

**PENENTUAN ANGKA KEBUTUHAN OKSIGEN KIMIA AIR LIMBAH
DENGAN MEMPERTIMBANGKAN FAKTOR KETIDAKPASTIAN
KASUS IPAL DI PUSAT LITBANG PERMUKIMAN**

**Determination of the Chemical Oxygen Demand of Wastewater
by Considering the Uncertainty Factor**

Incase of Wastewater Treatment Plant at Research Institute for Human Settlements

Tuti Kustiasih

Pusat Litbang Permukiman
Jl. Panyaungan, Cileunyi Wetan-Kabupaten Bandung 40393
Email: utut_albar@yahoo.com

Diterima : 01 Maret 2011; Disetujui : 22 Juni 2011

Abstrak

Dalam mengestimasi ketidakpastian pengukuran semua faktor atau komponen ketidakpastian yang penting perlu dianalisis sesuai dengan ketentuan dalam ISO 17025 tahun 2008. Sebagai laboratorium pengujian harus menerapkan prosedur pelaksanaan estimasi ketidakpastian pengukuran untuk semua jenis pengujian. Kesalahan (error) adalah penyimpangan nilai yang diukur dari nilai benar X_0 . Dalam melaporkan ketidakpastian pengukuran dalam pengujian kimia, perlu mempertimbangkan jenis metoda uji, validasi metode dan tertelusur. Penelitian menggunakan metode eksploratif terhadap efisiensi instalasi pengolahan air limbah di kantor Pusat Litbang Permukiman melalui penentuan angka COD pada influen dan efluen. Tujuan penelitian adalah menentukan angka COD air limbah influen dan effluen di instalasi pengolahan air limbah yang dianalisis dengan memperhatikan faktor-faktor yang mempengaruhi dan prosedur perhitungan ketidakpastian pengukuran. Penentuan kebutuhan oksigen kimia (COD) dilakukan secara kimia dengan menggunakan oksidator kuat Kalium Bikromat ($K_2Cr_2O_7$) yang digunakan sebagai sumber oksigen (oxidizing agent) pada kondisi asam dan panas dengan katalisator Perak Sulfat. Hasil pengujian kualitas kebutuhan oksigen kimia (COD) air limbah dari instalasi pengolahan limbah biofilter di Pusat Litbang Permukiman, dengan tingkat kepercayaan 95% dan $k = 2$, disimpulkan bahwa pada influen = $33.43 \pm 0,26$ mg/L dan efluen = $13,53 \pm 0,10$ mg/L. Efisiensi pengolahan air limbah di Pusat Litbang Permukiman untuk parameter kebutuhan oksigen kimia (COD) adalah 59,53%.

Kata Kunci : Ketidakpastian, biofilter, oksidator, katalisator, kualitas

Abstract

In estimating the uncertainty, measurement of all factors or components of uncertainties is important and need to be analyzed in accordance ISO 17025 in 2008. Test laboratories shall apply the procedures of estimation of measurement uncertainty to all types of testing. Error is the deviation from the measured value of true value x_0 . Reporting measurement uncertainty in chemical testing needs to consider the types of test methods, validation methods and traceability. This research employs explorative methods of efficiency of wastewater treatment plant in the Office of Research Institute for Human Settlements (RIHS) through determination of COD in the influent and effluent. The objectives of the study are to determine the COD number of wastewater in the influent and effluent at wastewater treatment plants that were analyzed by taking into account the factors that influence the uncertainty of measurement and calculation procedures. Chemical oxygen demand (COD) is chemically determined using a strong oxidizing agent Potassium Bichromate ($K_2Cr_2O_7$) as a source of oxygen (oxidizing agent) in acidic conditions and heat with silver sulfate catalyst. From the results of testing the quality of chemical oxygen demand (COD) of wastewater from sewage treatment plant biofilter at RIHS, with 95% confidence level and $k = 2$, it is concluded that COD in the influent is 33.43 ± 0.26 mg / L and in the effluent = 13.53 ± 0.10 mg / L. Efficiency of wastewater treatment plant at RIHS for the parameters of chemical oxygen demand (COD) is 59.53%.

Keywords : Uncertainty, biofilter, oxidant, catalyst, quality

PENDAHULUAN

Menurut Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 82 Tahun 2001, tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian

Pencemaran Air, bahwa air merupakan salah satu sumber daya alam yang memiliki fungsi sangat penting bagi kehidupan dan perikehidupan manusia, serta untuk memajukan kesejahteraan umum, sehingga merupakan modal dasar dan

faktor utama pembangunan. Untuk melestarikan fungsi air perlu dilakukan pengelolaan kualitas air dan pengendalian pencemaran air secara bijaksana dengan memperhatikan kepentingan generasi sekarang dan mendatang serta keseimbangan ekologis.

Pengelolaan kualitas air adalah upaya pemeliharaan air sehingga tercapai kualitas air yang diinginkan sesuai peruntukannya dan menjamin agar kualitas air tetap dalam kondisi alamiahnya, maka diperlukan pemeriksaan kualitas air secara berkala, terutama terhadap parameter-parameter yang merupakan indikator adanya pencemaran di dalam air, antara lain pemeriksaan parameter pH, TSS, COD dan BOD, yang dapat digunakan sebagai salah satu ukuran bagi pencemaran air oleh zat-zat organik.

Dalam mengestimasi ketidakpastian pengukuran semua faktor atau komponen ketidakpastian yang penting perlu dianalisis sesuai dengan ketentuan dalam ISO 17025 tahun 2008. Sebagai laboratorium pengujian harus menerapkan prosedur pelaksanaan estimasi ketidakpastian pengukuran untuk semua jenis pengujian.

Tujuan penelitian adalah menentukan angka COD air limbah *influent* dan *effluent* di instalasi pengolahan air limbah yang dianalisis dengan memperhatikan faktor-faktor yang mempengaruhi dan prosedur perhitungan ketidakpastian pengukuran.

Untuk menjaga atau mencapai kualitas air sehingga dapat dimanfaatkan secara berkelanjutan sesuai dengan tingkat mutu air yang diinginkan, maka perlu upaya pelestarian dan atau pengendalian. Pelestarian kualitas air merupakan upaya untuk memelihara fungsi air agar kualitasnya tetap pada kondisi alamiahnya.

Air limbah domestik adalah air limbah yang berasal dari usaha dan atau kegiatan permukiman (*real estate*), rumah makan, perkantoran, perniagaan, apartemen dan asrama (Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 112, Tahun 2003).

Air yang kondisi kualitasnya lebih baik dari baku mutu air berarti masih memiliki kemampuan untuk menerima beban pencemaran. Apabila beban pencemaran yang masuk melebihi kemampuan air menerima beban tersebut maka akan menyebabkan pencemaran air, yaitu kondisi kualitas air tidak memenuhi baku mutu air. Oleh sebab itu air limbah sebelum masuk ke badan air perlu dilakukan pengolahan terlebih dulu.

Teknologi pengolahan air limbah domestik telah banyak dikembangkan, salah satunya adalah

sistem atau teknologi biofilter yang diterapkan di kantor Pusat Litbang Permukiman. Prinsip kerja pengolahan air limbah dengan sistem biofilter di Pusat Litbang Permukiman adalah biodegradabilitas organik air limbah rumah tangga dapat secara aerobik (penambahan oksigen) dan anaerobik (tanpa penambahan oksigen) yang berlangsung pada fluida dan media kontak yang ada dalam instalasi. Pengolahan air limbah dengan sistem biofilter ini merupakan suatu tangki pengolahan air limbah yang terdiri dari beberapa kompartemen, berisi media kontrak yang sesuai sebagai tempat tumbuhnya bakteri pengurai.

Pemeriksaan kualitas air masuk (*influent*) dan air keluaran (*effluent*) dari instalasi perlu dilakukan secara periodik, untuk mengetahui efisiensi operasional dan pemeliharaan instalasi. Selain itu untuk pemantauan kualitas *effluent* sebelum dibuang ke badan air (sesuai persyaratan baku mutu) atau ke pengolahan lanjutan kolam Sanita, parameter yang diperiksa antara lain pH, TSS, COD dan BOD.

Dalam tulisan ini yang akan dibahas adalah penetapan angka COD karena banyak faktor yang mempengaruhi hasil dalam penentuan angka COD, antara lain pengaruh penetapan normalitas Ferro Ammonium Sulfat (FAS), kemurnian bahan, penentuan titik akhir pada proses titrasi.

Setiap pengukuran pasti memunculkan sebuah ketidakpastian pengukuran, yaitu perbedaan antara dua hasil pengukuran. Ketidakpastian juga disebut kesalahan, sebab menunjukkan perbedaan antara nilai yang diukur dan nilai sebenarnya. Hal ini bisa disebabkan oleh beberapa faktor.

Sumber-sumber kesalahan yang dimaksud antara lain :

1. Personil
2. Peralatan : kinerja dan kalibrasi
3. Metode uji
4. Bahan acuan/standar
5. Kondisi lingkungan
6. Bahan/*reagen* yang digunakan

Faktor itu dibagi dalam 2 garis besar, yaitu : ketidakpastian bersistem dan ketidakpastian acak.

Kesalahan (*error*) adalah penyimpangan nilai yang diukur dari nilai benar x_0 .

Ada 3 macam kesalahan, yaitu :

1. Kesalahan umum/keteledoran, kesalahan disebabkan si pengamat antara lain kurang terampil dengan alat yang dipakai
2. Kesalahan acak, kesalahan disebabkan fluktuasi-fluktuasi halus diantaranya gerak molekul udara, dll. Kesalahan acak menghasilkan simpangan yang tidak dapat

diprediksi terhadap nilai benarnya (x_0) sehingga peluangnya di atas atau di bawah nilai benar. Kesalahan acak tidak dapat dihilangkan tetapi dapat dikurangi dengan mengambil nilai rata-rata hasil pengukuran.

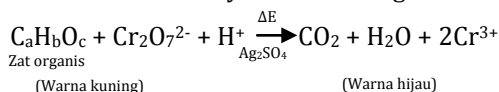
3. Kesalahan sistematis, kesalahan oleh kalibrasi alat, kesalahan titik nol, kesalahan komponen dan kesalahan arah pandang/paralaks. Kesalahan sistematis yang besar menyebabkan pengukuran tidak akurat.

Hasil pengukuran dikatakan akurat bila nilai rata-rata hasil pengukuran mendekati/ hampir sama dengan nilai yang benar. Bila nilai rata-rata jauh dari nilai benar maka hasil pengukuran dikatakan tidak akurat.

Dalam melaporkan ketidakpastian pengukuran dalam pengujian kimia, perlu mempertimbangkan jenis metoda uji, validasi metode dan ketelusuran. Dalam pengujian kimia dimungkinkan untuk mengelompokkan beberapa sumber ketidakpastian menjadi estimasi tunggal, seperti presisi.

Chemical Oxygen Demand (COD) atau kebutuhan oksigen kimia (KOK) adalah jumlah oksigen (mg O_2) yang diperlukan untuk mengurai atau mengoksidasi seluruh bahan organik yang terkandung dalam 1 (satu) liter air. Hal ini karena bahan organik yang ada sengaja diurai secara kimia dengan menggunakan oksidator kuat kalium bikromat ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$) yang digunakan sebagai sumber oksigen (*oxidizing agent*) pada kondisi asam dan panas dengan katalisator perak sulfat, sehingga segala macam bahan organik, baik yang mudah terurai maupun yang kompleks dan sulit terurai akan teroksidasi. Dengan demikian, selisih nilai antara COD dan BOD memberikan gambaran besarnya bahan organik yang sulit terurai yang ada di perairan. Jadi COD menggambarkan jumlah total bahan organik yang ada.

Persamaan reaksinya adalah sebagai berikut :



Perak Sulfat Ag_2SO_4 ditambahkan sebagai katalisator untuk mempercepat reaksi. Sedangkan merkuri sulfat ditambahkan untuk menghilangkan gangguan klorida yang umumnya terdapat di dalam air buangan.

Pemerintah telah menetapkan baku mutu air ambien tersebut berupa Peraturan Pemerintah (PP) RI Nomor 82 Tahun 2001, tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air menetapkan baku mutu air tawar dalam empat kelas, ditampilkan pada tabel 1.

Tabel 1 Penggolongan Kualitas Air Menurut PP 82 Tahun 2002

No	Parameter	Gol I	Gol II	Gol III	Gol IV
1	pH	6-9	6-9	6-9	5-9
2	BOD (mg/L)	2	3	6	12
3	COD (mg/L)	10	25	50	100
4	DO (mg/L)	6	4	3	0

Sumber : PP Nomor 82 Tahun 2002, Penggolongan Kualitas Air

Salah satu faktor yang sangat penting dalam menjaga mutu adalah kebenaran pengukuran tiap komponen. Kebenaran pengukuran ini dinyatakan oleh laboratorium penguji/kalibrasi yang berkompeten, untuk memahami dan melaksanakan kegiatan menjaga kompetensi laboratorium penguji dengan menerapkan Sistem Manajemen Laboratorium berdasarkan ISO/IEC 17025:2008. Unsur penting dalam penerapan sistem manajemen ini salah satunya adalah perhitungan ketidakpastian pengukuran.

METODE PENELITIAN

Penelitian menggunakan metode eksploratif terhadap efisiensi instalasi pengolahan air limbah di kantor Pusat Litbang Permukiman dalam menguraikan zat organik dengan cara menentukan angka COD pada *influent* dan *effluent*.

Penelitian menggunakan data primer, yaitu data hasil pengujian kualitas COD terhadap contoh uji yang diambil pada titik sampling air *influent* dan *effluent* IPAL, yang dilakukan pada tanggal 10 Januari 2010. Dari masing-masing contoh uji tersebut dihomogenkan dan dibagi ke dalam 10 Erlemeyer masing-masing 100 mL, kemudian dilakukan titrasi dengan FAS.

Prinsip penetapan angka COD dengan memperhatikan faktor ketidakpastian :

- 1) Penetapan angka COD menggunakan metode analisis berdasarkan SNI 06-6989.15-2004.
- 2) Melakukan uji ketidakpastian pengukuran baku, gabungan dan ketidakpastian diperluas menggunakan diagram *fishbone* untuk menggambarkan pengaruh pengujian dan rumusan perhitungan untuk masing-masing ketidakpastian.
- 3) Pelaporan hasil
- 4) Menghitung efisiensi instalasi dalam pengolahan COD

Penetapan ketidakpastian baku dari presisi/*repeatability* untuk penetapan ketidakpastian normalitas FAS dan penetapan ketidakpastian COD, dilakukan dengan cara :

- a) Penetapan dilakukan 10 kali perhitungan
- b) s adalah standar deviasi yang diperoleh dari pengulangan penetapan normalitas FAS sebanyak 10 kali di atas.
- c) s yang diperoleh tersebut merupakan ketidakpastian baku asal presisi/*repeatability*

yang mencakup presisi/*repeatability* penimbangan, volume titrasi dan titik akhir sebesar.

Langkah-langkah estimasi ketidakpastian adalah sebagai berikut :

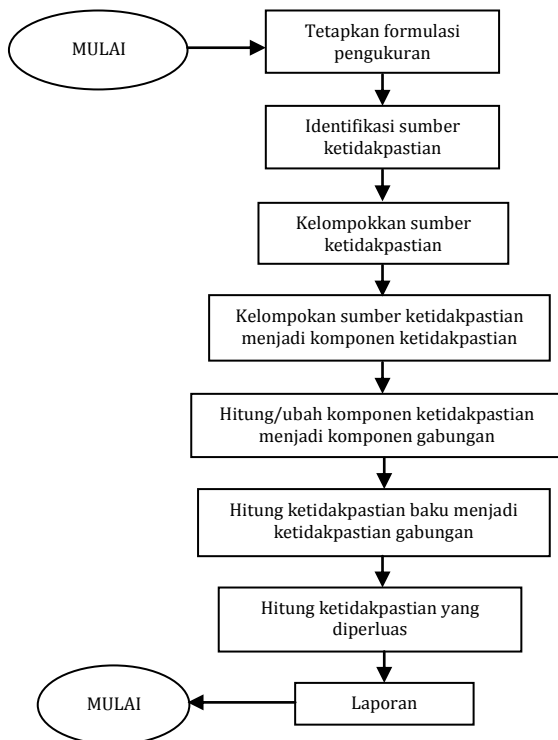
1. Penentuan spesifikasi kuantitas yang diukur dengan formula/persamaan;
2. Menyusun model dari sistem pengujian;
3. Membuat/mengidentifikasi sumber-sumber ketidakpastian (yang dapat memberikan kontribusi kesalahan terhadap hasil akhir);
4. Mengelompokkan sumber-sumber ketidakpastian ke dalam Kategori komponen ketidakpastian (tipe A dan Tipe B);
5. Komponen ketidakpastian diestimasi sehingga ekuivalen dengan simpangan baku (s), yang disebut ketidakpastian baku (μ);
6. Ketidakpastian baku kemudian digabungkan (*combined uncertainty*/ketidakpastian gabungan) untuk menghasilkan ketidakpastian hasil pengujian secara keseluruhan (μc);
7. Menghitung *expanded uncertainty* (ketidakpastian diperluas) = U, yaitu dengan mengalikan dengan nilai faktor cakupan (k)

$$U = \mu c \times k$$

8. Pelaporan hasil uji

Y ± U dengan faktor cakupan k

Langkah dalam menentukan hasil uji COD yang dipengaruhi ketidakpastian pengukuran sampai pelaporan dapat dilihat pada diagram alir langkah perhitungan ketidakpastian pengujian ditampilkan pada gambar 2 :



Gambar 1 Diagram Alir Penentuan Ketidakpastian

Penentuan estimasi ketidakpastian pengukuran dihitung dari berbagai sumber informasi pada saat persiapan dan pengujian. Sumber informasi yang dimaksud antara lain sebagai berikut :

1. Data pengukuran sebelumnya;
2. Data dari validasi metode;
3. Data verifikasi;
4. Sertifikat kalibrasi alat yang digunakan;
5. Spesifikasi pabrik;
6. Data dari kalibrasi laboratorium/uji profisiensi/QC;
7. Berdasarkan pengalaman atau data pustaka.

Penetapan ketidakpastian COD disederhanakan menjadi 2 proses perhitungan yaitu :

- Penetapan ketidakpastian normalitas FAS;
- Penetapan ketidakpastian COD

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengolahan air limbah di Pusat Litbang Permukiman menggunakan sistem biofilter. Konsentrasi COD air limbah yang diambil di titik *influent* dan *effluent* instalasi pengolahan air limbah ini dapat dilihat pada tabel 2 :

Tabel 2 Hasil Pengujian COD

Parameter	<i>Influent</i>	<i>Effluent</i>
COD (mg/L)	33,43	13,53

Sumber : Hasil Uji Laboratorium Lingkungan Permukiman, 2010

Berdasarkan PP Nomor 82 Tahun 2002, bahwa efluen air limbah, 13,53 mg/L masih berada di bawah ketentuan pada golongan II, yaitu 25 mg/L.

Penetapan Ketidakpastian FAS

Identifikasi sumber ketidakpastian menggunakan diagram *fishbone* seperti pada gambar 2.

Penetapan Ketidakpastian COD

Identifikasi ketidakpastian pengujian COD menggunakan diagram *fishbone*, seperti terlihat pada gambar 3.

Penetapan masing-masing sumber ketidakpastian diubah menjadi standar deviasi atau ketidakpastian baku berdasarkan sebagai berikut :

Repetabilitas Titrasi

Hasil repetabilitas titrasi pada penetapan FAS ditampilkan pada tabel 3.

Pemakaian FAS untuk mentitrasi larutan blanko adalah 12,30 mL.

Ketidakpastian Baku dari Penimbangan $K_2Cr_2O_7$

Ketidakpastian baku asal penimbangan berasal dari sertifikat kalibrasi neraca. Ketidakpastian = 0,1 mg pada tingkat kepercayaan 95% dengan faktor cakupan k = 2, maka diperoleh nilai ketidakpastian baku :

$$\frac{0,1}{2} = 0,05 \text{ mg}$$

Ketidakpastian baku gabungan dari 2 tahap penimbangan yaitu penimbangan cawan kosong dan cawan kosong+K₂Cr₂O₇. Maka ketidakpastian baku asal penimbangan adalah :

$$\mu_{\text{penimbangan}} = \sqrt{2(0,05)^2} = 0,0707 \text{ mg}$$

Tabel 3 Repetabilitas Titrasi

Titration	Vol FAS mL	mL FAS Inlet	mL FAS Outlet
1	25,11	11,90	12,14
2	25,18	11,90	12,10
3	25,13	11,93	12,10
4	25,11	11,95	12,14
5	25,13	11,92	12,11
6	25,11	11,85	12,15
7	25,15	11,90	12,14
8	25,12	11,89	12,12
9	25,15	11,91	12,12
10	25,13	11,84	12,13
n	251,32	119,00	121,25
n	10	10	10
X	25,13	11,90	12,125
Stdev	0,0225	0,0335	0,0178
N FAS	0,0995		
COD (mg/L)		33,43	13,53

Sumber : Pengukuran dan Perhitungan, 2010

Ketidakpastian dari Volume Buret

Dalam penentuan ketidakpastian baku dari volume buret yang digunakan pada saat titrasi, data diperoleh dari beberapa sumber, ketidakpastian baku, yaitu :

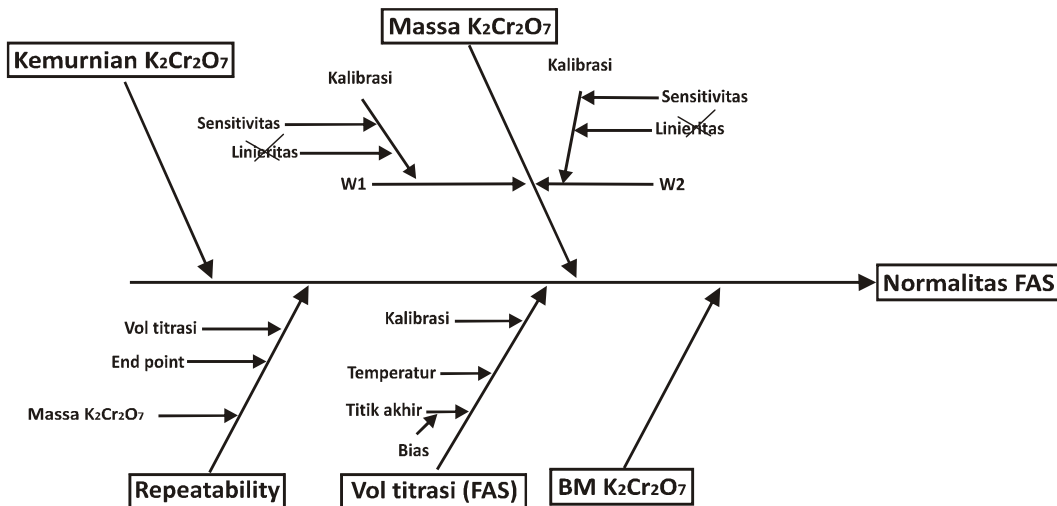
1. ketidakpastian baku data kalibrasi buret, berasal dari kalibrasi buret, yaitu dari sertifikat nilai ketidakpastian buret = 0,01 mL dengan nilai cakupan k = 2,

$$\mu_{\text{Vol buret}} = 0,005 \text{ mL ;}$$

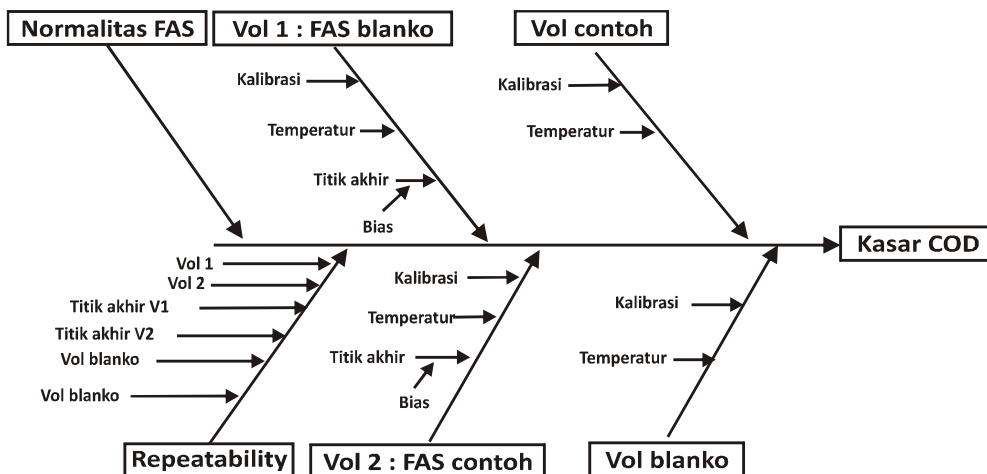
2. ketidakpastian baku pengaruh suhu, merupakan perbedaan suhu saat buret dikalibrasi dengan suhu laboratorium. Perbedaan suhu pada saat pengukuran adalah 2°C, maka :

$$\mu_{\text{pengaruh suhu}} = \frac{2}{2} = 1^\circ\text{C}$$

3. ketidakpastian baku bias titik akhir (dengan menganggap pada tetesan terakhir saat titrasi dianggap dapat diabaikan). Ketidakpastiaan baku volume FAS ($\mu_{\text{vol FAS}}$) adalah berasal dari kalibrasi buret dan pengaruh suhu laboratorium.



Gambar 2 Sumber Ketidakpastian Penetapan Normalitas FAS



(Eurocham/CITAC Guide CG4, "Quantifying Uncertainty in Analytical Measurement", Second Edition, 2000)

Gambar 3 Penetapan Ketidakpastian COD

Hasil perhitungan ketidakpastian dari volume buret dapat dilihat pada tabel 4.

Pada informasi dari label menunjukkan kemurnian $K_2Cr_2O_7$ 99,99%, maka ketidakpastian dari

kemurnian tersebut adalah 0,01% atau 0,0001, karena tidak adanya informasi apapun tentang faktor cakupan sehingga dianggap distribusinya adalah distribusi *rectangular*.

Tabel 4 Perhitungan Ketidakpastian Baku dan Gabungan Titration

No	Uraian	μ_{volume}	$\mu_{Pengaruh\ suhu}$ (mL)	$\mu_{gabungan}$ (mL)
1	Penetapan FAS	$\frac{0,01}{2} = 0,005$	0,0528	0,0530
2	Titration Sampel	$\frac{0,01}{2} = 0,005$	0,0249	0,0245
3	Titration Blanko	$\frac{0,01}{2} = 0,005$	0,0259	0,0265
4	Volume Pipet Ukur	Dari sertifikat kalibrasi pipet 0,002 mL dengan tingkat kepercayaan 95% dan $k = 2$ $\frac{0,002}{2} = 0,001$	0,021	0,0224

Sumber : Hasil Perhitungan, 2010

Ketidakpastian baku dari kemurnian adalah :

$$\mu_p = \frac{0,0001}{\sqrt{3}} = 5,7735E - 5$$

Ketidakpastian baku dari bobot molekul $K_2Cr_2O_7$ dapat dilihat pada tabel 5 dan ketidakpastian baku gabungan massa $K_2Cr_2O_7$ pada tabel 6.

Tabel 5 Ketidakpastian Baku dari Bobot Molekul $K_2Cr_2O_7$

No	Unsur	Berat Atom (g/mol)	Ketidakpastian (g/mol)	Ketidakpastian baku (g/mol)
1	K	39,0983	0,0001	5,7735 E-5
2	Cr	51,9961	0,0006	0,00035
3	O	15,9994	0,0003	0,00017

Sumber : IUPAC Commission on Atomic Weights and Isotopic Abundances dan Hasil Perhitungan

Ketidakpastian gabungan asal massa $K_2Cr_2O_7$ adalah :

$$\mu_{BM} = \sqrt{(0,00012)^2 + (0,00069)^2 + (0,00121)^2} = 0,001$$

Dari hasil perhitungan di atas, maka ketidakpastian gabungan dari seluruh komponen ketidakpastian penetapan FAS dapat dilihat pada tabel 7.

Tabel 7 Ketidakpastian Gabungan dari Seluruh Komponen Ketidakpastian Penetapan FAS

No	Uraian	Nilai (x)	Ketidakpastian Baku (μ)	Ketidakpastian Baku Relatif (μ/x)
1	Massa $K_2Cr_2O_7$	12259 mg	0,0707 mg	5,7672E-6
2	Vol Fas	15,80 mL	0,03355 mL	0,000212
3	BM $K_2Cr_2O_7$	294,1846 g/mol	0,0014 g/mol	4,758E-06
4	Kemurnian	99,99	0,00005	0,5E-07

Sumber : Hasil Perhitungan, 2010

Ketidakpastian gabungan tanpa presisi :

$$\frac{\mu_{FAS}}{Kadar\ COD} = \sqrt{(5,7672E - 6)^2 + (0,000212)^2 + (4,758E - 6)^2 + (0,5E - 7)^2} = 2.11E-5 N$$

Tabel 6 Ketidakpastian Baku Gabungan Asal Massa $K_2Cr_2O_7$

No	$K_2Cr_2O_7$	Ketidakpastian baku
1	2K (2 x 5,7735 E-5)	0,00012
2	2Cr (2 x 0,00035)	0,00069
3	7O (7 x 0,00017)	0,00121
BM $K_2Cr_2O_7 = 294,1846$ mg/mol		

Sumber : Hasil Perhitungan, 2010

Normalitas FAS yang digunakan adalah 0,0995 N. Sehingga diperoleh ketidakpastian baku FAS :

$$\mu_{FAS} = 0,0995 \times 0,00021 = 2.11E-5 N$$

Ketidakpastian diperluas : dengan tingkat kepercayaan 95%, digunakan faktor cakupan $k = 2$, sehingga diperoleh ketidakpastian Normalitas FAS adalah :

$$U_N = k \times \mu_G = 2 \times 2.11E - 5 = 4,22E - 5$$

Ketidakpastian dari normalitas FAS diketahui sebesar : 0,0123 N dengan faktor cakupan 2. Maka Ketidakpastian baku dari Normalitas FAS adalah :

$$\mu_{FAS} = \frac{4,11E-5}{\sqrt{3}} = 0,000237N$$

Dan ketidakpastian gabungan seluruh komponen pada penetapan FAS dapat dilihat pada tabel 8.

Tabel 8 Ketidakpastian Gabungan dari Seluruh Komponen Ketidakpastian Penetapan FAS

No	Uraian	Nilai (x)	Ketidakpastian Baku (μ)	Ketidakpastian Baku Relatif (μ/x)
<i>Influent</i>				
1	Vol FAS untuk sampel	11,90 mL	0,0245 mL	0,0021
2	Vol FAS untuk blanko	12,30 mL	0,0265 mL	0,0022
<i>Efluent</i>				
1	Vol FAS untuk sampel	12,125 mL	0,0245 mL	0,0020
2	Vol contoh dan blanko	10 mL	0,0224 mL	0,0022
3	Normalitas FAS	0,0995 N	0,000237 N	0,0024

Sumber : Hasil Perhitungan, 2010

Ketidakpastian gabungan tanpa presisi :

$$\frac{\mu_{COD}}{Kadar\ COD_{inlet}} = \sqrt{(0,0021)^2 + (0,0022)^2 + (0,0022)^2 + (0,0024)^2} = 0,0038$$

$$\frac{\mu_{COD}}{Kadar\ COD_{inlet}} = \sqrt{(0,0021)^2 + (0,0020)^2 + (0,0022)^2 + (0,0024)^2} = 0,0044$$

Ketidakpastian dan pelaporan hasil pengujian kualitas COD untuk sampel uji air limbah dari hasil monitoring instalasi pengolahan air limbah sistem

biofilter di Pusat Litbang Permukiman, dengan tingkat kepercayaan 95% dan faktor cakupan $k = 2$, dapat dilihat pada tabel 9.

Tabel 9 Ketidakpastian dan Pelaporan Hasil Pengujian Kualitas COD Air Limbah Dari Instalasi Pengolahan Limbah di Pusat Litbang Permukiman

No	Titik Sampling	COD (mg/L)	μ_{COD} (mg/L)	$\mu_{G\ COD}$	Ketidakpastian Gabungan U_N Tingkat Kepercayaan 95%, $k = 2$ $U_N = k \times \mu_G$	Pelaporan Hasil Tingkat Kepercayaan 95%, $k = 2$ (mg/L)
1	<i>Influent</i>	33,43	0,13	0,13	0,26	$33,43 \pm 0,26$
2	<i>Efluent</i>	13,53	0,05	0,05	0,10	$13,53 \pm 0,10$

Dari hasil pemeriksaan terhadap kualitas COD air limbah dari *effluent* instalasi pengolahan air limbah di Pusat Litbang Permukiman adalah $13,53 \pm 0,10$ mg/L, berdasarkan PP Nomor 82 Tahun 2002, tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air masih berada di bawah golongan B (kelas dua), yaitu 25 mg/L. Golongan B atau golongan kelas dua adalah air yang peruntukannya dapat digunakan untuk prasarana/sarana rekreasi, pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, air untuk mengairi pertamanan, dan atau peruntukkan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.

Dengan memperhitungkan ketidakpastian seluruh komponen pada saat pengujian kadar COD, ketidakpastian gabungan U_N dengan Tingkat Kepercayaan 95%, $k = 2$, hasil yang dapat diterima adalah :

- *influent* berkisar 33,17 - 33,69 mg/L
- *effluent* 13,43 - 13,63 mg/L

Efisiensi pengolahan limbah di Pusat Litbang Permukiman untuk parameter COD mencapai 59,53%.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

1. Hasil pengujian kualitas COD instalasi pengolahan air limbah di Pusat Litbang

Permukiman dengan tingkat kepercayaan 95% dan $k = 2$, yang dipengaruhi oleh ketidakpastian pengukuran adalah:

$$\begin{aligned} \text{Kualitas } \textit{influent} &= 33,43 \pm 0,26 \\ \text{mg/L dan Kualitas } \textit{effluent} &= 13,53 \pm 0,10 \\ \text{mg/L.} \end{aligned}$$

Efluent dari instalasi pengolahan air limbah di Pusat Litbang Permukiman berada dibawah baku mutu golongan B atau kelas dua, yaitu sebesar 25 mg/L berdasarkan PP Nomor 82 Tahun 2002, tentang pemeriksaan kualitas air dari sistem pengolahan air limbah perlu dilakukan secara berkala untuk mengetahui layak tidaknya *effluent* di buang ke badan air.

2. Efisiensi pengolahan COD instalasi pengolahan air limbah Pusat Litbang Permukiman adalah 59,53%, perlu ada peningkatan kinerja dengan memperbaiki operasional dan pemeliharaan IPAL.
3. Dalam pengujian kualitas air dalam hal ini kualitas COD banyak faktor yang mempengaruhi hasil pengukuran antara lain pengulangan pengujian, penimbangan, hasil kalibrasi alat yang digunakan, titik akhir titrasi, temperatur, berat molekul, kemurnian, massa.

Saran-saran

1. Pemeriksaan kualitas *influent* dan *effluent* IPAL disarankan dilakukan secara periodik.

2. Pengoperasian dan pemeliharaan IPAL Pusat Litbang Permukiman harus dilakukan sesuai persyaratan yang berlaku dan secara periodik.

DAFTAR PUSTAKA

- 2005. *Materi Pelatihan Ketidakpastian Pengukuran Dalam Pengujian*. Bandung.
- Eurocham/CITAC Guide CG4. 2000. *"Quantifying Uncertainty in Analytical Measurement"*. Second Edition.
- ISO/IEC 117025 (SNI 19-17025-2005). *Sistem Mutu Laboratorium*.
- IUPAC, *Commission on Atomic Weights and Isotopic Abundances*, Journal Pure Appl. Chem. Vol 69, PP.2471-2473, 1997.
- Kep. Men LH No. 112 Tahun 2003. Baku Mutu Air Limbah Domestik.
- PP Nomor 82 Tahun 2002. *Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air*.
- SNI 06-6989.15-2004. *Pengujian Kadar COD Sistem Reflux Terbuka*.