rentang 85-110% [14], [13].

### 3.5 Perbandingan Uji Penentuan Kadar COD secara Spektrofotometri dan Titrimetri

Perbandingan uji adalah proses membandingkan hasil dari dua metode pengujian. Dalam uji ini perbedaan hasil pengukuran kadar COD secara spektrofotometri dan titrimetri refluks tertutup dibandingkan untuk memastikan metode mana yang lebih tepat dan akurat untuk mengukur kadar COD. Dalam ilmu statistik, sampel dengan jumlah populasi kurang dari 30 dapat diuji dengan menggunakan jenis hipotesis yang disebut uji t. Pengukuran kadar COD dengan interval kepercayaan 95% menghasilkan t hitung 4,21 yang nilainya lebih besar dari t tabel 2,365. Hal ini menunjukkan hasil kedua metode tersebut berbeda secara nyata. Oleh karena itu dilakukan perhitungan uji t terhadap nilai acuan konsentrasi yakni 60 ppm pada masing-masing metode sehingga didapatkan hasil pada **Tabel 5**.

**Tabel 5.** Penentuan Uji t

| Replikasi            | Konsentrasi COD (mg/L) |            |
|----------------------|------------------------|------------|
|                      | Spektrofotometri       | Titrimetri |
| 1                    | 59,93                  | 66,40      |
| 2                    | 59,19                  | 66,40      |
| 3                    | 60,67                  | 67,20      |
| 4                    | 61,41                  | 60,80      |
| 5                    | 62,15                  | 70,40      |
| 6                    | 62,15                  | 67,20      |
| 7                    | 60,67                  | 67,20      |
| 8                    | 60,67                  | 60,80      |
| Rerata               | 60,85                  | 65,80      |
| Standar Deviasi (SD) | 1,03                   | 3,33       |
| t hitung             | 2,34                   | 4,93       |
| t tabel              | 2,37                   | 2,37       |

**Tabel 5** menunjukkan bahwa pada metode spektrofotometri t hitung < t tabel sehingga  $H_0$  diterima yang menunjukkan bahwa hasil dari metode spektrofotometri akurat. Sementara itu, pada metode titrimetri t hitung > t tabel sehingga  $H_0$  ditolak yang menunjukkan bahwa hasil dari metode titrimetri tidak akurat. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa untuk penentuan kadar COD dengan metode spektrofotometri lebih akurat dibandingkan metode titrimetri untuk penentuan kadar COD dengan rentang konsentrasi di bawah 90 ppm.

## 4. Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan dari penelitian yang telah dilakukan, dengan didapatkan perolehan %*recovery* sebesar 101,42% dan nilai %RSD 1,69% , pengukuran COD yang dilakukan menggunakan metode spektrofotometri refluks tertutup telah memenuhi syarat keberterimaan SNI. Pengujian COD secara titrimetri refluks tertutup juga memenuhi syarat keberterimaan dengan nilai %RSD 5,07% dan %*recovery* sebesar 109,67%. Penggunaan metode spektrofotometri refluks tertutup memiliki banyak kelebihan dibandingkan metode titrimetri di antaranya: (1) penggunaan bahan lebih sedikit dan biaya lebih murah, (2) limbah yang dihasilkan lebih sedikit, (3) pengujian bisa lebih efisien karena bisa menguji 24 sampel dalam sekali pengujian, dan (4) hasil uji akurasi dan presisi memenuhi keberterimaan SNI. Saran untuk penelitian ini agar selanjutnya dilakukan penelitian pengujian kadar COD pada rentang konsentrasi tinggi yakni pada rentang 100 mg/L sampai dengan 900 mg/L.

## Daftar Pustaka

- [1] R. N. Reeve, *Introduction to environmental analysis*. in Analytical techniques in the sciences. New York: Wiley, 2002.
- [2] B. Andika, P. Wahyuningsih, and R. Fajri, 'Penentuan Nilai BOD dan COD sebagai Parameter Pencemaran Air dan Baku Mutu Air Limbah di Pusat Penelitian Kelapa Sawit (PPJS) Medan', vol. 2, 2020.
- [3] G. Samudro and S. Mangkoedihardjo, 'Review on BOD, COD and BOD/COD Ratio: A Triangle Zone for Toxic, Biodegradable and Stable Levels', *Int. J. Acad. Res.*, vol. 2, no. 4, 2010.
- [4] T. E. Aniyikaiye, T. Oluseyi, J. O. Odiyo, and J. N. Edokpayi, 'Physico-Chemical Analysis of Wastewater Discharge from Selected Paint Industries in Lagos, Nigeria', *Int J Env. Res Public Health*, 2019.
- [5] M. Tamyiz, 'Perbandingan Rasio BOD/COD pada Area Tambak di Hulu dan Hilir terhadap Biodegradabilitas Bahan Organik', *J. Res. Technol.*, vol. 1, no. 1, pp. 9–15, Dec. 2015, doi: 10.55732/jrt.v1i1.326.
- [6] Y. Rohyami and T. Aprianto, 'Validation Method on Determination of Chemical Oxygen Demand Using Indirect UV-Vis Spectrometry'.

- [7] Y. Ge *et al.*, 'Electrochemical Determination of Chemical Oxygen Demand Using Ti/TiO Electrode', *Int. J. Electrochem. Sci.*, vol. 11, no. 12, pp. 9812–9821, Dec. 2016, doi: 10.20964/2016.12.05.
- [8] J. Ma, 'Determination of chemical oxygen demand in aqueous samples with non-electrochemical methods', *Trends Environ. Anal. Chem.*, vol. 14, pp. 37–43, Apr. 2017, doi: 10.1016/j.teac.2017.05.002.
- [9] J. Abraham, 'International Conference On Harmonisation Of Technical Requirements For Registration Of Pharmaceuticals For Human Use', in *Handbook of Transnational Economic Governance Regimes*, C. Tietje and A. Brouder, Eds., Brill | Nijhoff, 2010, pp. 1041–1053. doi: 10.1163/ej.9789004163300.i-1081.897.
- [10] U. Hasanah, A. H. Mulyati, D. Widiastuti, S. Warnasih, Y. Syahputri, and T. Panji, 'Development of COD (Chemical Oxygen Demand) Analysis Method in Waste Water Using UV-VIS Spechtrophotometer', vol. 03, no. 02, 2020.
- [11] Universitas Islam Indonesia, I. Ramadhan, Y. Rohyami, and R. Ahdiaty, 'Verifikasi Metode Uji COD secara Spektrofotometri UV-Vis untuk Low Concentration dan High Concentration', *IJCA Indones. J. Chem. Anal.*, vol. 5, no. 1, pp. 52–61, Mar. 2022, doi: 10.20885/ijca.vol5.iss1.art6.
- [12] SNI.06.6989.15:2004,"Analisa COD Refluks Terbuka Secara Titrimetri", 2004
- [13] SNI.6989.73:2019,"Analisa COD Refluks Tertutup Secara Titrimetri", 2019
- [14] SNI.6989.2:2019, "Analisa COD Refluks Tertutup secara Spektrofotometri", 2019.