

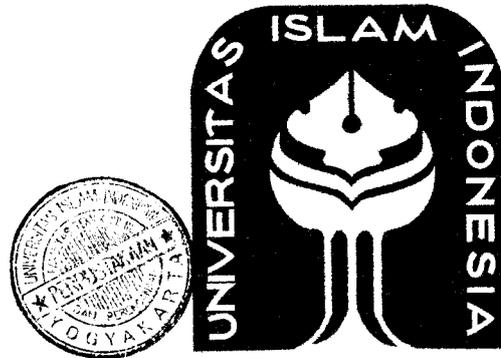
TA/TL/2006/0123

PERPUSTAKAAN FTSP UH	
HABISAN BELI	
TGL TERIMA :	16 April 2007
NO. JUDUL :	002403
NO. IRV. :	020002403001
NO. INDUK. :	

TUGAS AKHIR

**STUDI LAJU PERUBAHAN KONSENTRASI BOD DAN COD
DI DALAM SISTEM PENYALURAN AIR BUANGAN (SPAB)
KOTA JOGJAKARTA**

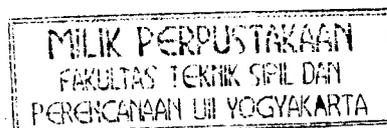
**Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia Sebagai Persyaratan Memperoleh Gelar
Sarjana Strata 1 (S1) Teknik Lingkungan**



Disusun Oleh:

KURNIASIH ASRI YUDASTITI
01 513 016

**JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
JOGJAKARTA
2006**



LEMBAR PENGESAHAN

TUGAS AKHIR STUDI LAJU PERUBAHAN KONSENTRASI BOD DAN COD DI DALAM SISTEM PENYALURAN AIR BUANGAN (SPAB) KOTA JOGJAKARTA

Disusun oleh :

NAMA : KURNIASIH ASRI YUDASTITI
NIM : 01 513 016
PROGRAM STUDI : TEKNIK LINGKUNGAN

Telah diperiksa dan disetujui oleh :

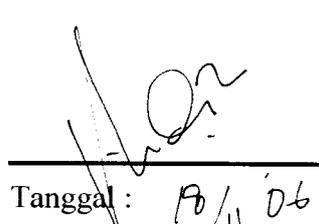
IR. H. KASAM, MT

Dosen Pembimbing I


Tanggal : 17-11-06

ANDIK YULIANTO, ST

Dosen Pembimbing II


Tanggal : 18/11/06

MOTTO

“Berlombalah kamu mencapai ampunan dari pada Tuhan dan surga, yang lebarnya seperti lebarnya langit dan bumi, disediakan untuk orang – orang yang beriman kepada Allah dan Rasul-Nya. Itulah karunia Allah, dianugerahkan-Nya kepada siapa saja yang dikehendaki-Nya. Allah mempunyai karunia yang besar”

(S. Al – Hadid, 21)

“Rintangan bukanlah kegagalan tetapi awal dari kesuksesan”

(Kurniasih Asri Yudastiti)

“Jadilah orang yang jujur pada dirinya sendiri sebelum kepada orang lain”

(Kurniasih Asri Yudastiti)

“Berbuatlah kebaikan kepada siapa saja tanpa mengharapkan imbalan apapun”

(Kurniasih Asri Yudastiti)

“Mulailah dengan hal yang kecil karena hal yang kecil itu akan membuat suatu perubahan yang sangat besar”

(Kurniasih Asri Yudastiti)

PERSEMBAHAN

Ku persembahkan karya kecilku sebagai tanda baktiku kepada :

*Kedua Orang tuaku tercinta...
Papa dan Mama yang telah membimbingKU,
Mengorbankan jiwa dan raganya untuk anakMu yang lemah ini, Terima kasih
atas segala – galanya maafKu belum dapat membalas,
Dan doa serta nasehat – nasehatnya*

Kakakku tercinta.....

Mas Kunto Jati Pramono

*Terima kasih atas segala nasehat – nasehat Mu, Doa – doa Mu yang senantiasa
menemani Ku
dan Pengertian Mu yang tiada tara..*

Spesial Toek Ms 54nd1

*Ms makasih ya..dah mo dengerin semua unek – unekKu
Kesabaran, dan tas semua pengorbanan Mu selama ini,
Kebersamaan diwaktu suka maupun duka
Semoga Allah SWT mendengar doa kita...
I LOVE U Ms*

KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

الشُّكْرُ عَلَيْكُمْ وَسَمِعَ اللَّهُ وَبَرَكَاتُهُ

Puji syukur saya panjatkan kehadirat Allah SWT, yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga saya dapat menyelesaikan laporan tugas akhir dengan judul “*Pengaruh Aerasi Terhadap Pengomposan Blotong*” ini dapat diselesaikan dengan baik.

Penyusunan tugas akhir ini sebagai salah satu syarat untuk memperoleh jenjang kesarjanaan Strata-1 pada Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.

Pada kesempatan ini saya ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Prof. Edy Suwandi Hamid, MSCE, Ph.D, selaku Rektor Universitas Islam Indonesia.
2. Bapak Dr. Ir. H. Ruzardi, MS, selaku dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.
3. Bapak Luqman Hakim, ST, Msi, selaku Ketua Jurusan Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.
4. Bapak Ir. H. Kasam, MT, selaku Dosen Pembimbing I Tugas Akhir

5. Bapak Bapak Andik Yulianto, ST, selaku Dosen Pembimbing II Tugas Akhir
6. Bapak, Eko Siswoyo, ST selaku Sekretaris Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.
7. Bapak Hudori, ST yang telah memberikan bimbingan dan ilmu pengetahuan kepada saya.
8. Mas Agus Adi Prananto, yang telah banyak membantu dan yang paling banyak direpotin sama urusan surat, kartu , dan semua urusan akademik. Makasih mas Agus, besok-besok aku gak ngerepotin lagi!
9. Mas Tasyono, dan Mas Iwan yang telah banyak membantu dalam penyelesaian Penelitian ini. Mas Iwan yang sabar ya.....!!!!
10. Papa dan Mama tercinta yang telah memberikan dorongan, semangat, kasih dan sayang, materiil serta do'a kepadaku
11. KakakKu yang tercinta Ms Kunto, yang selalu mendoakan AdikMu ini agar bisa bisa lebih tegar lagi dalam menghadapi hidup. Terima kasih atas kasih sayangMu Ms.
12. Ms 54nd1 tersayang, makasih atas kasih sayangnya, kesabaran, ketabahan, dan kemarahan dalam membimbingku. Aku berharap agar kita bisa sukses bersama. Ms...I LOVE U.....
13. Sahabat - sahabat *Enviro'01* : Ajis, Fikor, Indri, Vita, Eno, Eend, Indras, Joko, Epot, Wiwin, Ayu, Ibu Sherlie, Ida, Mais, Ferina, Yuyun, Teti, Devi, Idef, Anung, "Ony, Lukito, Adi, Bayu, Westi, Pandu, Bombom, Rince,

dan teman-teman semua yang tidak dapat disebutkan satu persatu. Hidup

Enviro '01!!!

14. Teman – teman *Enviro '01 dan '02*, yang melaksanakan Tugas Akhir bersama Chayooo.....

Semoga seluruh amal dan kebaikan yang telah diberikan mendapatkan ridho dari Allah SWT. Akhir kata saya berharap tugas akhir ini bermanfaat bagi kita semua. Amin

وَالسَّلَامُ عَلَيْكُمْ وَرَحْمَةُ اللَّهِ وَبَرَكَاتُهُ

Yogyakarta, November 2006

Penyusun

KURNIASIH ASRI YUDASTITI

**STUDI LAJU PERUBAHAN KONSENTRASI BOD DAN COD
DI DALAM SISTEM PENYALURAN AIR BUANGAN (SPAB)
KOTA JOGJAKARTA**

Kurniasih Asri Yudastiti, Kasam, Andik Yulianto

Jurusan Teknik Lingkungan
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Universitas Islam Indonesia

ABSTRAK

Air buangan muncul sebagai akibat dari berbagai macam aktivitas manusia, semakin tinggi aktivitas manusia maka akan semakin banyak air buangan yang akan dihasilkan. Air buangan yang dihasilkan akan dikumpul disuatu tempat untuk dilakukan pengolahan agar dapat dikembalikan ke lingkungannya. Untuk pengumpulan air buangan diperlukan adanya penyaluran (sewer) yaitu saluran bawah tanah (pipa, konstruksi baja, beton dll) untuk membawa sewage (material cair/padat, bahan buangan organik) dan atau air hujan menuju pusat pengolahan atau badan air penerima. Pada awalnya Sistem Penyaluran Air Buangan (SPAB) menitik beratkan pada transportasi atau pemindahan air buangan, tetapi dengan semakin terintegrasinya sistem penanganan air buangan, maka permasalahan pada penyaluran air buangan tidak hanya berkisar pada kuantitas air yang dipindahkan tetapi juga kualitasnya. Pada desain SPAB, walaupun diketahui di dalam pipa terjadi reaksi mikroorganisme yang menurunkan konsentrasi pencemar, tetapi relatif sedikit perhatian pada hal tersebut. Untuk menindak lanjuti hal tersebut maka dilakukanlah penelitian mengenai studi laju perubahan konsentrasi BOD dan COD di dalam SPAB. Penelitian ini dilakukan di Jogjakarta tepatnya di Ring Road Selatan di dekat Terminal Giwangan. Pengukuran dilakukan pada 3 ruas penggalan pipa utama selama 6 hari. Dari hasil penelitian tersebut didapatkan hasil yang fluktuatif dari konsentrasi BOD dan COD, yaitu berkisar 18,74 mg/L sampai 64,48 mg/L untuk konsentrasi BOD, dan 73,57 mg/L sampai 263,32 mg/L untuk konsentrasi COD dengan persentase rata - rata perubahan konsentrasinya berkisar -1,18 % sampai -11,57 % untuk BOD, dan -20,72 % sampai -27,60 % untuk COD. Dikarenakan hasil yang didapatkan tidak terlalu baik maka diharapkan untuk penelitian selanjutnya perlu dilakukan perbandingan dengan lokasi lain, minimal satu lokasi lagi yang kondisinya sama dengan lokasi awal.

Kata Kunci : BOD,COD, SPAB, Air Buangan, Laju Perubahan Konsentrasi

**A STUDY ON BOD AND COD CONCENTRATION DIFFERENTIAL
RATE
IN JOGJAKARTA'S SEWER**

Kurniasih Asri Yudastiti, Kasam, Andik Yulianto

Departement of Environmental Engineering
Faculty of Civil Engineering and Planning
Islamic University of Indonesia

ABSTRACT

Wastewater comes as a result of many human activities, the more the activities the more wastewater will be produced. Wastewater that was produced will be gathered in one place to undergo reproducing and so to bring it back to the neighbourhood. To gather wastewater, a sewer is needed which is an underground channel (pipes, steel constructions, concretes, etc) to carry sewage (liquid/solid materials, organic wastes) and/or storm water to treatment center or river. In the beginning, sewer were focused on transportation or wastewater distribution, but as the sewer became more integrated, the problems of wastewater now are not only focused around water quantity that is removed but also its quality. In sewer design, eventhough it is known that inside the pipe there are microorganisms reaction that decrease the pollutant concentration, but relatively little attention to this issue. To take measures on this issue, a research on load differential rate of TS, TSS, and TDS in sewer has been done. This research was performed in Yogyakarta, exactly in South Ring Road near Giwangan Station. The measurements was perform on 3 main pipe joints in 6 days. The results are fluctuative, which range from 18,74 mg/L to 64,48 mg/L for BOD concentration, and 73,57 mg/L to 263,32 mg/L for COD concentration, with percentage of differential concentration average range from -1,18 % to -11,57 % for BOD concentration, and -20,72 % to -27,60 % for COD concentration.. Because the results of this are less satisfied, we expect an improvement for the next research which is s comparation with another location, at least one more location that its condition is the same with the location before.

Keywords: BOD,COD, Sewer, Wastewater, Concentration Differential Rate

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
MOTO	iii
PERSEMBAHAN	iv
KATA PENGANTAR	v
ABSTRAKSI	viii
<i>ABSTRAKSI</i>	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR GRAFIK	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
BAB I PENDAHULUAN	1
1. 1 Latar Belakang	1
1. 2 Rumusan Masalah	4
1. 3 Tujuan Penelitian	4
1. 4 Manfaat Penelitian	5
1. 5 Batasan Masalah	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
2. 1 Air Buangan	7
2. 1. 1 Pengertian Air Buangan	7
2. 1. 2 Komposisi Air Buangan	8
2. 2 Efek Samping Dari Air Buangan	14

2.3	Sistem Penyaluran Air Buangan	15
2.4	Metode Penanganan Air Buangan	17
2.5	Pengolahan Air Limbah Domestik Secara Biologi	22
2.6	Bahan Organik Dalam Air Buangan	23
	2.6.1 DO (<i>Dissolve Oxygen</i>)	23
	2.6.2 BOD (<i>Biological Oxygen Demand</i>)	24
	2.6.2.1 Uji BOD	25
	2.6.2.2 Reaksi BOD	29
	2.6.3 COD (<i>Chemical Oxygen Demand</i>)	32
2.7	<i>Sewer</i> Sebagai Reaktor Biologis	34
2.8	Penurunan Konsentrasi BOD Di Dalam <i>Sewer</i>	37
2.9	Penelitian Yang Telah Dilakukan Sebelumnya	39
2.10	Hipotesa	39
BAB III METODE PENELITIAN		40
3.1	Jenis Penelitian	40
3.2	Lokasi Penelitian	40
3.3	Obyek Penelitian	43
3.4	Variabel Penelitian	43
3.5	Metode Analisa Labotarium dan Perhitungan	44
	3.5.1 Metode Analisa labotarium	44
	3.5.2 Analisa Data	44
	3.5.3 Metode Perhitungan	45
3.6	Prosedur Pengerjaan	47
BAB IV ANALISA HASIL DAN PEMBAHASAN		48
4.1	Analisa Hasil	48

4.2	Uji Statistik	54
4.2.1	<i>T – Test</i> Untuk Analisa BOD	54
4.2.2	<i>T – Test</i> Untuk Analisa COD	55
4.3	Pembahasan	56
4.3.1	Perubahan Laju Konsentrasi BOD Dan COD Terhadap Jarak Antar <i>Manhole</i>	56
4.3.2	Perubahan Laju Konsentrasi BOD Dan COD Terhadap <i>Sloope</i> (Kemiringan Saluran)	59
4.3.3	Waktu Yang Diperlukan Saat Pengambilan Sampel	63
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		65
5.1	Kesimpulan	65
5.2	Saran	66
DAFTAR PUSTAKA		67
LAMPIRAN		

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1	Karakteristik Fisik Limbah Domestik	12
Tabel 2. 2	Keuntungan Dan Kerugian Dari Penggunaan Sistem Terpisah (<i>Separated Sewer System</i>)	19
Tabel 2. 3	Keuntungan Dan Kerugian Dari Penggunaan Sistem Kombinasi (<i>Combain Sewer System</i>)	20
Tabel 2. 4	Perbandingan Rata – rata Angka BOD \ COD Untuk Beberapa Jenis Air	34
Tabel 2. 5	Elektron Penerima Dan Pemberi Untuk Proses Reduksi Secara Mikrobiologi Di Dalam Jaringan Air Buangan	37
Tabel 4. 1	Konsentrasi BOD Setiap Hari	48
Tabel 4. 2	Konsentrasi COD Setiap Hari	50
Tabel 4. 3	Perubahan Laju Konsentrasi BOD Setiap Hari Terhadap Jarak Antar <i>Manhole</i>	57
Table 4. 4	Perubahan Laju Konsentrasi COD Setiap Hari Terhadap Jarak Antar <i>Manhole</i>	58
Table 4. 5	Perubahan Laju Konsentrasi BOD Setiap Hari Terhadap <i>Sloope</i> (Kemiringan Salura	60
Tabel 4. 6	Perubahan Laju Konsentrasi COD Setiap Hari Terhadap <i>Sloope</i> (Kemiringan Salura	60
Tabel 4. 7	Kecepatan Aliran Pada Setiap <i>Manhole</i>	62
Tabel 4. 8	Lama Waktu Pengambilan Pada Setiap <i>Manhole</i>	63
Tabel 4. 9	Waktu Detensi Pada Reaktor <i>Suspended Growth</i>	64

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1	Komposisi Air Buangan Domestik	10
Gambar 2. 2	<i>On – Site System</i>	17
Gambar 2. 3	<i>Off – Site System</i>	17
Gambar 2. 4	Penanganan Gabungan	21
Gambar 2. 5	Alir Konversi Dari Air Limbah Organik Sampai Menghasilkan Sisa Dan Meresidu Lapisan Sel	25
Gambar 2. 6	Kurva Perubahan Dalam Bahan Organik Selama Oksidasi Biologi Air – Air Tercemar Pada Kondisi Keadaan <i>Aerob</i>	31
Gambar 2. 7	Kurva BOD	32
Gambar 2. 8	Interaksi Antara Komponen Di Dalam <i>Sewer</i>	36
Gambar 3. 1	Peta Sistem Penyaluran Air Buangan	41
Gambar 3. 2	Titik Pengambilan Sampel	42
Gambar 3. 3	Jarak Antar <i>Manhole</i> Pengambilan Sampel	43
Gambar 3. 4	Saluran Berbentuk Bulat	46
Gambar 3. 5	Grafik <i>Hydrolic Element For Circular Sewer</i>	46

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 LATAR BELAKANG MASALAH

Air merupakan kebutuhan pokok bagi makhluk hidup dalam kehidupan sehari – hari di muka bumi ini termasuk manusia. Tingkat kebutuhan air bagi makhluk hidup berbeda – beda tergantung dari penggunaan air tersebut. Air dalam hal ini dibedakan menjadi dua (2) macam, yaitu : air bersih dan air buangan.

Air buangan adalah air yang dihasilkan dari sisa – sisa aktivitas manusia. Persentase perubahan air bersih menjadi air buangan adalah sekitar 60 % - 90 % dari penggunaan air bersih per orang (Metcalf & Eddy, 2003). Seiring dengan semakin berkembangnya pertumbuhan penduduk di dunia ini, maka air buangan yang dihasilkanpun semakin meningkat.

Dilihat dari sangat pentingnya pengolahan air limbah tersebut, maka perlu adanya suatu pengolahan air limbah yang berfungsi untuk mengubah air limbah yang berbahaya menjadi air limbah yang tidak berbahaya bagi lingkungan dan manusia. Untuk melakukan pengolahan air limbah, maka air limbah perlu di salurkan ke tempat pengolahan dari sumber limbah.

Air buangan yang dihasilkan akan dikumpulkan di suatu tempat untuk dilakukan pengolahan agar dapat dikembalikan ke lingkungannya. Untuk pengumpulan air buangan diperlukan adanya penyaluran atau *sewer* yaitu saluran bawah tanah (pipa, konstruksi baja, beton dan lain - lain) untuk membawa *sewage*

(material cair/padat, bahan buangan organik) dan atau air hujan menuju pusat pengolahan atau badan air.

Pada awalnya perencanaan SPAB hanya menitik beratkan pada transportasi atau pemindahan air buangan, yang berasal dari air buangan manusia (*black water*), air buangan aktivitas dapur dan kamar mandi (*grey water*) dan air hujan, menuju tempat pembuangan atau pengolahan. Tetapi dengan semakin terintegrasinya sistem penanganan air buangan, maka permasalahan pada penyaluran air buangan tidak hanya berkisar pada kuantitas air yang dipindahkan tetapi juga kualitasnya. Titik tekan pada kualitas ini disebabkan oleh karena unjuk kerja dari pengolahan air buangan (IPAL, Instalasi Pengolahan Air Limbah) sangat dipengaruhi oleh kualitas air buangan yang masuk. Pada desain SPAB yang lama, walaupun diketahui di dalam pipa terjadi reaksi mikroorganisme yang menurunkan konsentrasi pencemar, tetapi relatif sedikit perhatian pada persentase penurunan konsentrasi kualitas air buangan.

Oleh karena di Indonesia sistem ini tidak terlalu populer, maka perhatian pada unjuk kerjanya dalam menurunkan kostituen bahan organik juga dirasakan sangat minim sekali.

Pada umumnya untuk perencanaan air limbah hanya dilihat dari segi hidroliknya, padahal di dalam penyaluran tersebut terdapat reaksi biologis yang dapat menurunkan kandungan konsentrasi BOD (*Biological Oxygen Demand*), dan COD (*Chemical Oxygen Demand*), atau dalam kata lain saluran merupakan reaktor biologis.

Sebelumnya penelitian ini telah dilakukan penelitian yang sama yang dilakukan oleh Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) yang bekerja sama dengan BTLK pada tahun 1994 yang meneliti kadar limbah yang terkandung dalam air buangan domestik kota Jogjakarta yang berlokasi di tiga (3) titik, yaitu :

1. Mantri Jeron ;
2. Gedong Tengen ; dan
3. Jetis.

Studi yang pernah dilakukan juga oleh Hakim (2005), dalam penelitian yang pernah dilakukan terdapat kelemahan dalam saluran primer maupun sekunder terdapat jalur pipa yang tidak terpetakan sehingga mengakibatkan kadar BOD, dan COD yang diharapkan semakin berkurang tetapi malah terjadi kenaikan, diharapkan dalam setiap perhitungan debit jangan bertolak ukur terhadap banyaknya orang yang dilayani karena hampir semua jaringan di kota Jogjakarta terdapat tambahan air dari pipa penggelontor.

Hal inilah yang melatar belakangi pemilihan tema penelitian. Dalam penelitian ini dipilih kota Jogjakarta sebagai lokasi studi penurunan konsentrasi BOD (*Biological Oxygen Demand*), dan COD (*Chemical Oxygen Demand*) di dalam air buangan. Alasan pemilihan kota Jogjakarta sebagai lokasi studi adalah keberadaan SPAB di Jogjakarta yang telah ada sebelum masa kemerdekaan, sehingga dengan demikian dapat diketahui prosentase penurunan BOD (*Biological Oxygen Demand*), dan COD (*Chemical Oxygen Demand*) pada desain pipa air buangan.

1.2 RUMUSAN MASALAH

Berdasarkan latar belakang yang telah dipaparkan di atas, maka didapatkan rumusan masalah, seberapa besar kemampuan sistem penyaluran air buangan (SPAB) pada saluran pipa utama (*main sewer*) Jogjakarta dapat menurunkan konsentrasi BOD (*Biological Oxygen Demand*), dan COD (*Chemical Oxygen Demand*) diukur terhadap jarak dan slope (kemiringan pipa). Hal ini dikaitkan pula dengan temperature harian, dan debit air buangan yang mengalir di dalam saluran tersebut.

1.3 TUJUAN PENELITIAN

Tujuan dari penelitian ini, yaitu :

1. Mengukur tingkat penurunan konsentrasi BOD (*Biological Oxygen Demand*), dan COD (*Chemical Oxygen Demand*) pada perpipaan Sistem Penyaluran Air Buangan (SPAB) kota Jogjakarta, yang di desain pada konsep desain konvensional ; dan
2. Mengetahui keterkaitan antara penurunan konsentrasi BOD (*Biological Oxygen Demand*), dan COD (*Chemical Oxygen Demand*) terhadap jarak dan *sloope* (kemiringan pipa), dan temperatur harian.

1.4 MANFAAT PENELITIAN

Pada penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat antara lain :

1. Kajian keterkaitan antar desain Sistem Penyaluran Air Buangan (SPAB) konvensional kota Jogjakarta dengan laju penurunan BOD (*Biological Oxygen Demand*), dan COD (*Chemical Oxygen Demand*) di dalamnya ;
2. Dasar penelitian lanjutan untuk perancangan Sistem Penyaluran Air Buangan (SPAB) sebagai reaktor biologis dengan tingkat konsentrasi DO, BOD, dan COD influent sebagai salah satu parameternya ; dan
3. Memberi pengetahuan bahwa sewer dapat dijadikan *pre - treatment* dalam pengelolaan air buangan.

1.5 BATASAN MASALAH

Sesuai dengan tujuan penelitian dan supaya penelitian dapat berjalan dengan baik dan sesuai dengan keinginan, sehingga tidak terjadi penyimpangan dalam penelitian, maka batasan – batasan masalah mengenai hal – hal yang akan dilaksanakan, yaitu :

1. Parameter yang diuji, yaitu : BOD, dan COD ;
2. Pada tiap zona diambil 3 ruas penggalan pipa utama ;
3. Sampling dilaksanakan selama 6 hari berturut – turut pada satu zona dan waktu pengambilan sampel pada jam 09.00 – 10.00 ;
4. Limbah atau air buangan yang akan diuji, yaitu air buangan dari saluran air buangan kota Jogjakarta ; dan

5. Pengukuran debit air buangan (dengan mengukur tinggi aliran dan kecepatan aliran) dan temperatur air dalam sewer.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 AIR BUANGAN

2.1.1 Pengertian Air Buangan

Menurut *Metcalf and Eddy* 2003 dalam "*Wastewater Engineering : Treatment and Reuse*", air buangan adalah campuran cairan atau limbah cair yang dibawa dari pemukiman, instansi pemerintah, dan komersil, dan industri, yang bersamaan ikut masuk seperti air tanah, air permukaan, dan air hujan.

Menurut Tjokrokusumo (1995) yaitu air buangan diartikan sebagai kejadian masuknya atau dimasukkannya benda padat, cair dan gas ke dalam air dengan sifatnya yang berupa endapan/padatan tersuspensi, terlarut, sebagai koloid, emulsi yang menyebabkan air dimaksud harus dipisahkan atau dibuang dengan sebutan air buangan.

Menurut Slamet (1994), air buangan muncul sebagai akibat dari berbagai macam aktivitas manusia, semakin tinggi aktivitas manusia semakin banyak pula air buangan yang akan dihasilkan. Yang dimaksud dengan air buangan adalah semua air/zat yang tidak lagi dipergunakan, sekalipun kualitasnya mungkin baik.

Menurut *Duncan Mara* (1975) dalam "*Sewage Treatment in Hot Climate*", mendefinisikan air buangan adalah air buangan dari kegiatan pembersihan rumah tangga (air buangan domestik).

Sedangkan menurut *George Thobanaglus* (1972) dalam "*Waste Water Engineering*", air buangan adalah kombinasi antara air dan padatan yang karakteristiknya tergantung dari sumber air buangan tersebut.

Pada umumnya air limbah atau air buangan merupakan air bekas yang sudah tidak dapat terpakai lagi sebagai hasil dari adanya kegiatan manusia sehari – hari. Air buangan tersebut biasanya dibuang ke alam yaitu tanah dan badan air penerima, tetapi sebelumnya harus dilakukan pengolahan terlebih dahulu.

2.1.2 Komposisi dan Sifat – Sifat Air Buangan

Air buangan domestik merupakan campuran antara bahan organik dan anorganik dalam berbagai bentuk, seperti partikel – partikel benda padat yang berukuran besar dan kecil atau sisa – sisa bahan larutan dalam bentuk koloid. Air buangan domestik juga mengandung unsur – unsur hara, sehingga dengan demikian merupakan wadah yang baik sekali untuk pembiakan mikroorganisme.

Jenis dan sumber air buangan dikelompokkan berdasarkan sumber penghasil atau penyebab air buangan yang secara umum terdiri dari :

a. Air limbah domestik

Air limbah yang berasal dari kegiatan pemukiman, seperti rumah tinggal, hotel, kampus, perkantoran, pasar, dan fasilitas – fasilitas pelayanan umum lainnya. Air buangan domestik adalah air bekas yang tidak dapat dipergunakan lagi untuk tujuan semula baik yang mengandung kotoran manusia (tinja) atau dari aktifitas kamar mandi, dapur dan mencuci dimana kuantitasnya antara 50 % - 70 % dari rata - rata pemakaian air bersih (120 -

140 liter/orang/hari). Karena persentase air buangan yang cukup besar dari pemakaian air bersih dapat dipastikan air buangan domestik mengandung lebih dari 90 % cairan (Kodoatie, 2005).

b. Air limbah industri

Air limbah yang berasal dari kegiatan industri seperti logam, tekstil, kulit, pangan (makanan dan minuman), industri kimia, dan lain sebagainya

c. *Infiltration and Inflow*

Inflow adalah air hujan yang masuk ke dalam SPAB yang berasal dari saluran drainase, pondasi atau dasar dari saluran drainase atau melalui *manhole*.

Infiltrasi adalah air yang berasal dari luar yang masuk ke dalam SPAB melalui sambungan, retakan, patahan atau lubang pada saluran (Metcalf and Eddy 2003).

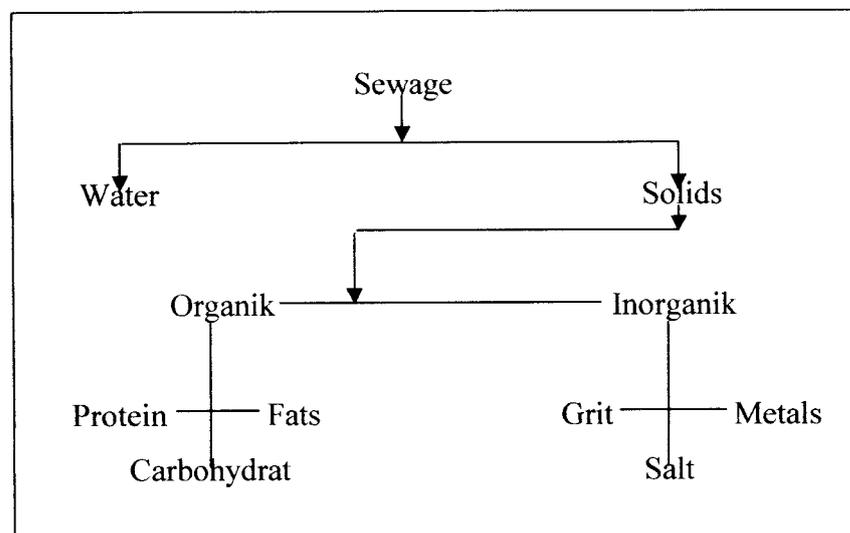
Besarnya laju infiltrasi dan kuantitasnya tergantung pada panjang *sewer*, luas area yang dilayani, kondisi tanah dan topografi, dan kepadatan penduduk. Infiltrasi dapat bervariasi berkisar antara 0,2 - 30 m³/ha yaitu pada saat hujan dapat mencapai >500 m³/ha.hari (Metcalf & Eddy, 2003).

Persentase dari komponen - komponen dalam pengaliran air buangan diatas sangat tergantung pada kondisi daerah pengaliran dan akan selalu berubah - ubah setiap waktu (Metcalf & Eddy, 2003).

Oleh karena sumber kebanyakan berasal dari sumber domestik, ataupun sumber yang mempunyai karakteristik domestik, maka komponen utamanya adalah bahan organik. Bahan organik ini bersumber dari buangan manusia (*human body waste*), deterjen, kosmetik, dan sisa makanan. Bahan organik ini merupakan

kombinasi unsur-unsur karbon, hidrogen, oksigen, nitrogen, sulfur, serta unsur-unsur lain. Tipikal bahan organik dalam air buangan dalam bentuk protein (40 % - 60 %), karbohidrat (25 % - 50 %), dan minyak dan lemak (8 % - 12 %). (*The Fundamental Microbiology of Sewage* dalam ; Metcalf & Eddy, 2003). Konsentrasi bahan organik ini dapat dinyatakan sebagai BOD (*Biochemical Oxygen Demand*), COD (*Chemical Oxygen Demand*), TOC (*Total Organic Carbon*) ataupun ThOD (*Theoretical Oxygen Demand*).

Untuk lebih jelas dapat dilihat pada diagram 2. 1 di bawah berikut ini :



Sumber : T. H. Y. Tebbutt, *Principles of Water Quality Control*, Pergamon, Oxford, 1970.

Gambar 2. 1 Komposisi Air Buangan Domestik

Air buangan domestik dapat diketahui melalui beberapa sifat dan karakteristiknya yang terdiri dari :

- Sifat fisik

Sebagian besar penyusun air buangan domestik berupa bahan – bahan organik. Penguraian bahan – bahan ini akan menyebabkan munculnya kekeruhan. Selain itu kekeruhan juga diakibatkan oleh lumpur, tanah liat, zat koloid, dan benda – benda terapung tidak segera mengendap. Penguraian bahan – bahan organik juga menimbulkan terbentuknya warna. Parameter ini dapat menunjukkan kekuatan pencemar.

Komponen penyusun bahan – bahan organik seperti protein, lemak, minyak, dan sabun cenderung mempunyai sifat yang tidak tetap dan mudah menjadi busuk. Keadaan ini menyebabkan air buangan domestik menjadi berbau.

Untuk lebih lanjut sifat – sifat air buangan domestik dapat di lihat pada tabel 2. 1 di bawah berikut ini :

Tabel 2. 1 Karakteristik Fisik Limbah Domestik

Sifat – sifat	Penyebab	Pengaruh
Suhu	Kondisi udara sekitar.	Mempengaruhi kehidupan biologis, kelarutan oksigen atau gas lain. Juga kerapatan air, daya viskositas dan tekanan permukaan.
Kekeruhan	Benda - benda tercampur seperti limbah padat, garam, tanah, bahan organik yang halus, algae, dan organisme kecil.	Memantulkan sinar, jadi mengurangi produksi oksigen yang dihasilkan.
Bau	Bahan volatil, gas terlarut, hasil pembusukan organik.	Mengganggu estetika.
Warna	Benda terlarut seperti sisa bahan organik dari daun dan tanaman.	Umumnya tidak berbahaya, tetapi berpengaruh terhadap kualitas air.
Benda padat	Benda organik dan anorganik yang terlarut atau tercampur.	Mempengaruhi jumlah organik padat.
Rasa	Bahan penghasil bau, benda terlarut seperti beberapa ion.	

Sumber : Sugiharto, 1987 ; Kodoatie, 2005.

- Sifat kimia

Pengaruh kandungan bahan kimia yang ada di dalam air buangan domestik dapat merugikan lingkungan melalui berbagai cara. Bahan – bahan terlarut dapat menghasilkan DO atau oksigen terlarut dan dapat juga menyebabkan timbulnya bau. Protein merupakan penyebab utama terjadinya bau ini, sebabnya adalah struktur protein sangat kompleks dan tidak stabil serta mudah terurai menjadi bahan lain oleh proses dekomposisi (Sugiharto, 1987).

Di dalam air buangan domestik dijumpai karbohidrat dalam jumlah yang cukup banyak, baik dalam bentuk gula, kanji, dan selulosa. Gula cenderung mudah terurai sedangkan kanji dan selulosa lebih bersifat stabil dan tahan terhadap pembusukan (Sugiharto, 1987).

Lemak dan minyak merupakan komponen bahan makanan dan pembersih yang banyak terdapat di dalam air buangan domestik. Kedua bahan itu berbahaya bagi kehidupan biota air dan keberadaannya tidak diinginkan secara estetika selain dari itu lemak merupakan sumber masalah utama dalam pemeliharaan saluran air buangan. Dampak negatif yang ditimbulkan oleh kedua bahan ini adalah terbentuknya lapisan tipis yang dapat menghalangi ikatan antara udara dan air, sehingga menyebabkan berkurangnya konsentrasi DO. Kedua senyawa tersebut juga menyebabkan meningkatnya kebutuhan oksigen untuk oksidasi sempurna.

- Sifat biologi

Keterangan tentang sifat biologi air buangan domestik diperlukan untuk mengukur tingkat pencemaran sebelum dibuang ke badan air penerima.

Mikroorganisme – Mikroorganisme yang berperan dalam proses penguraian bahan – bahan organik di dalam air buangan domestik adalah jamur, bakteri, protozoa, dan algae.

Bakteri adalah mikroorganisme bersel satu yang menggunakan bahan organik dan anorganik sebagai bahan makanannya. Berdasarkan penggunaan makanannya, bakteri dibedakan menjadi bakteri autotrof dan bakteri heterotrof. Bakteri autotrof menggunakan karbondioksida sebagai sumber

zat karbon, sedangkan bakteri heterotrof menggunakan bahan organik sebagai sumber zat karbonnya. Bakteri yang memerlukan oksigen untuk mengoksidasi bahan organik disebut bakteri aerob, sedangkan yang tidak memerlukan oksigen disebut bakteri anaerob.

Selain bakteri, jamur termasuk dekomposer pada air buangan domestik. Jamur adalah mikroorganisme non fotosintesis, bersel banyak, bersifat aerob dan bercabang atau berfilamen yang berfungsi untuk memetabolisme makanan. Bakteri dan jamur dapat memetabolisme bahan organik dari jenis yang sama.

Protozoa adalah kelompok mikroorganisme yang umumnya motil, bersel satu tunggal dan tidak ber dinding sel. Kebanyakan protozoa merupakan predator yang sering kali memangsa bakteri. Peranan protozoa penting bagi penanganan limbah organik karena protozoa dapat menekan jumlah bakteri yang berlebihan. Selain dari pada itu protozoa dapat mengurangi bahan organik yang tidak dapat dimetabolisme oleh bakteri ataupun jamur dan membantu menghasilkan *effluent* yang lebih baik.

2.2 EFEK SAMPING DARI AIR BUANGAN

Air buangan yang tidak dikelola dengan baik dapat menimbulkan berbagai permasalahan antara lain adalah :

- Membahayakan kesehatan manusia, karena merupakan pembawa suatu penyakit seperti *cholera*, *disentri*, dan sebagainya ;

- Dapat merusak atau membunuh kehidupan yang ada di dalam air seperti ikan, tumbuhan air dan binatang peliharaan lainnya (Sugiharto, 1987) ;
- Merugikan segi ekonomi karena dapat menimbulkan kerusakan pada benda ataupun bangunan serta tanam - tanaman dan peternakan ; dan
- Dapat merusak keindahan (estetika), karena bau busuk dan pemandangan yang tidak sedap dipandang.

2.3 SISTEM PENYALURAN AIR BUANGAN

Penggunaan sistem perpipaan untuk mengalirkan air buangan (*sewer, sewerage, riool*, Sistem Penyaluran Air Buangan (SPAB)) bukanlah hal yang baru. Merujuk pada sejarah, kebudayaan Yunani kuno di Pulau Kreta telah diketahui memiliki sistem penyaluran air buangan kota (termasuk air hujan) sejak 1700-1500 SM, demikian pula Kekaisaran Romawi telah memiliki sistem ini sejak 125 SM (*The Evolution of Sewage Treatment*, pada ; Tchobanoglous 1981). Pemanfaatan sistem penyaluran air buangan ini sempat tenggelam, tetapi muncul kembali pada pertengahan abad 17 seiring dengan merebaknya wabah kolera di kota - kota besar Eropa.

Penggunaan Sistem Penyaluran Air Buangan (SPAB) dimaksudkan untuk mengalirkan air buangan dari suatu kota menuju suatu pengolahan air limbah yang terpusat. Pemusatan pengolahan air buangan disebabkan terutama oleh ketersediaan lahan yang terbatas pada suatu kota dan kemudahan penanganan serta kontrol. Di Indonesia sendiri penggunaan perpipaan untuk menangani air buangan kota masih relatif baru. Sistem ini diperkenalkan oleh Pemerintahan

Belanda di awal abad 20 di beberapa kota yang tidak terlalu besar, seperti Bandung, Cirebon, Surakarta dan Jogjakarta (Sukarna & Pollard, 2001). Setelah memasuki masa kemerdekaan, maka sistem ini tidak menjadi semakin populer, dan tercatat hanya sedikit penambahan kota yang mempunyai SPAB, antara lain Jakarta, Medan, Cirebon, Jogjakarta dan Tangerang.

Menurut Babbit (1969) ada beberapa syarat yang harus diperhatikan di dalam penyaluran air buangan antara lain adalah :

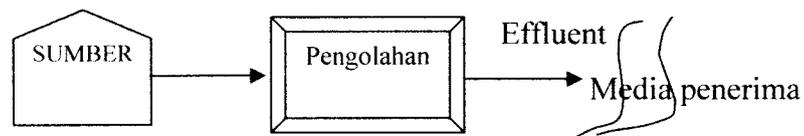
- Air harus dapat membawa material yang terdapat dalam saluran meskipun dalam kondisi debit minimum sampai ke bangunan pengolahan ;
- Pengaliran harus tiba secepatnya sampai ke bangunan pengolahan air buangan untuk menghindari pembusukan, lama pengaliran tidak lebih dari 18 jam ;
- Pengaliran dapat mensirkulasikan udara sehingga tidak terjadi akumulasi di dalam saluran ; dan
- Dianjurkan dapat membersihkan secara sendiri (*self cleansing*) dengan kecepatan yang disyaratkan, kecepatan tidak menimbulkan kerusakan (pengikisan pada permukaan saluran).

2.4 METODE PENANGANAN AIR BUANGAN

Metode yang digunakan dalam penanganana air buangan, terdiri dari 3 macam metode, yaitu :

1. *On Site System*

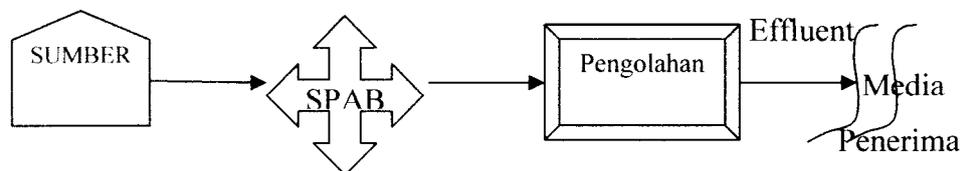
Sistem pengolahan air buangan yang berada di dalam are tersebut, seperti *septik tank*, cubluk, dan lain sebagainya.



Gambar 2. 2 *On Site System*

2. *Off Site System*

Sistem pembuangan air buangan yang pengolahannya berada di luar area tersebut. Biasanya sistem ini terdiri dari pembuangan air buangan yang berasal dari beberapa rumah atau lebih.



Gambar 2. 3 *Off Site System*

Syarat lokasi pengolahan terpusat (*Off Site System*) :

- Sedapat mungkin dapat dicapai dengan metode gravitasi ;
- Jauh dari pemukiman penduduk ; dan
- Bebas banjir.

Berikut ini adalah beberapa jenis dari sistem penyaluran air buangan yang pernah di terapkan di berbagai tempat dengan *off site system* yang terdiri dari :

a. Sistem penyaluran terpisah (*separated sewer system*)

Pada sistem ini menggunakan dua buah saluran yaitu saluran air buangan dan air hujan (*storm sewer*) (anonim, 2001), dalam aplikasinya saluran ini memisahkan antara kedua air tersebut seperti pada *gravity separated sewer* dan *shallow sewer*.

Berikut adalah beberapa pertimbangan dalam pemilihan sistem ini, yaitu:

- Periode antara musim kemarau dan musim hujan setempat lama ;
- Terdapat cukup lahan untuk membuat dua saluran dan secara tidak langsung akan mempengaruhi pada biaya konstruksi ;
- Terdapat perbedaan debit yang cukup besar antara air buangan dan air hujan ;
- Terdapat perbedaan pengolahan pada ujung sistem yaitu air buangan memerlukan pengolahan terlebih dahulu sedangkan air hujan tidak memerlukan pengolahan ; dan

- Bila salah satu penyaluran membutuhkan sistem pemompaan dan yang lain tidak membutuhkannya.

Adapun beberapa keuntungan dan kerugian dari pemakaian sistem ini dapat di lihat pada tabel 2. 2 di bawah berikut ini :

**Tabel 2. 2 Keuntungan dan Kekurangan Dari Penggunaan Sistem Terpisah
(Separated Sewer System)**

No.	Keuntungan	Kekurangan
1.	Dimensi saluran tidak terlalu besar.	Biaya awal cukup besar.
2.	Tidak ada <i>back flow</i> dan pengaliran tidak terpengaruh pada fluktuasi debit.	Diperlukan dua saluran untuk air buangan dan air hujan.
3.	Unit pengolahan air buangan relatif kecil karena tidak tercampur dengan air hujan.	
4.	Hemat biaya pemompaan.	

Sumber : Anonim, 2001.

b. Sistem penyaluran tercampur (*combined sewer system*)

Pada sistem ini air buangan dan air hujan disalurkann melalui satu pipa ke suatu tempat atau ke instalasi pengolahan (Askinin, 1993). Selama terjadi hujan, bila aliran tersebut melampaui batas tertentu, air buangan encer dibuang atau dilimpaskan melalui saluran pelimpas langsung ke badan air penerima atau sungai. Dalam hal ini diameter pipa akan ditentukan berdasarkan aliran maksimum air hujan, yang kemungkinan terjadi sekali dalam beberapa tahun.

Adapun beberapa keuntungan dan kerugian dari pemakaian sistem ini dapat di lihat pada tabel 2. 3 di bawah berikut ini :

Tabel 2. 3 Keuntungan dan Kekurangan Dari Penggunaan Sistem Kombinasi
(*combined sewer system*)

No.	Keuntungan	Kekurangan
1.	Biaya investasi tidak terlalu besar.	Memerlukan bangunan pelengkap tambahan.
2.	Terjadi pengenceran bahan organik yang diakibatkan oleh air hujan.	Dimensi saluran yang digunakan lebih besar.
3.		Memerlukan bangunan pelengkap tambahan.

Sumber : Anonim, 2001.

Berikut adalah beberapa pertimbangan dalam pemilihan sistem ini, yaitu:

- Periode antara musim kemarau dan musim hujan relatif pendek ;
- Lahan yang tersedia tidak mencukupi untuk membuat dua saluran ;
- Kemiringan cukup, sehingga penempatan saluran air buangan tidak terlalu jauh di bawah permukaan tanah ; dan
- Pada kasus di Indonesia yang sering terjadi adalah keduanya dapat dibuang langsung tanpa pengolahan terlebih dahulu.

c. Sistem terpisah sebagian (*Pseudo separated sewer system*)

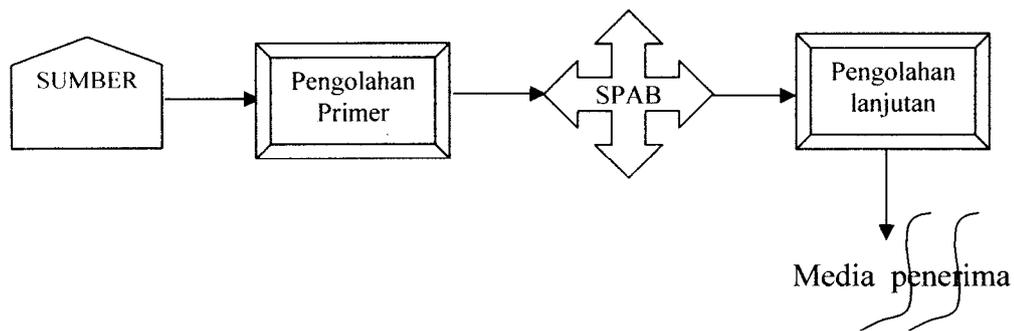
Pada sistem ini digunakan untuk mengumpulkan air buangan dan air hujan melalui satu pipa (sistem tercampur) atau dengan sistem terpisah dan terisi sebagian (Askinin, 1993). Sistem pengaliran antara air buangan dan air hujan terpisah, tetapi ada saluran limpahan (*system intercep*) yang menghubungkan antara saluran drainase dan saluran air buangan, sehingga di musim hujan akan terjadi pencampuran.

Kemiringan pipa harus cukup untuk mendapatkan kecepatan *self – cleansing* untuk mengangkut sedimen. Bila pipa mengalir penuh ataupun setengah penuh kecepatannya harus 0,6 – 0,7 m/dtk (Askinin, 1993).

Keuntungan dari pemakaian sistem ini adalah :

- Adanya efek penggelontoran dan pengenceran.

3. Penanganan Gabungan



Gambar 2. 4 Penanganan Gabungan

Berdasarkan data Final Report YUDP (Yogyakarta Urban *Development Project*, 1992), Sistem Penyaluran Air Buangan Kota Jogjakarta menggunakan sistem terpisah dengan air hujan dengan bentuk saluran bulat telur 20/30 cm – 40/60 cm, beroperasi dengan sistem gravitasi dengan slope pipa rata-rata 0,5 %. Secara garis besar SPAB di Jogjakarta didesain berdasarkan pada desain konvensional dimana aspek hidrolis menjadi titik tekan utama. Sistem ini terdiri atas sistem lama (buatan Belanda, 1936 - 1938), terkonsentrasi pada SPAB Keraton, dan sistem baru, merupakan perluasan sistem lama, yang terletak antara Sungai Code dan Sungai Winongo. Sedangkan sistem atau jalur baru terutama

berada jalur utama (*main sewer*) menuju ke IPAL Pendowoharjo dengan bentuk saluran bulat melingkar.

2.5 PENGOLAHAN AIR LIMBAH DOMESTIK SECARA BIOLOGI

Pengolahan air buangan domestik secara biologi adalah proses penghilangan berbagai senyawa yang tidak dikehendaki kehadirannya dengan cara memanfaatkan aktivitas dekomposer yang akan memetabolisme bahan – bahan organik yang terkandung di dalam air buangan.

Proses penguraian yang terjadi yang dilakukan oleh mikroorganisme itulah yang diharapkan terjadi sehingga penurunan kadar bahan organik yang terkandung dalam air buangan dapat diturunkan. Dalam hal ini peranan mikroorganisme sebagai subjek penting dalam menurunkan konsentrasi limbah sangatlah penting sehingga keberadaannya perlu dijaga dan diperhatikan dengan baik. Seperti halnya makhluk hidup lainnya mikroorganisme memerlukan makanan dan kondisi yang ideal untuk melakukan proses penguraian bahan organik tersebut.

Adapun hal – hal perlu diperhatikan oleh mikroorganisme dalam penguraian bahan organik, yaitu :

- N, S, P, C sebagai sumber makanan.
- O₂.
- Suhu yang ideal.

2. 6 BAHAN ORGANIK DALAM AIR BUANGAN

Air limbah merupakan zat yang terdiri dari berbagai macam zat organik maupun kimia. Oleh karena itu untuk mengetahui parameter – parameter apa saja yang terkandung dalam air sangatlah sulit karena memerlukan pengujian yang sangat banyak dan memerlukan biaya yang cukup besar. Oleh karena itu penelitian ini dibatasi. Hanya meneliti parameter, DO (*Dissolve Oxygen*), BOD (*Biological Oxygen Demand*), dan COD (*Chemical Oxygen Demand*).

2. 6. 1 DO (*Dissolve Oxygen*)

DO (*Dissolve Oxygen*) adalah banyaknya oksigen yang terlarut di dalam air buangan dinyatakan sebagai mg/L. Oksigen terlarut atau DO (*Dissolve Oxygen*) di dalam air buangan yang masih segar tergantung pada temperatur (suhu). Jika temperatur dalam keadaan tinggi, maka oksigen dalam keadaan rendah.

Hanya pada limbah yang sangat segar beberapa oksigen terlarut atau DO (*Dissolve Oxygen*) dihasilkan cepat oleh proses pembusukan aerobik. Daya kelarutan dari oksigen yang terdapat pada air buangan adalah 95 % pada air buangan. Pentingnya oksigen terlarut atau DO (*Dissolve Oxygen*) adalah sebagai berikut :

1. Untuk mendapatkan tingkat pengolahan air buangan yang lebih baik sebelum dibuang ke badan air ; dan
2. Untuk menjaga kehidupan di dalam air seperti ikan, tumbuhan air, dan lain sebagainya.

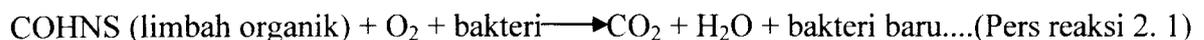
Kita menginginkan bahwa paling sedikit 4 ppm dari oksigen terlarut atau DO (*Dissolve Oxygen*) harus selalu tersedia di dalam air. Kadang – kadang jika oksigen terlarut atau DO (*Dissolve Oxygen*) tidak diperhatikan, maka dalam jumlah yang besar dari ikan yang sudah mati terapung dapat menimbulkan gangguan sekitar.

Tes oksigen terlarut atau DO (*Dissolve Oxygen*) adalah penting untuk mempertimbangkan kondisi dari air buangan tersebut.

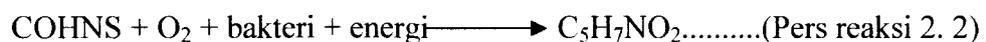
2. 6. 2 BOD (*Biological Oxygen Demand*)

BOD (*Biological Oxygen Demand*) adalah jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh bakteri untuk mengurai (mengoksidasi) hampir semua zat yang terlarut dan sebagian zat – zat organik yang tersuspensi di dalam air dalam keadaan aerobik. Dalam hal ini dapat diinterpretasikan bahwa senyawa organik merupakan makanan bagi mikroorganismenya.

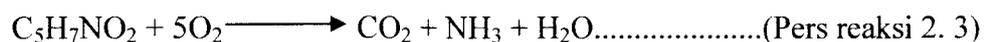
- **Proses Oksidasi**



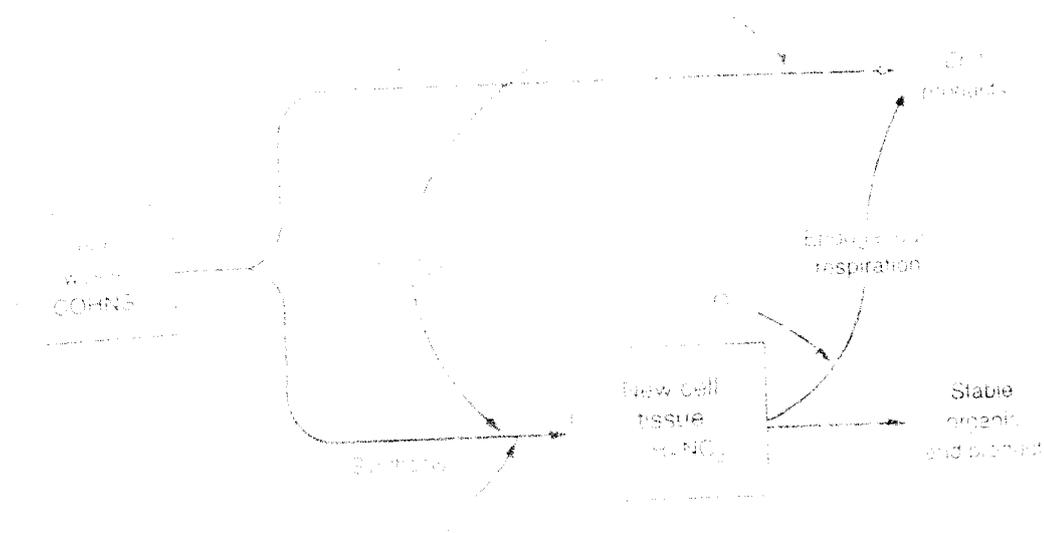
- **Proses Sintesis**



- **Proses Pernafasan**



Jika hanya oksidasi karbon organik adalah tersedia dalam air limbah perlu dipertimbangkan, ultimate BOD adalah oksigen yang dibutuhkan untuk memenuhi 3 tiga reaksi diatas. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada diagram 2.2 di bawah berikut ini :



Sumber : *Small and Decentralized Waste Water Management System, 1970.*

Gambar 2. 5 Alir Konversi Dari Limbah Organik Sampai Menghasilkan Sisa Dan Meresidu Lapisan Sel

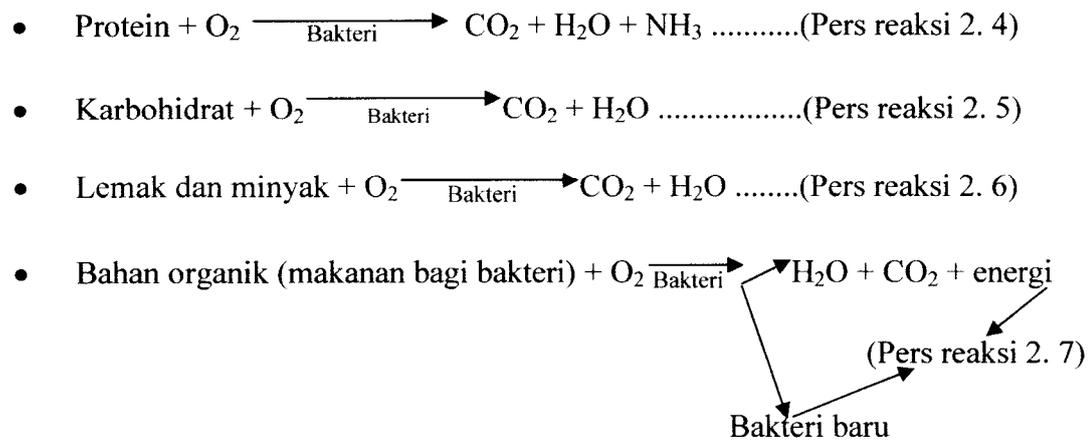
2. 6. 2. 1 Uji BOD (*Biological Oxygen Demand*)

Tes BOD secara luas digunakan untuk menentukan kekuatan polusi dari air buangan domestik dan industri, oksigen yang diperlukan oleh air buangan tersebut jika dibuang ke perairan alami dalam keadaan *aerob*.

BOD sangat penting untuk menunjukkan jumlah pembusukan bahan organik pada sampel, oleh karena itu pada tes BOD untuk menunjukkan :

1. Jumlah bahan biologis yang terdegradasi yang tersedia ; dan
2. Kecepatan bahan biologis yang terdegradasi dapat menjadi stabil.

Reaksi BOD pada kondisi aerob di alam, beberapa reaksi yang dapat terjadi, sebagai berikut :



Bahan organik adalah sumber makanan bagi bakteri. Jumlah bakteri pada saat awal bertambah dan setelah beberapa waktu bakteri berkurang karena adanya masalah pada makanan. Jika bakteri keracunan makanan, maka bakteri yang hidup tidak dapat tumbuh seperti biasanya. Yang dapat mempengaruhi reaksi adalah sebagai berikut :

- a. Bakteri ;
- b. Oksigen ; dan
- c. Kondisi lingkungan yang sesuai, seperti : temperatur, dan nutrisi (sumber makanan).

Jika BOD sampel di dalam air buangan lebih, maka itu dapat mengindikasikan bahwa konsentrasi air buangan tercemar juga lebih. Proses BOD atau proses pembusukan adalah proses yang relatif lambat dan aktivitas bakteri menjadi reaksi kimia didorong oleh suhu yang tinggi dan ditekan oleh suhu yang rendah. Pada waktu dan suhu tes inkubasi adalah tersendiri.

Perbedaan antara *Dissolve Oxygen* (DO) atau oksigen terlarut pada sampel yang ditambahkan sebelumnya dan sesudahnya waktu inkubasi dapat menunjukkan dari jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk menstabilkan air limbah.

Uji BOD (*Biological Oxygen Demand*) adalah suatu analisa empiris yang coba mendekati secara global proses mikrobiologi yang terjadi di dalam air buangan domestik. Angka BOD (*Biological Oxygen Demand*) menunjukkan jumlah DO (*Dissolve Oxygen*) yang dibutuhkan mikroorganisme untuk menguraikan hampir semua bahan organik terlarut dan sebagian bahan organik tersuspensi.

Dengan demikian uji BOD (*Biological Oxygen Demand*) menunjukkan jumlah bahan organik yang sebenarnya, tetapi hanya mengukur jumlah DO (*Dissolve Oxygen*) yang dibutuhkan untuk proses dekomposisi. Jika BOD (*Biological Oxygen Demand*) air buangan domestik tinggi, yaitu ditandai dengan semakin kecilnya sisa DO (*Dissolve Oxygen*), maka hal ini memberikan arti bahwa kandungan bahan organik di dalam air buangan domestik juga tinggi.

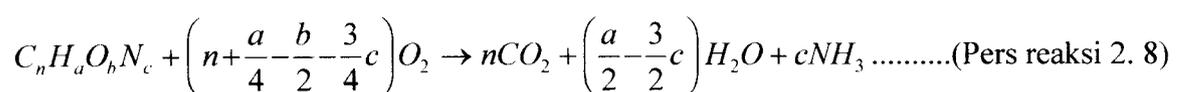
Uji BOD (*Biological Oxygen Demand*) berdasarkan atas reaksi oksidasi dari bahan – bahan organik oleh mikroorganisme *aerob* dengan hasil berupa

karbondioksida, Ammonium, dan air. Reaksi BOD (*Biological Oxygen Demand*) dilakukan dalam botol tertutup pada temperatur 20⁰ C selama 5 hari. Jumlah DO (*Dissolve Oxygen*) yang terpakai adalah perbedaan antara DO (*Dissolve Oxygen*) pada hari ke – 0 dan hari ke – 5.

Tes BOD merupakan prosedur *biossay*, mengikut sertakan pengukuran oksigen yang dikonsumsi oleh organisme hidup (terutama bakteri), pada saat menggunakan bahan organik yang terkandung di dalam air buangan pada kondisi yang dibuat sama mendekati kondisi di alam.

Tes BOD dapat dikatakan sebagai prosedur oksidasi basah dimana organisme hidup berperan sebagai media oksidasi bahan organik menjadi karbon dioksida dan air.

Hubungan kuantitatif antara jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk konversi sejumlah tertentu bahan organik menjadi karbon dioksida, air dan ammonia adalah sebagai berikut :



Reaksi oksidasi dalam tes BOD merupakan hasil aktivitas biologi dan laju reaksi ditentukan oleh jumlah populasi bakteri dan temperatur.

2. 6. 2. 2 Reaksi BOD

Studi kinetika reaksi BOD memperlihatkan bahwa reaksi ini mengikuti orde pertama atau laju reaksi sebanding dengan jumlah organik teroksidasi yang tersisa pada suatu waktu tertentu yang dilakukan oleh populasi organisme aktif. Pada saat organisme mencapai tingkat dimana variasi yang terjadi relatif kecil, laju reaksi dikontrol oleh jumlah makanan yang tersedia untuk organisme dan diekspresikan sebagai : persamaan di bawah ini menunjukkan bahwa laju reaksi secara perlahan berkurang jika konsentrasi makanan atau bahan organik (C) berkurang.

$$\frac{-dC}{dt} \propto C \text{ atau } \frac{-dC}{dt} = k' C \dots\dots\dots(\text{Persamaan 2. 1})$$

Dimana :

C = Konsentrasi bahan organik teroksidasi (polutan) pada waktu awal reaksi.

t = Lamanya reaksi berjalan. k' = Konstanta laju reaksi.

Dalam hal BOD, biasanya digunakan L sebagai ganti C, dimana L adalah kebutuhan ultimat dan ekspresinya :

$$\frac{-dL}{dt} = k' L \dots\dots\dots(\text{Persamaan 2. 2})$$

Yang menggambarkan laju perusakan bahan organik. Karena oksigen yang digunakan dalam stabilisasi bahan organik ada dalam rasio langsung dengan jumlah bahan organik teroksidasi, memungkinkan untuk menginterpretasikan L dalam bahan organik polutan, atau oksigen yang digunakan. Berdasarkan integrasi persamaan di atas :

$$\frac{L_t}{L} = e^{-k't} = 10^{-k't} \dots\dots\dots(\text{Persamaan 2. 3})$$

dan dihasilkan $k = k' / 2,303$. Formula ini menyatakan jumlah polutan tersisa setelah waktu oksidasi t adalah fraksi L yang dinyatakan dalam 10^{-kt} .

Dalam kebanyakan kasus, lebih diutamakan nilai BOD yang biasanya ditentukan oleh tes aktual dengan pengukuran oksigen terlarut. Sering kali dinyatakan sebagai BOD 5 hari atau BOD pada waktu tertentu lainnya. Hal ini dinyatakan sebagai :

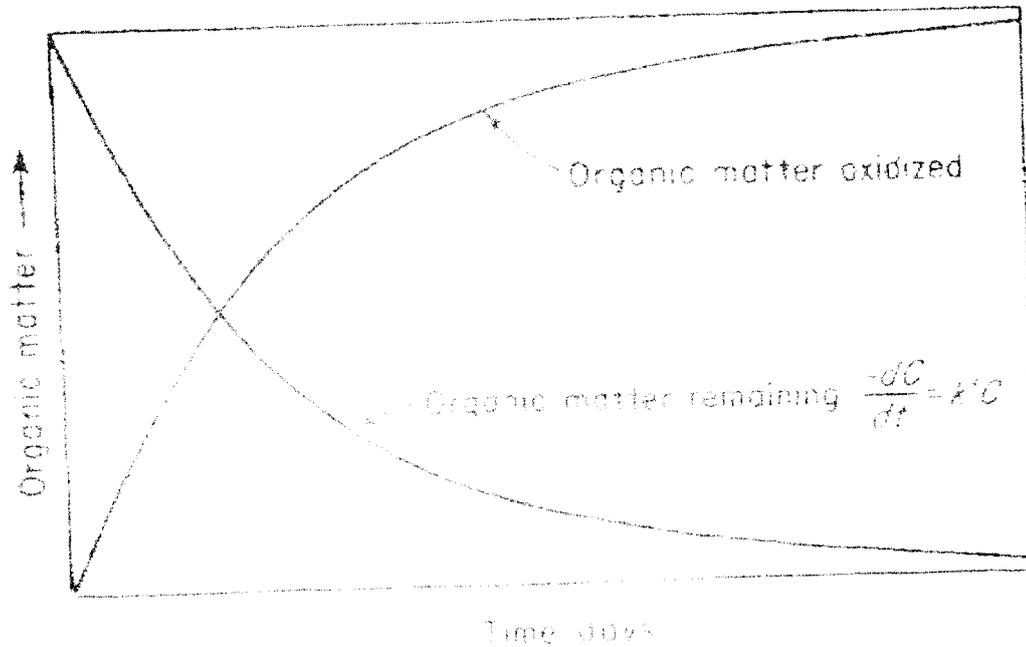
$$y = L(1 - 10^{-k't}) \dots\dots\dots(\text{Persamaan 2. 4})$$

dengan $y = \text{BOD}$ pada waktu t , $L = \text{BOD}$ total atau ultimat. Nilai k harus ditentukan berdasarkan percobaan.

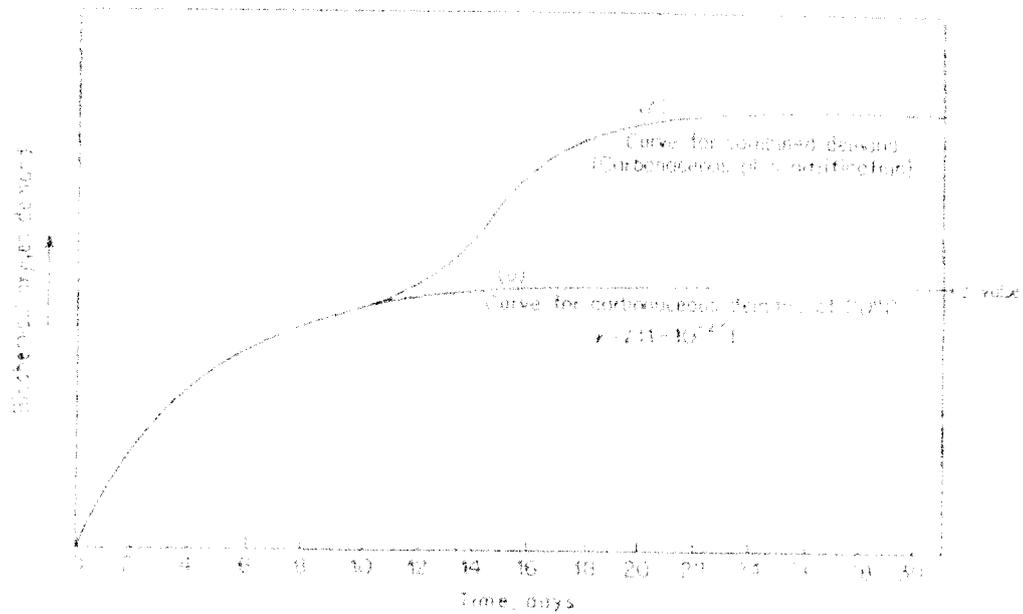
Karena reaksi BOD sangat mendekati tipe reaksi orde pertama, plot jumlah bahan organik tersisa terhadap waktu akan menghasilkan kurva parabola. Bentuk kurva ini juga terjadi bila dibuat plot antar oksigen yang terpakai terhadap waktu,

karena oksigen terpakai berbanding langsung dengan jumlah bahan organik teroksidasi pada oksidasi biokimia.

Tipikal kurva BOD atau oksigen terpakai seperti berikut :



Gambar 2. 6 Kurva Perubahan Dalam Bahan Organik Selama Oksidasi Biologi Air - Air Tercemar Pada Kondisi Aerob



Gambar 2. 7 Kurva BOD

- a) Kurva normal untuk oksidasi bahan organik
- b) Pengaruh nitrifikasi

2. 6. 3 COD (*Chemical Oxygen Demand*)

COD (*Chemical Oxygen Demand*) adalah jumlah oksigen (mg O₂) yang dibutuhkan untuk mengoksidasi zat – zat organik yang ada dalam 1 L sampel air, di mana pengoksidasi K₂ Cr₂ O₇ digunakan sebagai sumber oksigen (*Oxidizing Agent*).

Angka merupakan ukuran bagi pencemar air oleh zat – zat organik yang secara alamiah dapat dioksidasi oleh mikrobiologi, dan mengakibatkan berkurangnya oksigen terlarut di dalam air.

Tes COD sangat luas digunakan sebagai alat pengukuran kekuatan organik air buangan domestik dan industri. Tes ini mengukur kandungan organik sebagai

jumlah total oksigen yang diperlukan untuk oksidasi bahan organik menjadi karbondioksida dan air

Selama penentuan COD, bahan organik dikonversi menjadi karbondioksida dan air dengan mengabaikan kemampuan asimilasi biologi. Sebagai contoh, glukosa dan lignin dapat dioksidasi secara sempurna. Hasilnya, nilai COD lebih besar daripada nilai BOD dan dapat jauh lebih besar jika bahan organik yang resistan terhadap degradasi biologi ada dalam jumlah yang berarti.

Salah satu keterbatasan tes COD adalah ketidak mampuannya untuk membedakan antara bahan organik yang mudah dan sulit terdegradasi secara biologi. Sebagai tambahan, tes COD tidak memberikan bukti laju degradasi secara biologi dari bahan – bahan yang dapat terstabilisasi pada kondisi alamiah.

Beberapa alasan dari perbedaan pengamatan adalah sebagai berikut :

1. Banyak bahan organik yang sangat sulit untuk dioksidasi oleh proses biologi seperti lignin, dapat dioksidasi melalui proses kimia ;
2. Bahan anorganik dioksidasi oleh bertambahnya dikloromat yang terlihat jelas pada isi bahan organik pada sampel ;
3. Bahan organik mungkin menjadi toksik untuk digunakan mikroorganisme pada BOD tes ; dan
4. Jumlah COD yang tinggi mungkin terjadi akibat dari adanya bahan organik yang mana akan bereaksi dengan dikloromat.

Keuntungan utama tes COD adalah diperlukan waktu yang pendek untuk evaluasi. Penetapan nilai COD dapat dibuat dalam 3 jam (bandingkan terhadap tes BOD yang memerlukan waktu 5 hari).

Analisa COD (*Chemical Oxygen Demand*) berbeda dengan analisa BOD (*Biological Oxygen Demand*) namun perbandingan antara angka COD (*Chemical Oxygen Demand*) dengan BOD (*Biological Oxygen Demand*) dapat ditetapkan, dan dapat dilihat pada tabel 2. 4 di bawah berikut ini :

Tabel 2. 4 Perbandingan Rata – Rata Angka BOD₅ / COD Untuk Beberapa Jenis Air

Jenis Air	BOD ₅ / COD
Air Buangan Domestik	0, 4 – 0, 6
Air buangan Domestik Setelah Pengendapan Primer	0, 6
Air buangan Domestik Setelah Pengolahan Biologis	0, 2
Air Sungai	0, 1

Sumber : Metode Penelitian Air

2. 7 SEWER SEBAGAI REAKTOR BIOLOGI

Sewer adalah suatu saluran yang memiliki karakteristik yang berbeda dengan saluran air bersih, oleh karena itu memerlukan penanganan yang berbeda pula. Secara garis besar transfer massa (*mass Transfer*) di dalam *sewer* dibagi menjadi empat (4) bagian besar, yaitu : *Bulkwater Phase*, *Biofilm Phase*, *Sewer Sediment*, *Sewer Atmosfer*.

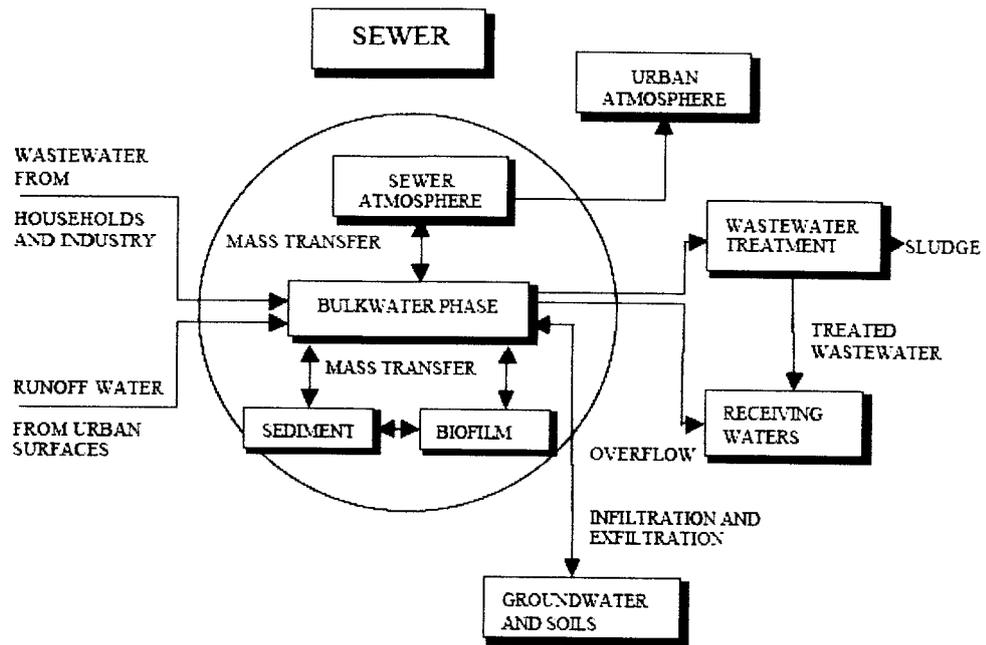
Walaupun telah diketahui bahwa air buangan yang dialirkan melalui Sistem Penyaluran Air Buangan (SPAB) mengandung bahan – bahan organik, tetapi dalam desain umum secara konvensional hanya menitik beratkan pada aspek – aspek hidrolisnya saja (*Abdul – Thalib et al 2003*). Beberapa aspek tersebut adalah (*Thchobanoglous 1981*) :

1. Debit air buangan ;
2. Kemiringan pipa atau saluran ;
3. Bentuk saluran dan potongan melintang saluran ;
4. Angka kekasaran pipa ; dan
5. Karakter, spesifik gravitasi, dan viskositas.

Aspek transformasi biologis di dalam *sewer* mendapatkan porsi perhatian terutama berkaitan dengan pemeliharaan pipa, terutama dari aspek negatifnya. Hal ini disebabkan transformasi biologis yang terjadi seringkali menyebabkan munculnya gas H₂S, bau, dan korosi pada pipa (*Hvitved – jacobsenet al 2002; Tchobanoglous 1981; Yongsiri et al 2002*). Sedangkan aspek positif dari transformasi biologis, antara lain penurunan konsentrasi, BOD (*Biological Oxygen Demand*), dan COD (*Chemical Oxygen Demand*), jarang mendapatkan perhatian secara khusus. Transformasi ini terjadi akibat adanya kondisi *aerobik, anaerobik* dan *anoksik* di dalam Sistem Penyaluran Air Buangan (SPAB) (*Abdul – Thalib 2003*).

Tujuan dari aspek penurunan konsentrasi BOD (*Biological Oxygen Demand*), dan COD (*Chemical Oxygen Demand*) adalah terutama untuk memperluas fungsi (SPAB) dari sekedar fungsi transport menjadi fungsi reaktor, sehingga dapat dimanfaatkan sebagai pengolahan awal air buangan masuk ke Instalasi Pengolahan Air Buangan (IPAL) (*Abdul – Thalib 2003; Langeveld 2002*). Hal ini dapat terjadi dengan adanya interaksi transfer massa antar komponen dalam sistem *sewer*, sehingga terjadi degradasi bahan organik (*Tchobanoglous 1981, Abdul – Thalib 2003*).

Keterkaitan antar komponen ini dapat di lihat pada gambar 2. 8 di bawah berikut ini :



Gambar 2. 8 Interaksi Antar Komponen Di Dalam Sewer

Transformations zat organik di dalam Sewer terjadi dalam beberapa kondisi, yaitu : kondisi *aerobik*, *anaerobik*, dan *anoxic*. Di dalam sewer proses biologis lebih cenderung didominasi oleh mikroorganisme *heterophic*. Proses yang terjadi lebih ditentukan jenis elektron penerima yang tersedia di dalam sewer (Nielsen et. Al,1992). Misalnya : oksigen untuk *aerobic respiration*, nitrat untuk *denitrification*, zat organik untuk *fermentasi* dan lain sebagainya. Proses terjadinya reduksi antar elektron penerima dan pemberi untuk proses reduksi secara mikrobiologi di dalam air buangan dapat di lihat pada tabel 2. 5 di bawah berikut ini :

Tabel 2. 5 Elektron Penerima Dan Pemberi Untuk Proses Reduksi Secara Mikrobiologi Di Dalam Jaringan Air Buangan.

Kondisi	Elektron Penerima
<i>Aerobik</i>	+ Oksigen
<i>Anoxic</i>	- Oksigen + Nitrate
<i>Anaerobik</i>	- Oksigen + Nitrate + Sulfate + CO ₂

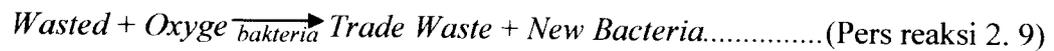
Sumber : *Hvitved – Jacobsen, 2002.*

Proses pengolahan biologis adalah proses pengolahan yang melibatkan mikroorganisme sebagai alat untuk menurunkan kadar air buangan. Untuk proses pengolahan biologis dapat dibagi menjadi dua (2) bagian, yaitu :

- a. Proses pengolah biologis secara *aerobik* ; dan
- b. Proses pengolah biologis secara *anaerobik*.

2. 8 PENURUNAN KONSENTRASI BOD DI DALAM SEWER

Penurunan konsentrasi BOD (*Biological Oxygen Demand*) dalam air buangan di dalam *sewer* terjadi karena adanya kontak antara air buangan dengan *biofilm* di dalam saluran. Sedangkan *biofilm* sendiri terdiri dari kumpulan mikroorganisme. Reaksi di atas dapat ditulis dalam persamaan :



Atau



Untuk mendapatkan hasil yang maksimal dari penurunan BOD harus adanya keseimbangan jumlah bakteri dengan nutrien yang terdapat di dalam air buangan tersebut. Adapun nutrien yang dibutuhkan oleh bakteri antara lain : N, P, C, dan S. Bakteri memakan zat organik yang terkandung di dalam air buangan untuk melakukan siklus hidupnya dapat di lihat pada persamaan 2. 9.

Berdasarkan data *Final Report YUDP (Yogyakarta Urban Development Project 1992)* secara garis besar Sistem Penyaluran Air Buangan (SPAB) di Jogjakarta didesain berdasarkan pada desain konvensional dimana aspek hidrolis menjadi titik tekan utama. Sistem ini terdiri dari sistem lama (buatan Belanda, 1936 – 1938), terkonsentrasi pada SPAB kraton, dan sistem baru, merupakan perluasan sistem lama, yang terletak antara sungai Code dan sungai Winongo. SPAB yang digunakan adalah sistem terpisah dengan air hujan, dengan bentuk saluran bulat telur 20/30 cm – 40/60 cm, beroperasi dengan sistem gravitasi dengan slope pipa rata – rata 0,5 %. Sedangkan sistem atau jalur baru terutama berada pada jalur utama (*Main Sewer*) menuju ke Instalasi Pengoalhan Air Buangan (IPAL) Pendowoharjo dengan bentuk saluran bulat melingkar.

2.9 PENELITIAN YANG TELAH DILAKUKAN SEBELUMNYA

Sebelumnya penelitian ini telah dilakukan penelitian yang sama yang dilakukan oleh Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) yang bekerja sama dengan BTLK pada tahun 1994 yang meneliti kadar limbah yang terkandung dalam air buangan domestik kota Jogjakarta yang berlokasi di tiga (3) titik, yaitu :

4. Mantri Jeron ;
5. Gedong Tengen ; dan
6. Jetis.

Studi yang pernah dilakukan juga oleh Hakim (2005), dalam penelitian yang pernah dilakukan terdapat kelemahan dalam saluran primer maupun sekunder terdapat jalur pipa yang tidak terpetakan sehingga mengakibatkan kadar BOD, dan COD yang diharapkan semakin berkurang tetapi malah terjadi kenaikan, diharapkan dalam setiap perhitungan debit jangan bertolak ukur terhadap banyaknya orang yang dilayani karena hampir semua jaringan di kota Jogjakarta terdapat tambahan air dari pipa penggelontor.

2.10 HIPOTESA

Di dalam Sistem penyaluran Air Buangan (SPAB) kota Jogjakarta dapat terjadi penurunan konsentrasi BOD, COD, dan DO yang di pengaruhi oleh jarak dan *sloope* (kemiringan pipa).

BAB III

METODE PENELITIAN

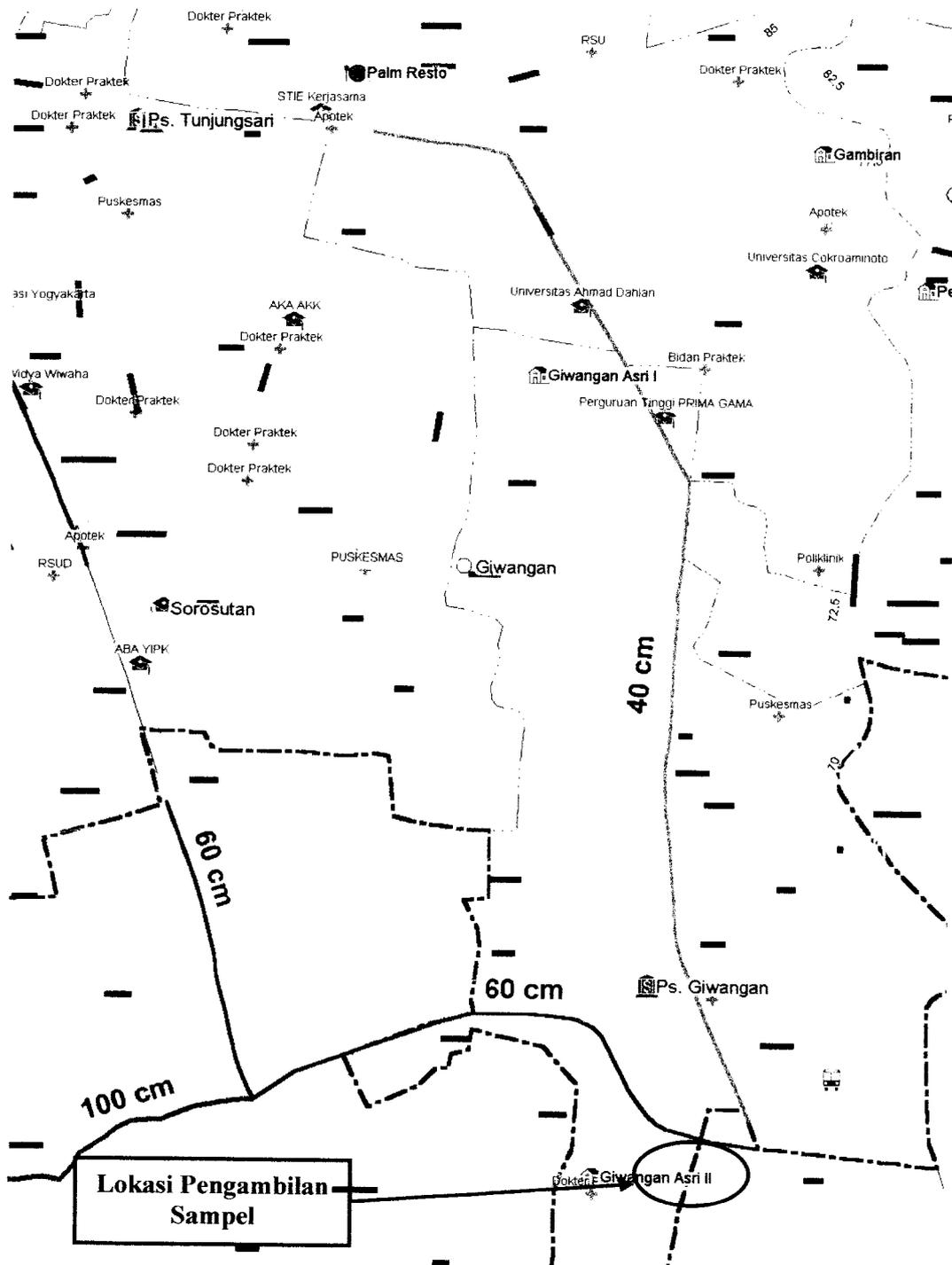
3.1 JENIS PENELITIAN

Jenis penelitian ini termasuk penelitian skala lapangan.

3.2 LOKASI PENELITIAN

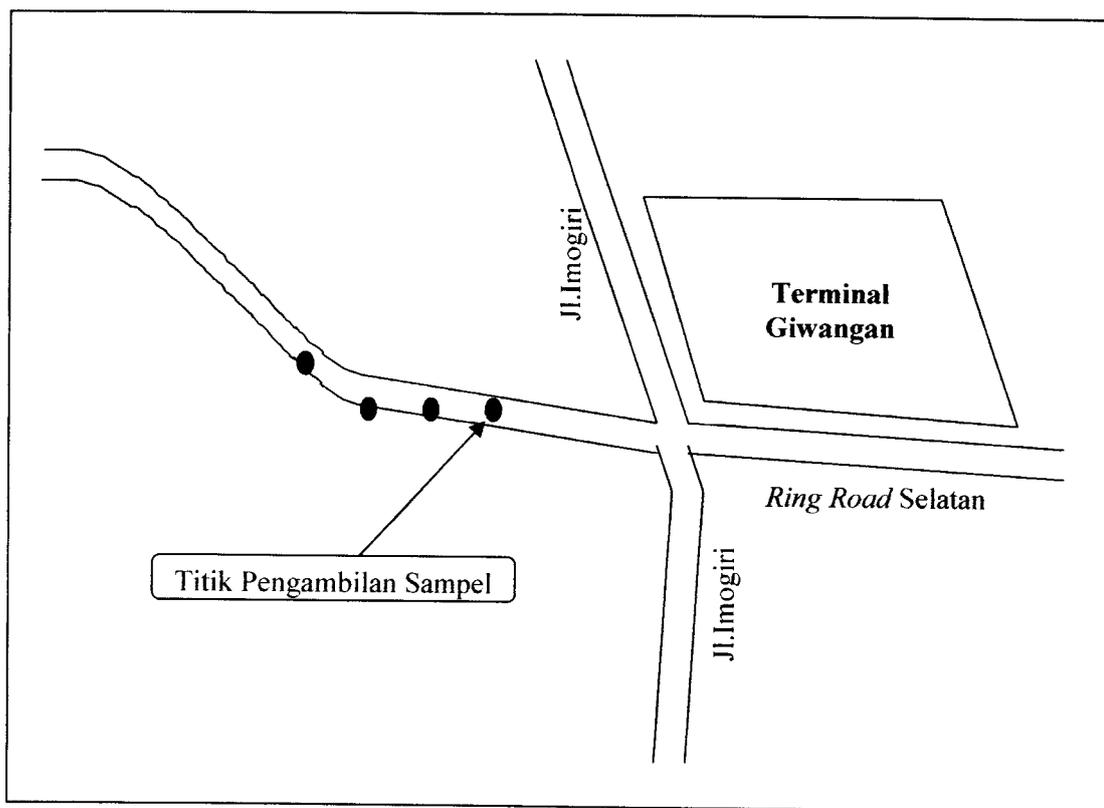
Penelitian ini dilakukan di laboratorium kualitas lingkungan Jurusan Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia, Jalan Kaliurang Km. 14,5 Sleman Jogjakarta.

Untuk lokasi pengambilan sampling pada Sistem Penyaluran Air Buangan (SPAB) kota Jogjakarta didasarkan pada ruasan yang mempunyai kriteria desain sebagai berikut : lingkungan sekitar saluran tidak terlalu ramai, sehingga memudahkan dalam pengambilan sampling. Lokasi ini terletak di *Ring Road* Selatan di dekat Terminal Giwangan. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 3. 1 - 3. 3 di bawah berikut ini :

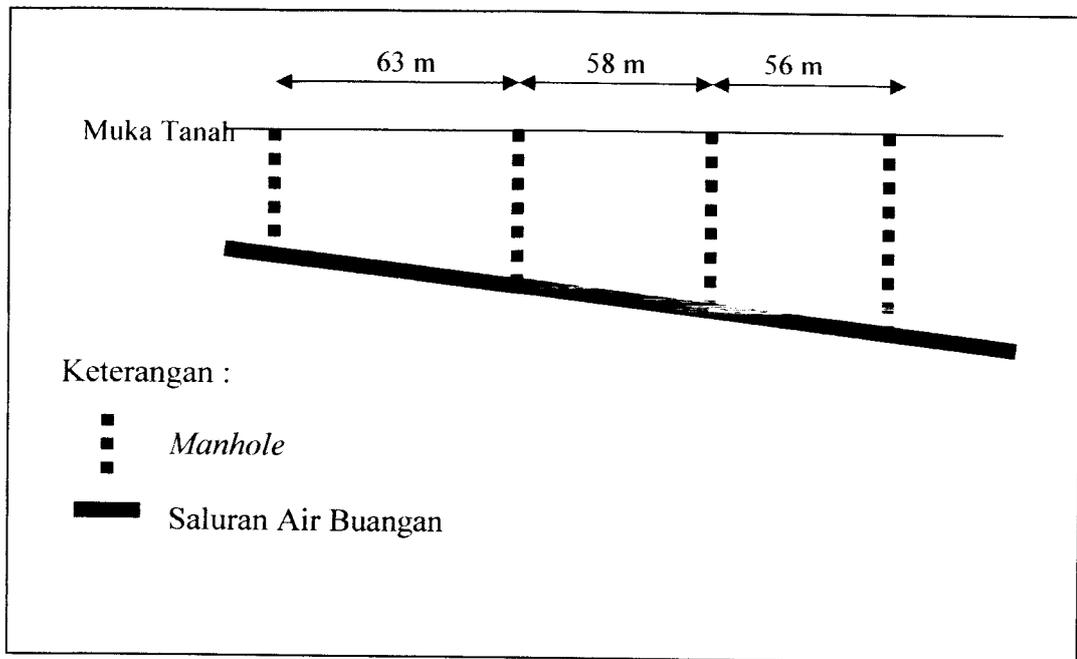


Sumber : YUDP Kota Jogjakarta, 2006

Gambar 3. 1 Peta Sistem Penyaluran Air Buangan



Gambar 3. 2 Titik Pengambilan Sampel



Gambar 3. 3 Jarak antar *Manhole* Pengambilan Sampel

3. 3 OBJEK PENELITIAN

Pada Penelitian ini obyek penelitian yang akan dilakukan yaitu air limbah pada Sistem Penyaluran Air Buangan (SPAB) kota Jogjakarta.

3. 4 VARIABEL PENELITIAN

Variabel yang digunakan dalam penelitian ini, yaitu :

1. Variabel tetap, yaitu parameter BOD (*Biological Oxygen Demand*) , COD (*Chemical Oxygen Demand*) ; dan
2. Variabel bebas, yaitu variasi suhu (temperatur) dalam saluran, debit air buangan dalam saluran, diameter saluran, kecepatan dalam saluran, jarak antar saluran, dan *sloope* saluran (kemiringan pipa).

3.5 METODE ANALISIS LABORATORIUM DAN PERHITUNGAN

3.5.1 Metode Analisis Laboratorium

Dalam penelitian ini untuk mengetahui BOD (*Biological Oxygen Demand*) dan COD (*Chemical Oxygen Demand*) digunakan metode sebagai berikut :

1. BOD₅ (*Biological Oxygen Demand*)

Mengacu pada SNI M – 69 – 1990 – 03 (Lampiran 5)

2. COD (*Chemical Oxygen Demand*)

Mengacu pada SNI 06 – 6989. 2 – 2004 (Lampiran 6)

3.5.2 Analisa Data

Setelah itu, data yang diperoleh akan diolah dengan uji statistik, yang menggunakan uji *T – Test*. Tujuan uji t dua variabel bebas adalah untuk membedakan apakah kedua variabel tersebut sama atau berbeda. Dapat digunakan untuk menguji kemampuan signifikansi hasil penelitian dari perbedaan yang berupa perbandingan keadaan variabel dari dua rata – rata sampel.

$$t_{hitung} = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sqrt{\frac{S_1}{n_1} + \frac{S_2}{n_2} - 2r \left(\frac{s_1}{\sqrt{n_1}} \right) + \left(\frac{s_2}{\sqrt{n_2}} \right)}} \dots\dots\dots(Persamaan 3. 1)$$



Dimana :

r = Nilai korelasi X_1 dan X_2

n = Jumlah sampel

\bar{X}_1 = Rata – rata sampel ke – 1

\bar{X}_2 = Rata – rata sampel ke – 2

S_1 = Standart deviasi sampel ke – 1

S_2 = Standart deviasi sampel ke - 2

3. 5. 3 Metode Perhitungan

Untuk analisis perhitungan hidrolis di air dengan menggunakan persamaan:

$$Q = V \times A \dots\dots\dots(\text{persamaan 3. 2})$$

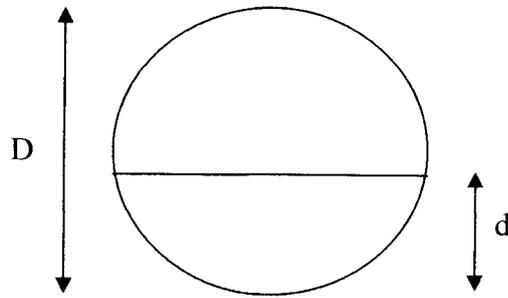
Di mana :

Q = Debit (m^3).

V = Kecepatan (m / dt) di dapat dari perhitungan lapangan.

A = Luas area (m^2).

Untuk perhitungan A (luas) dikarenakan berbentuk bulat, maka digunakan rumus, dan bentuk saluran dapat dilihat pada gambar 3. 4 di bawah berikut ini :



Gambar 3. 4 Saluran berbentuk bulat

$$A_{full} = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \dots\dots\dots(\text{persamaan 3. 3})$$

d = tinggi renang (m)

Yang kemudian dapat diplotkan ke grafik *hydraulic elemens for circular sewer*, sehingga akan didapatkan area basah. dapat di lihat pada gambar 3. 5 di bawah berikut ini :

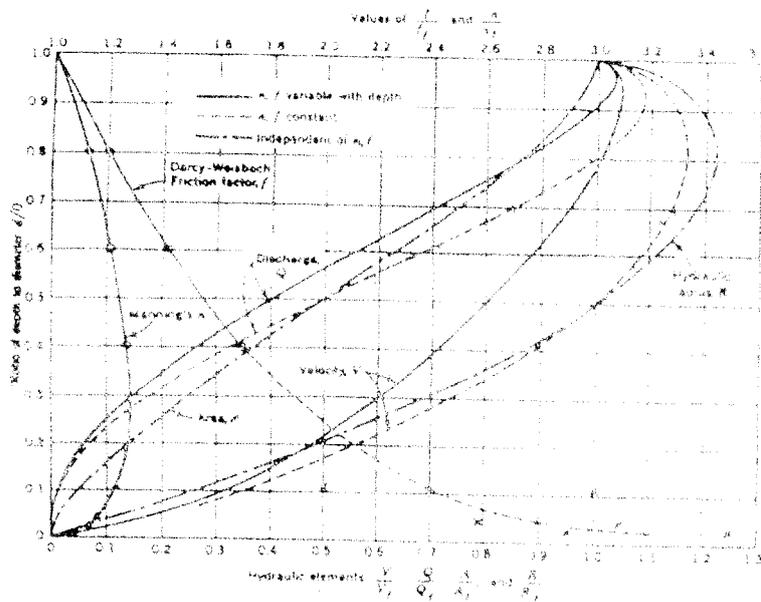


FIGURE 24.—Hydraulic elements graph for circular sewers.

Gambar 3. 5 Grafik Hydraulic Elemens For Circular Sewer

3.6 PROSEDUR Pengerjaan

1. BOD (*Biological Oxygen Demand*)

Mengacu pada SNI M – 69 – 1990 – 03 (Lampiran 5)

2. COD (*Chemical Oxygen Demand*)

Mengacu pada SNI 06 – 6989. 2 – 2004 (Lampiran 6)

BAB IV

ANALISA HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 ANALISA HASIL

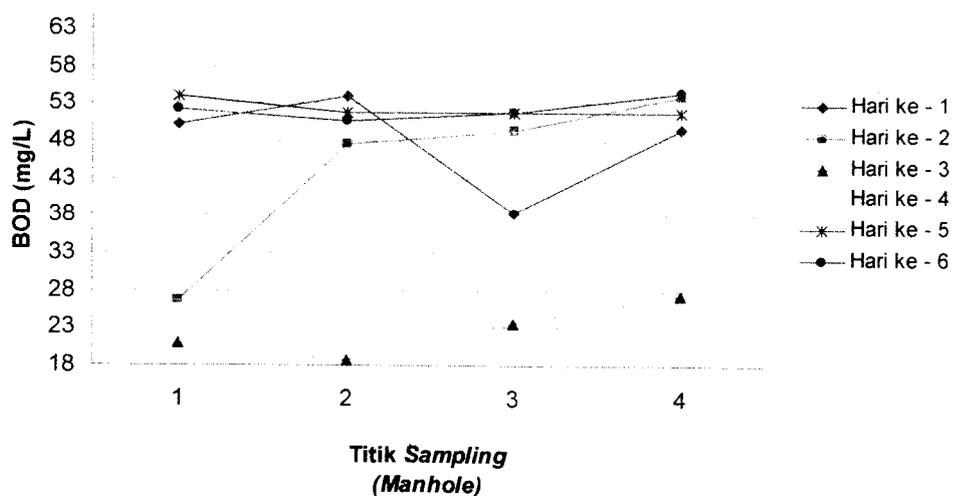
Analisa hasil ini diperoleh dari pengumpulan data di lapangan kemudian dilanjutkan dengan pengujian di laboratorium. Pengujian untuk kadar BOD (*Biological Oxygen Demand*) yang mengacu pada SNI M - 69 - 1990 - 03, dan COD (*Chemical Oxygen Demand*) yang mengacu pada SNI 06 - 6989. 2 - 2004. Setelah semua data diproses kemudian ditabelkan dan dilanjutkan dengan grafik. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada tabel 4. 1 dan 4. 2 serta grafik 4. 1 dan 4. 2 di bawah berikut ini :

Tabel 4. 1 Konsentrasi BOD₅ Setiap Hari

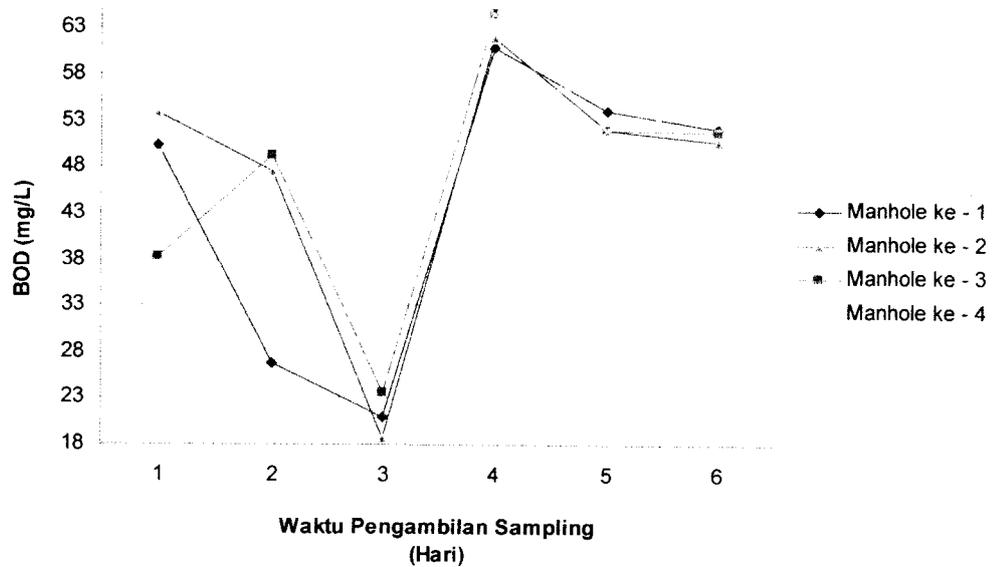
Lokasi	Konsentari BOD ₅ (mg/L)					
	Hari ke - 1	Hari ke - 2	Hari ke - 3	Hari ke - 4	Hari ke - 5	Hari ke - 6
I	50.30	26.69	20.98	60.75	54.06	52.13
II	53.88	47.53	18.74	61.87	51.83	50.64
III	38.30	49.28	23.59	64.48	51.83	51.76
IV	49.46	54.04	27.32	64.48	51.83	54.44

Pada tabel 4. 1 di atas dapat dilihat bahwa hasil yang didapat untuk konsentrasi BOD (*Biological Oxygen Demand*) sangat fluktuatif yaitu berkisar 18,74 mg/L. sampai 64,48 mg/L. Konsentrasi tertinggi terjadi pada pengukuran hari ke - 4 di *manhole* 3 dan 4 yaitu sebesar 64,48 mg/L dan konsentrasi yang terendah terjadi pada pengukuran hari ke - 3 di *manhole* 2 yaitu sebesar 18,74 mg/L. Jika dilihat sekilas dari konsentrasi tertinggi sampai ke terendah dapat diketahui bahwa terjadi penurunan dan kenaikan dari *manhole* 1 sampai 4. Untuk lebih lanjut mengenai fluktuasinya dapat dilihat pada garfik 4. 1 dan 4. 2 di bawah berikut ini :

Grafik 4. 1 Konsentrasi BOD₅ Setiap Hari



Grafik 4. 2 Konsentrasi BOD₅ Pada Setiap *Manhole* Setiap Hari



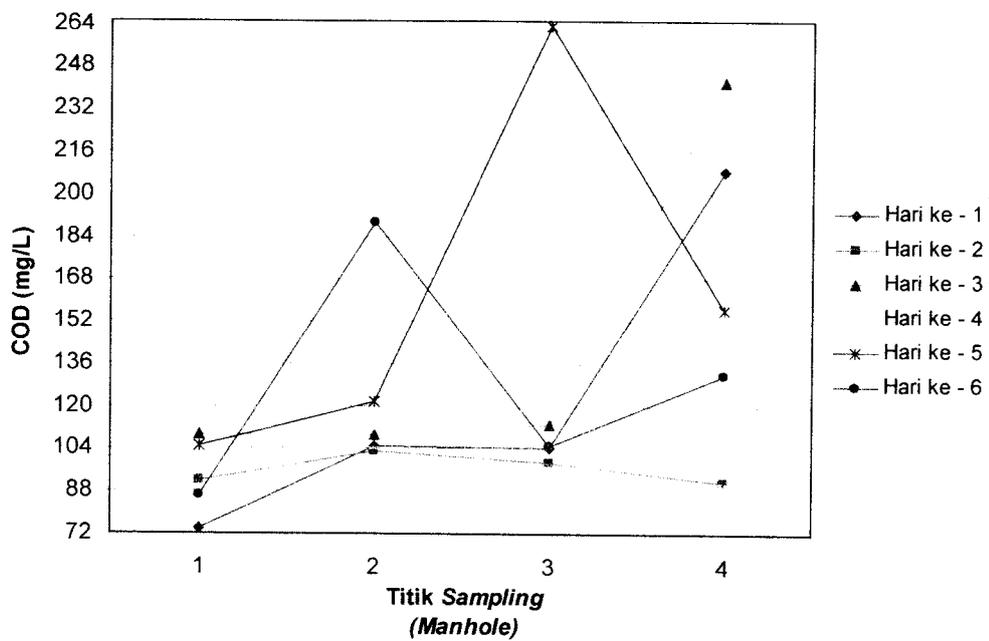
Tabel 4. 2 Konsentrasi COD Setiap Hari

Lokasi <i>Manhole</i>	Konsentari COD (mg/L)					
	Hari ke - 1	Hari ke - 2	Hari ke - 3	Hari ke - 4	Hari ke - 5	Hari ke - 6
I	73,57	91,89	109,18	156,49	104,61	86,29
II	104,61	103,08	109,18	118,34	121,90	189,05
III	104,10	98,50	113,25	182,44	263,32	104,61
IV	208,38	91,38	241,95	89,34	156,49	131,57

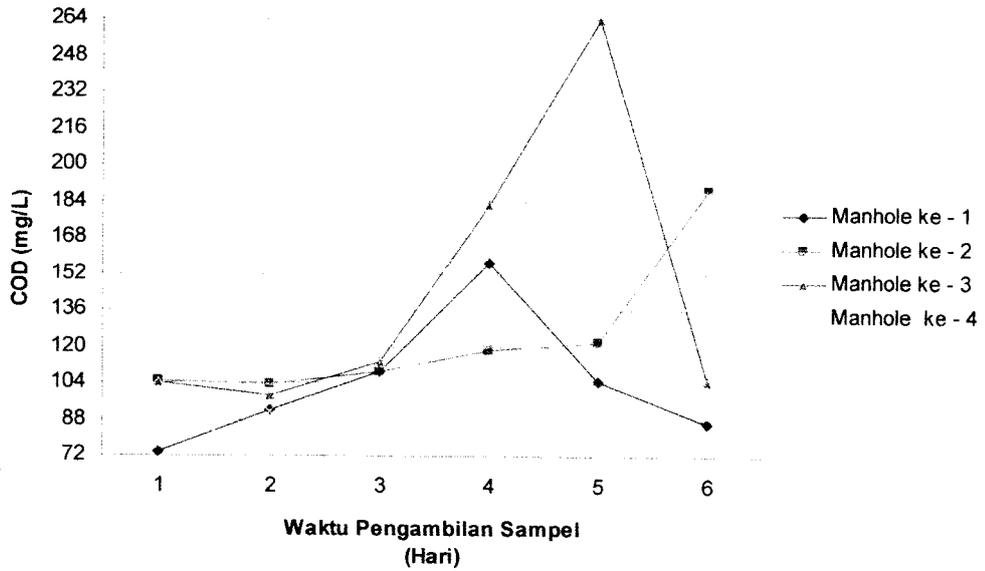
Pada tabel 4. 2 di atas dapat dilihat bahwa hasil yang didapat untuk konsentrasi COD (*Chemical Oxygen Demand*) sangat fluktuatif yaitu berkisar 73,57 mg/L sampai 263,32 mg/L. Konsentrasi tertinggi terjadi pada pengukuran hari ke - 5 di *manhole* 3 yaitu sebesar 263,32 mg/L dan yang terendah terjadi pada pengukuran hari ke - 1 di *manhole* 1 yaitu sebesar 73,57 mg/L. Jika dilihat sekilas

dari konsentrasi tertinggi sampai ke rendah dapat diketahui bahwa terjadi penurunan dan kenaikan dari *manhole* 1 sampai 4. Untuk lebih lanjut mengenai fluktuasinya dapat dilihat pada grafik 4.3 - 4.8 di bawah berikut ini :

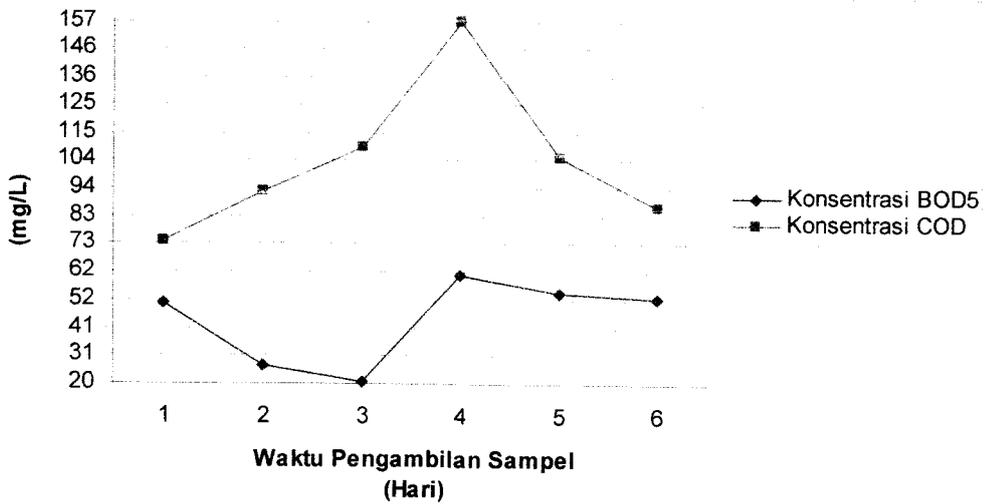
Grafik 4.3 Konsentrasi COD Setiap Hari



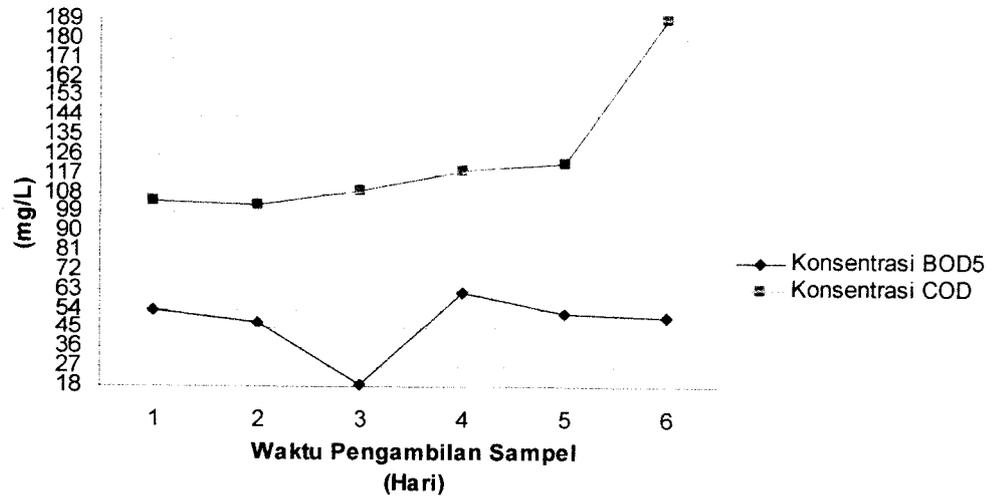
Grafik 4. 4 Konsentrasi COD Pada Setiap *Manhole* Setiap Hari



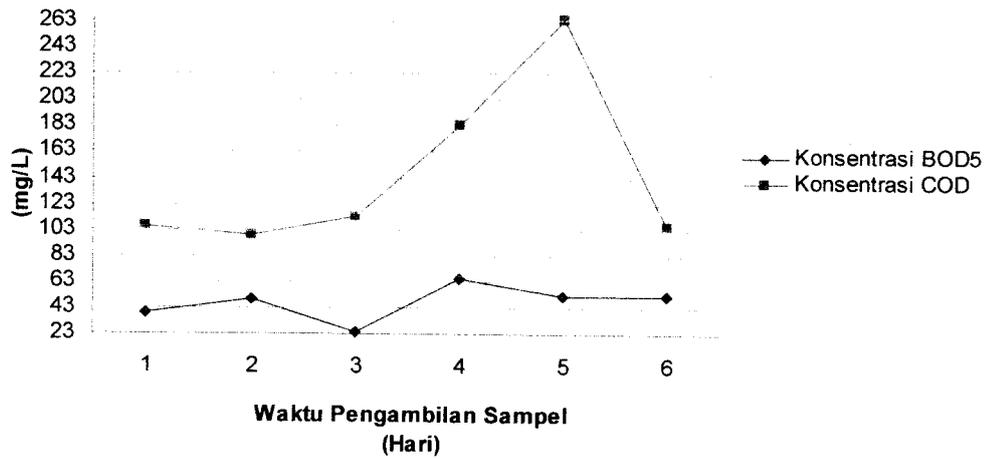
Grafik 4. 5 Konsentrasi BOD₅ dan COD Pada *Manhole* - 1 Setiap Hari



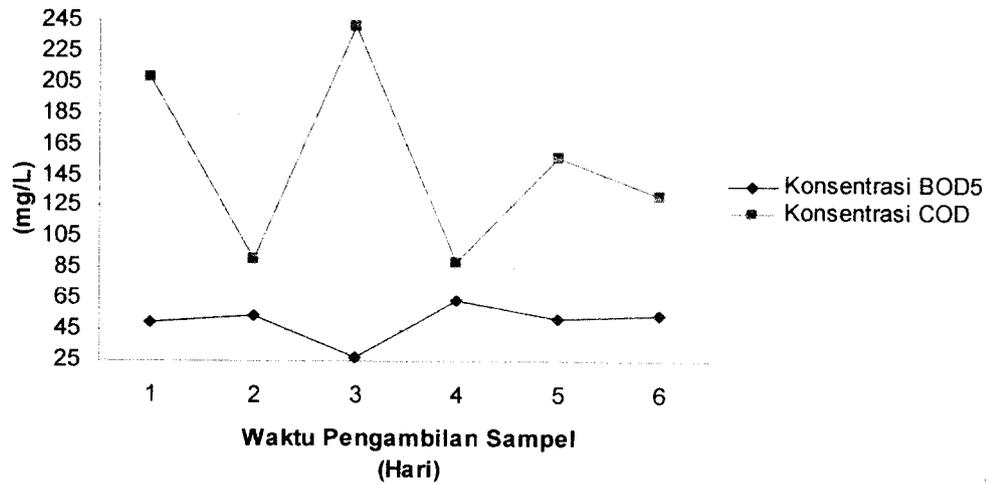
Grafik 4. 6 Konsentrasi BOD₅ dan COD Pada *Manhole* - 2 Setiap Hari



Grafik 4. 7 Konsentrasi BOD₅ dan COD Pada *Manhole* - 3 Setiap Hari



Grafik 4. 8 Konsentrasi BOD₅ dan COD Pada *Manhole* - 4 Setiap Hari



4. 2 Uji Statistik

Untuk menguji hasil analisa di atas diperlukan suatu uji statistik untuk mendukung hipotesa yang telah dibuat. Pengujian statistik yang digunakan adalah Uji T atau *T - Test* (untuk perhitungan yang lebih lengkap dapat dilihat pada lampiran 4). Berikut ini adalah Pengujian *T - Test* untuk setiap parameter analisa :

4. 2. 1 *T - Test* Untuk Analisa BOD₅ (*Biological Oxygen Demand*)

Setelah dilakukan pengujian statistik menggunakan metode *T - Test* (dapat dilihat pada lampiran) didapatkan hasil sebagai berikut :

Membandingkan t tabel (*t critical*) dengan t hitung (*t stat*) yaitu :

- $- 2.228139238 < - 0.363467238 < 2.228139238$.
- $- 2.228139238 < 0.104977888 < 2.228139238$.
- $- 2.228139238 < - 0.488271226 < 2.228139238$, maka H_0 diterima dan H_a ditolak.

Kesimpulan :

Ha : Terdapat perbedaan yang signifikan antara konsentrasi BOD₅ pada tiap *manhole* DITOLAK.

Ho : Tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara konsentrasi BOD₅ pada tiap *manhole* DITERIMA.

4. 2. 2 *T - Test Untuk Analisa COD (Chemical Oxygen Demand)*

Membandingkan t tabel (*t critical*) dengan t hitung (*t stat*) yaitu :

- a. $- 2.228139238 < - 1.164439367 < 2.228139238$.
- b. $- 2.228139238 < - 0.664820245 < 2.228139238$.
- c. $- 2.228139238 < - 0.238009626 < 2.228139238$, maka Ho diterima dan Ha ditolak.

Kesimpulan :

Ha : Terdapat perbedaan yang signifikan antara konsentrasi BOD₅ pada tiap *manhole* DITOLAK.

Ho : Tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara konsentrasi BOD₅ pada tiap *manhole* DITERIMA.

4.3 PEMBAHASAN

Berdasarkan evaluasi dari hasil pemeriksaan BOD (*Biological Oxygen Demand*) dan COD (*Chemical Oxygen Demand*) yang ditunjukkan pada tabel 4. 1 dan 4. 2 serta grafik 4. 1 - 4. 8 di atas, secara garis besar dapat dijelaskan sebagai berikut :

4.3.1 Perubahan Laju Konsentrasi BOD₅ Dan COD Terhadap Jarak Antar Manhole

Dari hasil pemeriksaan konsentrasi BOD (*Biological Oxygen Demand*) dan COD (*Chemical Oxygen Demand*) yang dilakukan pada saluran air buangan Kota Jogjakarta yang berlokasi di *Ring Road* Giwangan (untuk lebih jelas mengenai lokasi dapat dilihat pada lampiran). Pemeriksaan ini dilakukan selama 6 hari berturut yang dimulai dari tanggal 10 sampai 15 Juli 2006 pada pukul 09.00 WIB, pemeriksaan ini mengalami fluktuasi baik penurunan maupun kenaikan seperti yang terlihat pada gambar grafik grafik 4. 1 – 4. 8 di atas. Dari grafik tersebut dibuatlah perubahan konsentrasi penurunan/kenaikan untuk BOD (*Biological Oxygen Demand*) dan COD (*Chemical Oxygen Demand*) yang dapat dilihat pada tabel 4. 3 dan 4. 4 di bawah berikut ini :

Tabel 4. 3 Perubahan Laju Konsentrasi BOD₅ Setiap Hari Terhadap Jarak Antar Manhole

Lokasi Manhole	Jarak (m)	Perubahan Laju Konsentrasi BOD ₅ (%)						Rata - rata (Δ)	Δ/m
		Hari ke - 1	Hari ke - 2	Hari ke - 3	Hari ke - 4	Hari ke - 5	Hari ke - 6		
I - II	63	-7.13	-78.10	10.67	-1.84	4.12	2.86	-11.57	-0.18
II - III	58	28.92	-3.70	-25.87	-4.22	0.00	-2.21	-1.18	-0.02
III - IV	56	-29.15	-9.66	-15.81	0.00	0.00	-5.17	-9.97	-0.18

Keterangan : tanda (-) menunjukkan kenaikan
 tanda (+) menunjukkan penurunan

Dilihat dari tabel 4. 3 di atas bahwa *manhole* I ke II dengan jarak 63 m mempunyai perubahan kenaikan konsentrasi rata - rata tertinggi dibandingkan dengan yang lainnya yaitu sebesar 11,57 %. Jika dilihat setiap harinya pada lokasi *manhole* I ke II penurunan tertinggi terjadi pada hari ke 5 yaitu sebesar 4,12 % dan kenaikan tertinggi terjadi pada hari ke 2 sebesar 78,10 %. *Manhole* II ke III dengan jarak 58 m mempunyai perubahan kenaikan konsentrasi rata - rata terendah dibandingkan dengan yang lainnya yaitu sebesar 1,18 % dan jika diperhatikan per harinya terjadi penurunan tertinggi pada hari ke 1 sebesar 28,92 % dan kenaikan tertinggi pada hari ke 3 sebesar 25,87 %. *Manhole* III ke IV dengan jarak 56 m mempunyai perubahan kenaikan konsentrasi yaitu sebesar 9,97 % dan jika diperhatikan per harinya terjadi penurunan tertinggi pada hari ke 4 dan 5 sebesar 0 % dan kenaikan tertinggi pada hari ke 1 sebesar 29,15 %. Dari evaluasi di atas dapat ditarik kesimpulan untuk laju konsentrasi BOD (*Biological Oxygen Demand*) terjadi penurunan tertinggi pada *manhole* II ke III, kemudian

diikuti dengan *manhole* III ke IV dan *manhole* I ke II terjadi kenaikan kembali. Maka perubahan penurunan konsentrasi BOD (*Biological Oxygen Demand*) ini tidak berbanding lurus dengan jarak antar *manhole*.

Tabel 4. 4 Perubahan Laju Konsentrasi COD Setiap Hari Terhadap Jarak Antar *Manhole*

Lokasi <i>Manhole</i>	Jarak (m)	Perubahan Laju Konsentrasi COD (%)						Rata - rata (Δ)	Δ/m
		Hari ke - 1	Hari ke - 2	Hari ke - 3	Hari ke - 4	Hari ke - 5	Hari ke - 6		
I - II	63	-42.18	-12.18	0.00	24.38	-16.53	-119.08	-27.60	-0.44
II - III	58	0.49	4.44	-3.73	-54.16	-116.01	44.67	-20.72	-0.36
III - IV	56	-100.18	7.23	-113.64	51.03	40.57	-25.77	-23.46	-0.42

Keterangan : tanda (-) menunjukkan kenaikan
tanda (+) menunjukkan penurunan

Dilihat dari tabel 4. 4 di atas bahwa *manhole* I ke II dengan jarak 63 m mempunyai perubahan kenaikan konsentrasi rata – rata tertinggi dibandingkan dengan yang lainnya yaitu sebesar 27,60 %. Jika dilihat setiap harinya pada lokasi *manhole* I ke II penurunan tertinggi terjadi pada hari ke 4 yaitu sebesar 24,38 % dan kenaikan tertinggi terjadi pada hari ke 6 sebesar 119,08 %. *Manhole* II ke III dengan jarak 58 m mempunyai perubahan kenaikan konsentrasi rata - rata terendah yaitu sebesar 20,72 % dan jika diperhatikan per harinya terjadi penurunan tertinggi pada hari ke 6 sebesar 44,67 % dan kenaikan tertinggi pada hari ke 5 sebesar 116,01 %. *Manhole* III ke IV dengan jarak 56 m mempunyai perubahan penurunan konsentrasi rata - rata yaitu penurunan sebesar 23,46 % dan

jika diperhatikan per harinya terjadi penurunan tertinggi pada hari ke 4 sebesar 51,03 % dan kenaikan tertinggi pada hari ke 3 sebesar 113,64 %. Dari evaluasi di atas dapat ditarik kesimpulan untuk laju konsentrasi COD (*Chemical Oxygen Demand*) terjadi penurunan tertinggi pada *manhole* II ke III, kemudian diikuti dengan *manhole* III ke IV dan *manhole* I ke II. Maka perubahan penurunan konsentrasi COD (*Chemical Oxygen Demand*) ini tidak berbanding lurus dengan jarak antar *manhole*.

4. 3. 2 Perubahan Laju Konsentrasi BOD₅ Dan COD Terhadap Sloope (Kemiringan Saluran)

Pada bagian ini akan membandingkan antara perubahan konsentrasi BOD (*Biological Oxygen Demand*) dan COD (*Chemical Oxygen Demand*) yang telah didapat dengan *Sloope* saluran yang menghubungkan satu *manhole* dengan *manhole* lainnya. Untuk lebih lebih jelasnya mengenai keterkaitan tersebut dapat dilihat pada tabel 4. 5 dan 4. 6 di bawah berikut ini :

Tabel 4. 5 Perubahan Laju Konsentrasi BOD₅ Setiap Hari Terhadap Sloope (Kemiringan Saluran)

Lokasi <i>Manhole</i>	<i>Sloope</i> (m/m)	Perubahan Laju Konsentrasi BOD ₅ (%)						Rata - rata (Δ)
		Hari ke - 1	Hari ke - 2	Hari ke - 3	Hari ke - 4	Hari ke - 5	Hari ke - 6	
I - II	0.00094	-7.13	-78.10	10.67	-1.84	4.12	2.86	-11.57
II - III	0.00078	28.92	-3.70	-25.87	-4.22	0.00	-2.21	-1.18
III - IV	0.00080	-29.15	-9.66	-15.81	0.00	0.00	-5.17	-9.97

Keterangan : tanda (-) menunjukkan kenaikan
tanda (+) menunjukkan penurunan

Tabel 4. 6 Perubahan Laju Konsentrasi COD Setiap Hari Terhadap Sloope (Kemiringan Saluran)

Lokasi <i>Manhole</i>	<i>Slope</i> (m/m)	Perubahan Laju Konsentrasi COD (%)						Rata - rata (Δ)
		Hari ke - 1	Hari ke - 2	Hari ke - 3	Hari ke - 4	Hari ke - 5	Hari ke - 6	
I - II	0.00094	-42,177	-12,179	0,000	24,380	-16,535	-119,082	-27,599
II - III	0.00078	0,487	4,441	-3,728	-54,163	-116,011	44,668	-20,718
III - IV	0.00080	-100,181	7,230	-113,640	51,027	40,569	-25,774	-23,461

Keterangan : tanda (-) menunjukkan kenaikan
tanda (+) menunjukkan penurunan

Dari tabel 4. 5 dan 4. 6 di atas dapat dilihat perbedaan *sloope* (kemiringan saluran) yang tidak begitu signifikan, *sloope* ini didapatkan dari pengamatan dan pengukuran di lapangan. Ini berbeda dengan *sloope* yang tercantum di gambar perencanaan yang ada di Dinas Lingkungan Hidup (DLH) Kota Jogjakarta yaitu sebesar 0.0009 m/m (untuk lebih jelas dapat dilihat pada lampiran). Perbedaan

seperti ini sering terjadi karena perencanaan dengan apa yang terjadi di lapangan dapat saja mengalami perbedaan, mungkin karena penyesuaian dengan kondisi lapangan atau kondisi lainnya yang memaksakan terjadinya perbedaan ini. Seharusnya jika hal ini terjadi pihak pengelola harus membuat dua buah peta yaitu peta perencanaan dan peta kondisi lapangan setelah pembangunan.

Dari hasil evaluasi tabel 4. 5 di atas dapat ditarik kesimpulan bahwa saluran yang memiliki *slope* (kemiringan saluran) lebih kecil memiliki rata - rata persentase penurunan konsentrasi BOD (*Biological Oxygen Demand*) lebih besar (ditunjukkan pada *manhole* II ke III), kecuali pada *manhole* I ke II dan *manhole* III ke IV. Hal ini dapat terjadi karena berbagai faktor seperti laju pengaliran (kecepatan) dan variasi waktu pengambilan sampel pada tiap *manhole* yang berbeda - beda.

Hasil evaluasi tabel 4. 6 di atas menunjukkan hubungan yang sama seperti pada laju konsentrasi BOD (*Biological Oxygen Demand*) di atas yaitu khusus pada *manhole* II ke III dan III ke IV laju penurunan konsentrasi COD (*Chemical Oxygen Demand*) berbanding lurus dengan *slope* yang dimiliki saluran tersebut. Hal ini tidak berlaku pada *manhole* I ke II yang menunjukkan laju kenaikan rata - rata yang cukup signifikan.

Hal ini dapat terjadi karena berbagai faktor yaitu salah satunya akibat dari laju pengaliran yang akan ditunjukkan pada tabel 4. 7 di bawah berikut ini :

Tabel 4. 7 Kecepatan Aliran Pada Setiap *Manhole*

Lokasi <i>Manhole</i>	Jarak (m)	<i>Sloope</i> (m/m)	Kecepatan Aliran (m/dtk)						Rata – rata
			Hari ke - 1	Hari ke - 2	Hari ke - 3	Hari ke - 4	Hari ke - 5	Hari ke - 6	
I - II	63	0.00094	0,092	0,117	0,098	0,111	0,124	0,141	0,114
II - III	58	0.00078	0,124	0,146	0,136	0,150	0,151	0,180	0,148
III - IV	56	0.00080	0,136	0,134	0,131	0,141	0,136	0,167	0,141

Dari evaluasi kecepatan pengaliran pada tabel 4. 7 di atas dapat dilihat bahwa kecepatan yang ada tidak berbanding lurus dengan *sloope* saluran. Hal ini bertolak belakang dengan teori yang ada bahwa semakin besar *sloope* maka akan semakin besar pula kecepatannya (pada rumus *Manning*). Perbedaan ini dapat terjadi karena berbagai kemungkinan seperti angka kekasaran *Manning* (*n*) dan tinggi renang (*d*) yang berbeda - beda, serta faktor pengukuran di lapangan yang kurang akurat. Kecepatan minimum yang ada di dalam saluran air buangan adalah 0,6 m/s atau 2,0 ft/s (Metcalf & Eddy, 1981). Kecepatan di bawah 0,6 m/s ini akan menyebabkan terjadinya pengendapan di dalam saluran dan bila endapan sudah terbentuk dalam jumlah besar akan menghambat aliran serta mengakibatkan tersumbatnya saluran. Adanya endapan yang berbeda - beda pada setiap saluran merupakan salah satu faktor terjadinya perbedaan pada hasil pemeriksaan.

4.3.3 Waktu Yang Diperlukan Saat Pengambilan Sampel

Pengambilan sampel dilakukan secara bergantian dikarenakan kurangnya tenaga untuk pengambilan sampel, sedangkan waktu yang seharusnya dilakukan pada setiap *manhole* dapat di lihat pada tabel 4. 8 di bawah berikut ini :

Tabel 4. 8 Lama Waktu Pengambilan Pada Setiap *Manhole*

Lokasi Manhole	Waktu (menit)					
	Hari ke - 1	Hari ke - 2	Hari ke - 3	Hari ke - 4	Hari ke - 5	Hari ke - 6
I - II	11.41	8.99	10.74	9.43	8.48	7.46
II - III	7.81	6.60	7.13	6.46	6.41	5.36
III - IV	6.85	6.97	7.13	6.60	6.88	5.60
Total Waktu (menit)	26.07	22.56	25.00	22.49	21.77	18.42

Pemeriksaan pada *sewer* ini diharapkan terjadinya penurunan konsentrasi BOD dan COD, tetapi malah yang terjadi adalah terjadinya fluktuasi konsentrasi BOD dan COD. Hal ini disebabkan karena waktu detensi (waktu tinggal air limbah) yang seharusnya berkisar antara 6 menit – 12 menit pada setiap *manhole* tetapi yang terjadi lebih dari 12 menit, faktor yang mempengaruhi hal ini adalah kurangnya tenaga atau orang untuk pengambilan sampel, kondisi jalan yang cukup ramai sehingga tidak memungkinkan untuk mengambil atau membuka *manhole* sesuai dengan waktu yang diperlukan.

Tabel 4. 9 Waktu Detensi Pada Reaktor *Suspended Growth*

Kondisi	Waktu Detensi (menit)
<i>Aerobic</i>	30 – 60
<i>Anoxic</i>	10 – 20
<i>Anaerobic</i>	15 – 60

Sumber : *Metcalf and Eddy* 2003.

Waktu detensi yang diperlukan oleh air buangan untuk tinggal pada reaktor *suspended solid* lebih lama dibandingkan dengan dari hasil perhitungan waktu tinggal yang di dapat pada *sewer*. Hal ini memungkinkan kecil sekali terjadinya penurunan konsentarsi BOD dan COD pada setiap *manhole*.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 KESIMPULAN

Dari hasil analisa data dan pembahasan dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Dalam saluran air buangan domestik terjadi fluktuatif penurunan dan kenaikan angka BOD dan COD, sehingga tidak dapat diketahui angka penurunan dan kenaikan konsentrasi BOD dan COD secara jelas.
2. Di dalam saluran air buangan terjadi fluktuasi konsentrasi BOD dan COD, yaitu berkisar antara 18.74 mg/L sampai 64.48 mg/l untuk konsentrasi BOD, dan 73.57 mg/L sampai 263.32 mg/L untuk konsentrasi COD.
3. Persentase penurunan/kenaikan konsentrasi BOD berkisar antara -78.10 % sampai 28.92 % dan untuk konsentrasi COD berkisar antara 119.08 % sampai 51.03 %.
4. Di dalam saluran air buangan ini jarak tidak mempengaruhi penurunan konsentrasi BOD dan COD, yang berarti bahwa jarak yang semakin jauh tidak berarti akan mempengaruhi penurunan konsentrasi BOD dan COD, begitu juga sebaliknya.
5. Di dalam saluran air buangan ini *sloope* (kemiringna saluran) tidak mempengaruhi penurunan konsentrasi BOD dan COD, yang berarti bahwa *sloope* (kemiringan saluran) yang semakin jauh tidak berarti akan

mempengaruhi penurunan konsentrasi BOD dan COD, begitu juga sebaliknya.

5.2 SARAN

1. Dalam pengukuran BOD harus lebih teliti karena tingkat kesalahan yang timbul sangatlah besar dibandingkan COD.
2. Sebelum menentukan lokasi sampling terlebih dahulu mencari data sekunder seperti jumlah penduduk layanan, peta detail meliputi jenis pipa, diameter, dan lain sebagainya. Karena banyak saluran air buangan yang tidak dilengkapi dengan data - data tersebut.
3. Dalam pengukuran kecepatan dan debit aliran saluran diperlukan ketelitian lebih dan harus menggunakan alat pengukur kecepatan dan atau debit aliran.
4. Dalam perhitungan debit aliran jangan bertolak ukur terhadap banyaknya orang yang dilayani karena hampir semua jaringan di kota Yogyakarta terdapat penambahan air dari pipa penggelontor.
5. Perlu dilakukan perbandingan dengan lokasi lain, minimal satu lokasi lagi yang kondisinya sama dengan lokasi awal.
6. Saat pengambilan sampel dari satu titik ke titik lainnya harus disesuaikan dengan lama waktu pengaliran dari satu titik ke titik lainnya.

Daftar Pustaka

1. Anonim, 2002, The Evolution of Sewage Treatment, <http://www.cet.nau.edu/Projects/WDP/resources/History/History.htm> (diakses 16 Maret 2006).
2. Anonim, 2002, *The Fundamental Microbiology of Sewage*, <http://www.cet.nau.edu/Projects/WDP/resources/Microbiology/index.html> (diakses 16 Maret 2006).
3. Abdul-Thalib, S., Ujang, Z., Jacobsen, H., Vollertsen, *et al.*, 2003, “ *Sewer Networks as Bio-Reactors -Extending The Transport Function of Sewers* ”, *Proceeding on Water & Drainage Conference*, Kuala Lumpur.
4. APHA, AWWA & WEF, 1998, “ *Standard Methods for The Examination of Water and Wastewater* ”, 20th Edition, United Book Press, Maryland.
5. Babbitt., and Robert, B.E., 1969, *Sewerage and Sewage Treatment*, John Willey and Sons, Inc., New York.
6. Clair. N. Sawyer, Gene. F. Parkin. Perry. L. McCarty, 1994, *Fourth Edition*, “ *Chemistry for Environmental Engineering* ”, *Mc Graw Hill Book Company*.
7. Hakim, H.S., 2005, “ Penurunan Kadar BOD₅ dan COD Dalam Saluran Air Buangan Kota Jogjakarta ”, *Skripsi*, Jurusan Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
8. Hvitved Jacobsen, T Vollertsen J, Youngsiri C. H. A, Abdul Tholib S, 2002, “ *Sewers Microbial Processes -- Emmision and Impacts*, *Journal Sewer Processes and Networks* ” , Paris – France.
9. Jenie, B. S. L, dan Winiati, P. R., 1993, “ *Penanganan Limbah Industri Pangan* ”, Kanisius, Yogyakarta.
10. Kodoatie, R.J., dan Sjarief, R., 2005, *Pengelolaan Sumber Daya Air Terpadu*, Penerbit Andi, Yogyakarta.
11. Mara, Duncan, 1976, “ *Sewage Treatment inHot Climate*, *Jhon Wiley and Sons Chichester* ”.
12. Metcalf and Eddy, 1991, “ *Wastewater Engeneering Treatment and Reuse 4^d ed* ”, *Mc Graw – Hill, Interrasional Engineering*, New York.

13. Ron Crites, Goerge Tchobanoglous, " *Small And Decentralized Wastewater Management System* ", *Mc Graw Hill Book Company*.
14. S K. Husain, *Second Edition*, " *Text Book of Water Supply And Sanitary Engineering* ", *Oxford And IBH Publishing CO*.
15. Slamet., Soemirat, J., 1994, " *Kesehatan Lingkungan* ", Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
16. Sugiharto, 1987, " *Dasar - dasar Pengolahan Air Limbah* ", Universitas Indonesia Press, Jakarta.
17. Sukarma, R., and Pollard, R., 2001, " *Indonesia Overview of Sanitation and Sewerage Experience and Policy Options* ", *Report for World Bank, Urban Development Sector Unit Indonesia Country Management Unit East Asia and Pacific Region*, Jakarta.
18. Tchobanoglous, G. 1981. " *Wastewater Engineering Collection and Pumping of Wastewater* ", *Mc Graw Hill Book Company*.
19. Ternce. J. Mc Ghee, 1991, " *Water Supply and Sewerage 6th, Mc Graw Hill, New York* ".
20. ***The Fundamental Microbiology of Sewage*** [http://www.cet.nau.edu/ Metcalf and Eddy](http://www.cet.nau.edu/Metcalf_and_Eddy), 2003.
21. Tjokrokusumo, KRT., 1995, " *Pengantar Konsep Teknologi Bersih* ", Sekolah Tinggi Teknik Lingkungan Yayasan Lingkungan Hidup, Yogyakarta.
22. White, J. B. 1970. " *The design of Sewer and Sewage Treatment Work. Edward Arnold Ltd, London* ".
23. YUDP, 1992, " *Final Report Feasibility Study Sewerage System* ", Directorate General Cipta Karya, Yogyakarta.

LAMPIRAN 1
HASIL PENGUJIAN DO

Tabel 1 Hasil pegujian konsentrasi DO hari ke – 1

Lokasi Manhole	DO	DO_s	DO₅ pengenceran 20 X	Waktu Inkubasi	BOD₅
Blk	7.89	6.34		5 hari 1 jam	
1	6.82	7.09	0.80	5 hari 1 jam	50.30
2	7.17	7.09	0.80	5 hari 1 jam	53.88
3	5.74	6.97	0.92	5 hari 1 jam	38.30
4	7.17	6.71	1.18	5 hari 1 jam	49.46

Tabel 2 Hasil pegujian konsentrasi DO hari ke – 2

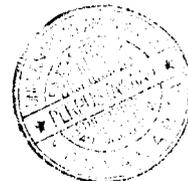
Lokasi Manhole	DO	DO_s	DO₅ pengenceran 20 X	Waktu Inkubasi	BOD₅
Blk	7.21	6.83		4 hari 2 jam	
1.00	4.10	7.09	0.12	4 hari 2 jam	26.69
2.00	5.97	7.20	0.01	4 hari 2 jam	47.53
3.00	6.34	6.97	0.23	4 hari 2 jam	49.28
4.00	4.48	7.09	0.12	4 hari 2 jam	54.04

Tabel 3 Hasil pegujian konsentrasi DO hari ke – 3

Lokasi Manhole	DO	DO_s	DO ₅ pengenceran 20 X	Waktu Inkubasi	BOD ₅
Blk	6.71	2.98		5 hari 1 jam	
1.00	6.08	6.23	0.48	5 hari 1 jam	20.98
2.00	5.86	6.23	0.48	5 hari 1 jam	18.74
3.00	6.34	6.23	0.48	5 hari 1 jam	23.59
4.00	6.71	6.23	0.48	5 hari 1 jam	27.32

Tabel 4 Hasil pegujian konsentrasi DO hari ke – 4

Lokasi Manhole	DO	DO_s	DO ₅ pengenceran 20 X	Waktu Inkubasi	BOD ₅
Blk	6.83	7.57		Tidak ada	
1.00	7.09	6.34	0.48	Tidak ada	60.75
2.00	6.83	6.71	0.11	Tidak ada	61.87
3.00	7.09	6.71	0.11	Tidak ada	64.48
4.00	7.09	6.71	0.11	Tidak ada	64.48



Tabel 5 Hasil pegujian konsentrasi DO hari ke – 5

Lokasi Manhole	DO	DO _A	DO ₅ pengenceran 20 X	Waktu Inkubasi	BOD ₅
Blk	6.97	7.57		4 hari 23 jam	
1.00	6.83	5.97	1.01	4 hari 23 jam	54.06
2.00	6.60	5.97	1.01	4 hari 23 jam	51.83
3.00	6.60	5.97	1.01	4 hari 23 jam	51.83
4.00	6.60	5.97	1.01	4 hari 23 jam	51.83

Tabel 6 Hasil pegujian konsentrasi DO hari ke – 6

Lokasi Manhole	DO	DO _A	DO ₅ pengenceran 20 X	Waktu Inkubasi	BOD ₅
Blk	7.46	6.83		Tidak ada	
1.00	6.60	7.09	0.37	Tidak ada	52.13
2.00	6.71	6.83	0.63	Tidak ada	50.64
3.00	6.83	6.83	0.63	Tidak ada	51.76
4.00	7.09	6.83	0.63	Tidak ada	54.44

LAMPIRAN 2
HASIL PENGUJIAN COD

Tabel 1 Hasil pegujian konsentrasi COD hari ke – 1

Lokasi Manhole	Hari ke - 1 COD
1	73.57
2	104.61
3	104.10
4	208.38

Tabel 2 Hasil pegujian konsentrasi COD hari ke – 2

Lokasi Manhole	Hari ke - 2 COD
1	91.89
2	103.08
3	98.50
4	91.38

Tabel 3 Hasil pegujian konsentrasi COD hari ke – 3

Lokasi Manhole	Hari ke - 3 COD
1	109.18
2	109.18
3	113.25
4	241.95

Tabel 4 Hasil pegujian konsentrasi COD hari ke – 4

Lokasi Manhole	Hari ke - 4 COD
1	156.49
2	118.34
3	182.44
4	89.34

Tabel 5 Hasil pegujian konsentrasi COD hari ke – 5

Lokasi Manhole	Hari ke - 5 COD
1	104.61
2	121.90
3	263.32
4	156.49

Tabel 6 Hasil pegujian konsentrasi COD hari ke – 6

Lokasi Manhole	Hari ke - 6 COD
1	86.29
2	189.05
3	104.61
4	131.57

LAMPIRAN 3

PERHITUNGAN DEBIT BOD₅ Dan COD

Contoh Perhitungan Debit BOD₅ dan COD

Contoh Perhitungan : Sampel *manhole* I - II hari ke - 1

Diketahui : Diameter Saluran (D) = 0,6 m

Tinggi Renang (d) = 0,268 m

Kecepatan (V) = 0,092 m/s

Jadi, didapat $\frac{d}{D} = \frac{0.268}{0.6} = 0.45$ setelah diplot kan pada grafik *hydrolic elemens for*

circular sewer maka didapatlah $\frac{A}{A_{full}} = 0.44$.

Dapat dihitung,

$$\begin{aligned} A_{full} &= \frac{1}{4} \times \pi \times (D)^2 \\ &= \frac{1}{4} \times \pi \times (0.6)^2 \\ &= 0.283 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Sehingga,

$$\begin{aligned} A &= \frac{A}{A_{full}} \times A_{full} \\ A &= 0.44 \times 0.283 \text{ m}^2 \\ &= 0.124 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Untuk perhitungan debit :

$$Q = V \times A$$

$$= 0,092 \text{ m/s} \times 0,124 \text{ m}^2$$

$$= 0,011 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$= 11,440 \text{ L/s}$$

Untuk perhitungan hasil selanjutnya dapat dilihat pada tabel dibawah berikut ini :

LAMPIRAN 4

JARAK, SLOOPE, SUHU DAN DEBIT BOD DAN COD

TABEL 1 JARAK, SLOOPE, SUHU DAN DEBIT BOD DAN COD HARI KE - 1

Lokasi Manhole	BOD ₅ (mg/L)	COD (mg/L)	Jarak (m)	Sloope (m/m)	Suhu Udara (°C)	Suhu Air (°C)	Kec. (m/s)	Diameter Saluran (D) (m)	H air (m)	H air rata ² (d) (m)	d /D	n	A /Afull	Afull (m ²)	A (m ²)	Q (m ³ /dtk)	Q (L/dtk)
1	50.30	73.57	63	0.00094	32.5	28.9	0.09	0.6	0.29	0.26	0.45	0.013	0.44	0.28	0.12	0.011	11.44
						29.2			0.25								
2	53.88	104.61	58	0.00078	33.5	29	0.12	0.6	0.22	0.23	0.39	0.013	0.36	0.28	0.10	0.013	12.62
						29			0.25								
3	38.30	104.10	56	0.0008	34.5	29	0.14	0.6	0.25	0.24	0.39	0.013	0.36	0.28	0.10	0.014	13.84
						29			0.25								
4	49.46	208.38	56	0.0008	35.5	29	0.14	0.6	0.25	0.24	0.39	0.013	0.36	0.28	0.10	0.014	13.84
						29			0.25								

TABEL 3 JARAK, SLOOPE, SUHU DAN DEBIT BOD DAN COD HARI KE - 3

Lokasi Manhole	BOD ₅ (mg/L)	COD (mg/L)	Jarak (m)	Sloope (m/m)	Suhu Udara (°C)	Suhu Air (°C)	Kec. (m/s)	Diameter Saluran (D) (m)	H air (m)	H air rata ² (d) (m)	d/D	n	A /Afull	Afull (m ²)	A (m ²)	Q (m ³ /dtk)	Q (L/dtk)
1	20.98	109.18	63	0.00094	29	29	0.1	0.6	0.27	0.26	0.43	0.013	0.41	0.28	0.12	0.01	11.36
					34	29.2			0.24								
3	23.59	113.25	58	0.00078	33	29.3	0.14	0.6	0.22	0.23	0.38	0.013	0.35	0.28	0.10	0.01	13.45
					33	29.1			0.24								
4	27.32	241.95	56	0.0008	33	29.1	0.13	0.6	0.24	0.23	0.38	0.013	0.35	0.28	0.10	0.01	12.96
					33	29.1			0.24								

TABEL 4 JARAK, SLOOPE, SUHU DAN DEBIT BOD DAN COD HARI KE – 4

Lokasi Manhole	BOD ₅ (mg/L)	COD (mg/L)	Jarak (m)	Slope (m/m)	Suhu Udara (°C)	Suhu Air (°C)	Kec. (m/s)	Diameter Saluran (D) (m)	H air (m)	H air rata ² (d) (m)	d /D	n	A /Afull	Afull (m ²)	A (m ²)	Q (m ³ /dtk)	Q (L/dtk)
1	60.75	156.49	63	0.00094	23	28.2	0.11	0.6	0.3	0.28	0.46	0.013	0.45	0.28	0.13	0.01	14.12
					24	28.4			0.26								
2	61.87	118.34	58	0.00078	25	27.8	0.15	0.6	0.24	0.25	0.41	0.013	0.38	0.28	0.11	0.02	16.11
					24	28.3			0.27								
3	64.48	182.44	56	0.0008	25	27.8	0.14	0.6	0.24	0.26	0.43	0.013	0.41	0.28	0.12	0.02	16.34
					24	28.3			0.27								
4	64.48	89.34	56	0.0008	25	27.8	0.14	0.6	0.24	0.26	0.43	0.013	0.41	0.28	0.12	0.02	16.34
					24	28.3			0.27								

TABEL 5 JARAK, SLOOPE, SUHU DAN DEBIT BOD DAN COD HARI KE – 5

Lokasi Manhole	BOD ₅ (mg/L)	COD (mg/L)	Jarak (m)	Sloope (m/m)	Suhu Udara (°C)	Suhu Air (°C)	Kec. (m/s)	Diameter Saluran (D) (m)	H air (m)	H air rata ² (d) (m)	d/D	n	A /Afull	Afull (m ²)	A (m ²)	Q (m ³ /dtk)	Q (L/dtk)
1	54.06	104.61	63	0.00094	24	28	0.12	0.6	0.29	0.28	0.47	0.013	0.46	0.28	0.13	0.02	16.12
					26	28.2			0.27								
2	51.83	121.90	58	0.00078	26	28.2	0.15	0.6	0.22	0.25	0.41	0.013	0.38	0.28	0.11	0.02	16.22
					26	28.2			0.22								
3	51.83	263.32	56	0.0008	26	28.3	0.14	0.6	0.26	0.24	0.40	0.013	0.37	0.28	0.11	0.01	14.22
					28	28.3			0.26								

STANDAR

SK SNI M-69-1990-03

59

METODE PENGUJIAN KADAR
KEBUTUHAN OKSIGEN BIOKIMIWI DALAM AIR



DEPARTEMEN PEKERJAAN UMUM

DAFTAR RUJUKAN

1. American Public Health Association, American Water Works Association, Water Pollution Control Federation, 1985 Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 16th Edition, APHA, Washington D.C.
2. Depatemen Pekerjaan Umum, 1989 Metode Pengambilan Contoh Uji Kualitas Air. Nomor SK SNI M-02-1989-F, Yayasan LPMB, Bandung.

" Hak Cipta dilindungi Undang-Undang "

DAFTAR ISI

	halaman
I	DESKRIPSI 1
1.1	Maksud dan Tujuan 1
1.1.1	Maksud 1
1.1.2	Tujuan 1
1.2	Ruang Lingkup 1
1.3	Pengertian 1
II	CARA PELAKSANAAN 2
2.1	Peralatan dan Bahan Penunjang Uji 2
2.1.1	Peralatan 2
2.1.2	Bahan Penunjang Uji 2
2.2	Persiapan Benda Uji 2
2.3	Persiapan Pengujian 3
2.4	Cara Uji 3
2.5	Perhitungan 3
2.6	Laporan 4

I. DESKRIPSI

1.1 Maksud dan Tujuan

1.1.1 Maksud

Metode pengujian ini dimaksudkan sebagai pegangan dalam pelaksanaan pengujian Kebutuhan Oksigen Biokimiawi (KOB) dalam air.

1.1.2 Tujuan

Tujuan metode pengujian ini adalah untuk memperoleh kadar KOB dalam air.

1.2 Ruang Lingkup

Lingkup pengujian meliputi:

- 1) menetapkan KOB dalam air berdasarkan selisih oksigen terlarut sebelum dan sesudah pengeraman;
- 2) menggunakan metode pengeraman 5x24 jam pada suhu 20°C;
- 3) menetapkan oksigen terlarut sesuai dengan Metode Pengujian Oksigen Terlarut Dalam Air, SK SNI M-10-1990-F.

1.3 Pengertian

Beberapa pengertian yang berkaitan dengan metode pengujian ini:

- 1) kebutuhan oksigen biokimiawi adalah jumlah mg oksigen yang dibutuhkan untuk menguraikan zat organik secara biokimiawi dalam 1 L air selama pengeraman 5x24 jam pada suhu 20°C;
- 2) oksigen terlarut nol hari adalah kadar oksigen terlarut dalam mg/L sebelum dieramkan;
- 3) oksigen terlarut lima hari adalah kadar oksigen terlarut dalam mg/L sesudah dieramkan.

- 6) apabila contoh uji diperkirakan mempunyai kadar KOB lebih dari 6 mg/L, encerkan contoh uji dengan larutan pengencer sehingga kadar KOB antara 3-6 mg/L;
- 7) aerasi dengan aerator selama 10 menit sampai oksigen terlarut 7-8 mg/L;
- 8) masukkan ke dalam 2 buah botol KOB 300 mL sampai meluap;
- 9) kemudian tutupbotol KOB, hindarkan terjadi turbulensi dengan gelembung udara selama pengisian;
- 10) benda uji siap diuji.

2.3 Persiapan Pengujian

Siapkan peralatan dan bahan penunjang uji untuk pengujian oksigen terlarut sesuai dengan SKSNI M-10-1990-F.

2.4 Cara Uji

Uji kadar KOB dengan tahapan sebagai berikut:

- 1) periksa kadar oksigen terlarut (OT) nol hari dari salah satu botol KOB yang berisi benda uji sesuai dengan Metode Pengujian Oksigen Terlarut dalam Air, SK SNI M-10-1990-F;
- 2) masukkan botol KOB yang berisi benda uji ke dalam lemari pengeram bersuhu 20°C;
- 3) eramkan selama lima hari;
- 4) periksa kadar oksigen terlarut (OT) lima hari sesuai dengan Metode Pengujian Oksigen Terlarut dalam Air, SK SNIM-10-1990-F;
- 5) apabila contoh uji diencerkan, kerjakan tahap 1) sampai dengan 4) terhadap larutan pengencer untuk pengerjaan blanko.

2.5 Perhitungan

Hitung kadar KOB dengan menggunakan rumus berikut:

- 1) contoh uji tanpa diencerkan

$$\text{KOB} = C_0 - C_5$$

- 2) contoh uji yang diencerkan

$$\text{KOB} = \left\{ (C_0 - C_5) - k (AP_0 - AP_5) \right\} \times p$$

dengan penjelasan:

$$\frac{p_1}{p}$$

- C_0 = kadar OT mg/L nol hari benda uji;
 C_5 = kadar OT mg/L lima hari benda uji;
 AP_0 = kadar OT mg/L nol hari larutan pengencer;
 AP_5 = kadar OT mg/L lima hari larutan pengencer;
 k = koreksi sebesar $(p - 1) \cdot p$;
 p = faktor pengenceran.

Selisih kadar KOB maksimum yang diperbolehkan antara dua pengujian duplo adalah 10%, dan rata-rata hasil nya.

2.6 Laporan

Catat pada formulir kerja hal-hal sebagai berikut:

- 1) parameter yang diperiksa;
- 2) nama pemeriksa;
- 3) tanggal pemeriksaan;
- 4) nomor laboratorium;
- 5) nomor contoh uji;
- 6) lokasi pengambilan contoh uji;
- 7) waktu pengambilan contoh uji;
- 8) kadar oksigen terlarut nol hari dan lima hari pengujian duplo;
- 9) faktor pengenceran serta kadar dalam benda uji.

Air dan air limbah – Bagian 2: Cara uji kebutuhan oksigen kimiawi (KOK) dengan refluks tertutup secara spektrofotometri

Daftar isi

Daftar isi	i
Prakata	ii
1 Ruang lingkup	1
2 Istilah dan definisi.....	1
3 Cara uji.....	2
3.1 Prinsip.....	2
3.2 Bahan	2
3.3 Peralatan	3
3.4 Keselamatan kerja	3
3.5 Persiapan dan pengawetan contoh uji.....	3
3.6 Persiapan pengujian	4
3.7 Prosedur	4
3.8 Perhitungan	4
4 Jaminan mutu dan pengendalian mutu.....	4
4.1 Jaminan mutu	4
4.2 Pengendalian mutu.....	5
5 Rekomendasi.....	5
Lampiran A Pelaporan	6
Bibliografi.....	7

Prakata

Dalam rangka menyeragamkan teknik pengujian kualitas air dan air limbah sebagaimana telah ditetapkan dalam Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air, Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 02 Tahun 1988 tentang Baku Mutu Air dan Nomor 37 Tahun 2003 tentang Metode Analisis Pengujian Kualitas air Permukaan dan Pengambilan Contoh Air Permukaan, maka dibuatlah Standar Nasional Indonesia (SNI) untuk pengujian parameter-parameter kualitas air dan air limbah sebagaimana yang tercantum didalam Keputusan Menteri tersebut.

Metode ini merupakan hasil kaji ulang dari SNI yang telah kadaluarsa dan menggunakan referensi dari metode standar internasional yaitu *Standard Methods for the Examination of Water and Waste Water*. Metode ini telah melalui uji coba di laboratorium pengujian dalam rangka validasi dan verifikasi metode serta dikonsensuskan oleh Subpanitia Teknis Kualitas Air dari Panitia Teknis 207S, *Manajemen Lingkungan* dengan para pihak terkait.

Standar ini telah disepakati dan disetujui dalam rapat konsensus dengan peserta rapat yang mewakili produsen, konsumen, ilmuwan, instansi teknis, pemerintah terkait dari pusat maupun daerah pada tanggal 30 Januari 2004 di Serpong, Tangerang – Banten.

Metode ini berjudul *Air dan air limbah – Bagian 2: Cara uji kebutuhan oksigen kimiawi (KOK) dengan refluks tertutup secara spektrofotometri* yang merupakan revisi dari SNI 06-2504-1991 dengan judul *Metode pengujian kadar kebutuhan oksigen kimiawi dalam air dengan dengan alat refluks tertutup*.

Air dan air limbah – Bagian 2: Cara uji kebutuhan oksigen kimiawi (KOK) dengan refluks tertutup secara spektrofotometri

1 Ruang lingkup

Metode ini digunakan untuk pengujian kebutuhan oksigen kimiawi (KOK) dalam air dan air limbah dengan reduksi $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ secara spektrofotometri pada kisaran nilai KOK 100 mg/L sampai dengan 900 mg/L pada panjang gelombang 600 nm dan nilai KOK lebih kecil 100 mg/L pengukuran dilakukan pada panjang gelombang 420 nm.

Metode ini digunakan untuk contoh uji air dan air limbah dan tidak berlaku bagi air limbah yang mengandung ion klorida lebih besar dari 2000 mg/L.

2 Istilah dan definisi

2.1

larutan induk

larutan baku kimia yang dibuat dengan kadar tinggi dan akan digunakan untuk membuat larutan baku dengan kadar yang lebih rendah

2.2

larutan baku

larutan induk yang diencerkan dengan air suling bebas organik, dan mempunyai nilai KOK 500 mg/L

2.3

larutan kerja

larutan baku yang diencerkan dengan air suling bebas organik, digunakan untuk membuat kurva kalibrasi dan mempunyai kisaran nilai KOK: 0,0 mg/L; 100 mg/L ; 200 mg/L; 300mg/L; 400mg/L

2.4

larutan blanko atau air suling bebas organik

adalah air suling yang tidak mengandung organik atau mengandung organik dengan kadar lebih rendah dari batas deteksi

2.5

kurva kalibrasi

grafik yang menyatakan hubungan kadar larutan kerja dengan hasil pembacaan absorbansi yang merupakan garis lurus

2.6

blind sample

larutan baku dengan kadar tertentu

2.7

spike matrix

contoh uji yang diperkaya dengan larutan baku dengan kadar tertentu

2.8

SRM (Standard Reference Material)

bahan standar yang tertelusur ke sistem nasional

2.9

CRM (*Certified Reference Material*)

bahan standar bersertifikat yang tertelusur ke sistem nasional atau internasional

3 Cara uji

3.1 Prinsip

KOK (*Chemical Oxygen Demand = COD*) adalah jumlah oksidan $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ yang bereaksi dengan contoh uji dan dinyatakan sebagai mg O_2 untuk tiap 1000 mL contoh uji.

Senyawa organik dan anorganik, terutama organik dalam contoh uji dioksidasi oleh $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ dalam refluks tertutup menghasilkan Cr^{3+} . Jumlah oksidan yang dibutuhkan dinyatakan dalam ekuivalen oksigen (O_2 mg /L) diukur secara spektrofotometri sinar tampak. $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ kuat mengabsorpsi pada panjang gelombang 400 nm dan Cr^{3+} kuat mengabsorpsi pada panjang gelombang 600 nm.

Untuk nilai KOK 100 mg/L sampai dengan 900 mg/L ditentukan kenaikan Cr^{3+} pada panjang gelombang 600 nm. Pada contoh uji dengan nilai KOK yang lebih tinggi, dilakukan pengenceran terlebih dahulu sebelum pengujian. Untuk nilai KOK lebih kecil atau sama dengan 90 mg/L ditentukan pengurangan konsentrasi $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ pada panjang gelombang 420 nm.

3.2 Bahan

- a) Air suling bebas klorida dan bebas organik.
- b) Larutan pencerna (*digestion solution*) pada kisaran konsentrasi tinggi.
Tambahkan 10,216 g $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ yang telah dikeringkan pada suhu 150°C selama 2 jam ke dalam 500 ml air suling. Tambahkan 167 mL H_2SO_4 pekat dan 33,3 g HgSO_4 . Larutkan, dan dinginkan pada suhu ruang dan encerkan sampai 1000 mL.
- c) Larutan pencerna (*digestion solution*) pada kisaran konsentrasi rendah.
Tambahkan 1,022 g $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ yang telah dikeringkan pada suhu 150°C selama 2 jam ke dalam 500 mL air suling. Tambahkan 167 mL H_2SO_4 pekat dan 33,3 g HgSO_4 . Larutkan, dan dinginkan pada suhu ruang dan encerkan sampai 1000 mL.
- d) Larutan pereaksi asam sulfat
Tambahkan serbuk atau kristal Ag_2SO_4 teknis ke dalam H_2SO_4 pekat dengan perbandingan 5,5 g Ag_2SO_4 untuk tiap satu kg H_2SO_4 pekat atau 10,12 g Ag_2SO_4 untuk tiap 1000 mL H_2SO_4 pekat. Biarkan 1 jam sampai dengan 2 jam sampai larut, aduk.
- e) Asam sulfamat ($\text{NH}_2\text{SO}_3\text{H}$).
Digunakan jika gangguan nitrit akan dihilangkan. Tambahkan 10 mg asam sulfamat untuk setiap mg NO_2^- N yang ada dalam contoh uji.
- f) Larutan standar kalium hidrogen phtalat, $\text{HOOC}_6\text{H}_4\text{COOK}$ (KHP).
Gerus perlahan KHP lalu keringkan sampai berat konstan pada suhu 110°C . Larutkan 425 mg KHP ke dalam air suling, encerkan sampai 1000 mL. Secara teori, KHP mempunyai nilai KOK 1,176 mg O_2 /mg KHP dan larutan ini secara teori mempunyai nilai KOK 500 μg O_2 /mL. Larutan ini stabil bila disimpan dalam kondisi dingin. Hati-hati terhadap pertumbuhan biologi. Siapkan dan pindahkan larutan dalam kondisi steril. Sebaiknya larutan ini dipersiapkan setiap 1 minggu.

3.3 Peralatan

- a) spektrofotometer sinar tampak;
- b) kuvet;
- c) tabung pencerna, lebih baik gunakan kultur tabung borosilikat dengan ukuran 16 mm x 100 mm; 20 mm x 150 mm atau 25 mm x 150 mm bertutup ulir. Atau alternatif lain, gunakan ampul borosilikat dengan kapasitas 10 mL (diameter 19 mm sampai dengan 20 mm);
- d) pemanas dengan lubang-lubang penyangga tabung;
- e) mikroburet;
- f) labu ukur 50 mL, 100 mL, 250 mL, 500 mL dan 1000 mL;
- g) pipet volum 5 mL, 10 mL, 15 mL, 20 mL dan 25 mL;
- h) gelas piala; dan
- i) timbangan analitik.

3.4 Keselamatan kerja

Perhatian Selalu gunakan pelindung wajah dan sarung tangan untuk melindungi dari panas dan kemungkinan ledakan tinggi pada suhu 150°C.

3.5 Persiapan dan pengawetan contoh uji

3.5.1 Persiapan contoh uji

- a) Homogenkan contoh uji.
- b) Cuci tabung refluks dan tutupnya dengan H₂SO₄ 20% sebelum digunakan.
- c) Pipet volume contoh uji dan tambahkan larutan pencerna dan tambahkan larutan pereaksi asam sulfat yang memadai ke dalam tabung atau ampul, seperti yang dinyatakan dalam tabel berikut:

Tabel 1 Contoh uji dan larutan pereaksi untuk bermacam-macam tabung pencerna

Tabung pencerna	Contoh uji (mL)	Larutan pencerna (mL)	Larutan pereaksi asam sulfat (mL)	Total volume (mL)
Tabung kultur				
16 x 100 mm	2,50	1,50	3,5	7,5
20 x 150 mm	5,00	3,00	7,0	15,0
25 x 150 mm	10,00	6,00	14,0	30,0
Standar Ampul : 10 ml	2,50	1,50	3,5	7,5

- d) Tutup tabung dan kocok perlahan sampai homogen.
- e) Letakkan tabung pada pemanas yang telah dipanaskan pada suhu 150°C, lakukan refluks selama 2 jam.

3.5.2 Pengawetan contoh uji

Contoh uji diawetkan dengan menambahkan H₂SO₄ sampai pH lebih kecil dari 2,0 dan contoh uji disimpan pada pendingin 4°C dengan waktu simpan 7 hari.

3.6 Persiapan pengujian

Pembuatan kurva kalibrasi

- a) Optimalkan alat uji spektrofotometer sesuai petunjuk penggunaan alat untuk pengujian KOK.
- b) Siapkan setidaknya 5 larutan standar KHP ekuivalen dengan KOK untuk mewakili kisaran konsentrasi.
- c) Gunakan volume pereaksi yang sama antara contoh dan larutan standar KHP.
- d) Baca absorbansinya pada panjang gelombang 600 nm atau panjang gelombang 420 nm.
- e) Buat kurva kalibrasi.

3.7 Prosedur

- a) Dinginkan perlahan-lahan contoh yang sudah direfluks sampai suhu ruang untuk mencegah terbentuknya endapan. Jika perlu, saat pendinginan sesekali tutup contoh dibuka untuk mencegah adanya tekanan gas.
- b) Biarkan suspensi mengendap dan pastikan bagian yang akan diukur benar-benar jernih.
- c) Ukur contoh dan larutan standar pada panjang gelombang yang telah ditentukan (420 nm atau 600 nm).
- d) Pada panjang gelombang 600 nm, gunakan blanko yang tidak direfluks sebagai larutan referensi.
- e) Jika konsentrasi KOK lebih kecil atau sama dengan 90 mg/L, lakukan pengukuran pada panjang gelombang 420 nm, gunakan pereaksi air sebagai larutan referensi.
- f) Ukur absorpsi blanko yang tidak direfluks yang mengandung dikromat, dengan pereaksi air sebagai pengganti contoh uji, akan memberikan absorpsi dikromat awal.
- g) Perbedaan absorbansi antara contoh yang direfluks dan yang tidak direfluks adalah pengukuran KOK contoh uji.
- h) Plot perbedaan absorbansi antara blanko yang direfluks dan absorbansi larutan standar yang direfluks terhadap nilai KOK untuk masing-masing standar.
- i) Lakukan analisa duplo.

3.8 Perhitungan

Nilai KOK : sebagai mg /L O₂

- a) Masukkan hasil pembacaan absorbansi contoh uji ke dalam kurva kalibrasi
- b) Nilai KOK adalah hasil pembacaan konsentrasi contoh uji dari kurva kalibrasi.

4 Jaminan mutu dan pengendalian mutu

4.1 Jaminan mutu

- a) Gunakan bahan kimia pro analisa (pa).
- b) Gunakan alat gelas bebas kontaminasi.
- c) Gunakan alat ukur yang terkalibrasi.
- d) Gunakan air suling bebas organik untuk pembuatan blanko dan larutan kerja.
- e) Dikerjakan oleh analis yang kompeten.
- f) Lakukan analisis dalam jangka waktu yang tidak melampaui waktu simpan maksimum 7 hari.

4.2 Pengendalian mutu

- a) Linieritas kurva kalibrasi (r) harus lebih besar atau sama dengan 0,995.
- b) Lakukan analisis blanko untuk kontrol kontaminasi. Kandungan organik (nilai KOK) dalam larutan blanko harus lebih kecil dari batas deteksi.
- c) Lakukan analisis duplo untuk kontrol ketelitian analisis. Perbedaan persen relatif (*Relative Percent Different, RPD*) terhadap dua penentuan (replikasi) adalah lebih kecil atau sama dengan 5%, dengan menggunakan persamaan berikut :

$$RPD = \frac{(X_1 - X_2)}{(X_1 + X_2) / 2} \times 100\%$$

dengan pengertian:

X_1 adalah konsentrasi KOK pada penentuan pertama;

X_2 adalah konsentrasi KOK pada penentuan ke dua.

Bila nilai RPD lebih besar dari 5%, pengujian harus diulang.

5 Rekomendasi

Kontrol akurasi dapat dilakukan dengan salah satu dari berikut ini:

- a) Analisis *SRM*.
- b) Lakukan analisis *SRM (Standard Reference Material)* untuk kontrol akurasi.
- c) Analisis blind sample.
- d) Kisaran persen temu balik adalah 85% sampai dengan 115% atau sesuai dengan kriteria dalam sertifikat CRM.
- e) Buat kartu kendali (*control chart*) untuk akurasi analisis.

Lampiran A

(normatif)

Pelaporan

Catat pada buku kerja hal-hal sebagai berikut.

- 1) Parameter yang dianalisis.
- 2) Nama analisis.
- 3) Tanggal analisis.
- 4) Rekaman hasil pengukuran duplo, triplo dan seterusnya.
- 5) Rekaman kurva kalibrasi atau kromatografi.
- 6) Nomor contoh uji.
- 7) Tanggal penerimaan contoh uji.
- 8) Batas deteksi.
- 9) Rekaman hasil perhitungan.
- 10) Hasil pengukuran persen *spike matrix* dan *CRM* atau *blind sample* (bila dilakukan).
- 11) Kadar kebutuhan oksigen kimiawi (KOK) dalam contoh uji.

LAMPIRAN 7

T – TEST BOD DAN COD

T – Test : Two Sample Asssuming Equal Variances (BOD)

	Manhole 1	Manhole 2
Mean	44.15016667	47.415
Variance	263.4814494	220.6270856
Observations	6	6
Pooled Variance	242.0542675	
Hypothesized Mean Difference	0	
df	10	
t Stat	-0.363467238	
P(T<=t) one-tail	0.361911019	
t Critical one-tail	1.812461505	
P(T<=t) two-tail	0.723822037	
t Critical two-tail	2.228139238	

T – Test : Two Sample Asssuming Equal Variances (BOD)

	Manhole 2	Manhole 3
Mean	47.415	46.54031667
Variance	220.6270856	195.9134724
Observations	6	6
Pooled Variance	208.270279	
Hypothesized Mean Difference	0	
df	10	
t Stat	0.104977888	
P(T<=t) one-tail	0.459234576	
t Critical one-tail	1.812461505	
P(T<=t) two-tail	0.918469151	
t Critical two-tail	2.228139238	

T – Test : Two Sample Asssuming Equal Variances (BOD)

	Manhole 3	Manhole 4
Mean	46.54031667	50.2622833
Variance	195.9134724	152.723905
Observations	6	6
Pooled Variance	174.3186885	
Hypothesized Mean Difference	0	
df	10	
t Stat	-0.488271226	
P(T<=t) one-tail	0.31794348	
t Critical one-tail	1.812461505	
P(T<=t) two-tail	0.635886961	
t Critical two-tail	2.228139238	

T – Test : Two Sample Assumsing Equal Variances (COD)

	Manhole 1	Manhole 2
Mean	103.6725	124.3596667
Variance	833.6232619	1060.113099
Observations	6	6
Pooled Variance	946.8681805	
Hypothesized Mean Difference	0	
df	10	
t Stat	-1.164439367	
P(T<=t) one-tail	0.135636761	
t Critical one-tail	1.812461505	
P(T<=t) two-tail	0.271273521	
t Critical two-tail	2.228139238	

T – Test : Two Sample Assumsing Equal Variances (COD)

	Manhole 2	Manhole 3
Mean	124.3596667	144.3685
Variance	1060.113099	4374.721199
Observations	6	6
Pooled Variance	2717.417149	
Hypothesized Mean Difference	0	
df	10	
t Stat	-0.664820248	
P(T<=t) one-tail	0.260600703	
t Critical one-tail	1.812461505	
P(T<=t) two-tail	0.521201407	
t Critical two-tail	2.228139238	

T – Test : Two Sample Asssuming Equal Variances (COD)

	Manhole 3	Manhole 4
Mean	144.3685	153.186
Variance	4374.721199	3860.08046
Observations	6	6
Pooled Variance	4117.400832	
Hypothesized Mean Difference	0	
df	10	
t Stat	-0.238009626	
P(T<=t) one-tail	0.408339765	
t Critical one-tail	1.812461505	
P(T<=t) two-tail	0.81667953	
t Critical two-tail	2.228139238	