

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Air Buangan

Menurut *Duncan Mara* (1975) dalam “*sewage treatment in hot climate*” mendefinisikan air buangan adalah air buangan dari kegiatan pembersihan rumah tangga (air buangan domestik). Air buangan kemudian disebut sebagai air buangan tercemar secara fisik, kimia, biologis bahkan mungkin radioaktif. Air buangan yang keluar dari sumber air buangan disebut *affluent*, sedang air buangan yang masuk ketempat pengumpulan disebut *influen*. Air limbah biasanya mengandung unsur-unsur yang hampir sama dengan air bersih di daerah yang bersangkutan dan ditambah dengan beberapa *impurities* lainnya yang berasal dari proses yang menghasilkan limbah tersebut.

2.1.1. Komposisi Dan Sifat-Sifat Air Buangan

Air buangan domestik merupakan campuran yang rumit antara bahan organik dan anorganik dalam banyak bentuk, seperti partikel-partikel benda padat besar dan kecil atau sisa-sisa bahan larutan dalam bentuk koloid. Air buangan ini juga mengandung unsur-unsur hara, sehingga dengan demikian merupakan wadah yang baik sekali untuk pembiakan *miroorganisme*.

Untuk mengetahui air buangan domestik secara lebih luas diperlukan pengetahuan yang mendetail tentang komposisi atau kandungan yang ada didalamnya. Setelah diadakan analisis ternyata diketahui bahwa sekitar 75% dari

benda-benda terapung dan 40% dari benda-benda padat yang dapat disaring adalah berupa bahan organik. Komponen utama bahan-bahan organik tersebut tersusun oleh 40-60% protein, 25-50% karbohidrat dan 10% sisanya berupa lemak. Untuk lebih jelas dapat dilihat pada diagram berikut:

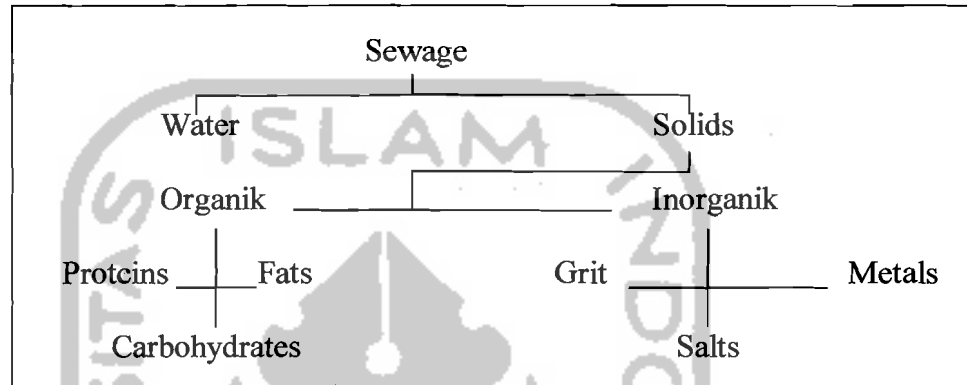


Diagram 2.1. Komposisi air buangan domestik

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

Adapun sifat-sifat yang dimiliki oleh air buangan domestik adalah sifat fisik. Sifat kimia dan sifat biologi.

- 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 yang tidak segera mengendap. Penguraian bahan-bahan organik juga menimbulkan terbentuknya warna. Parameter ini dapat menunjukkan kekuatan pencemaran.

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.

Secara lengkap sifat-sifat fisik air buangan domestik dapat dilihat pada tabel berikut ini:

Tabel 2.1. Karakteristik 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, organisme kecil. | Memantulkan sinar, jadi mengurangi produksi oksigen yang dihasilkan. |
| Warna | Benda terlarut seperti sisa bahan organik dari daun dan tanaman | Umumnya tidak berbahaya, tetapi berpengaruh terhadap kualitas air |
| Bau | Bahan volatil, gas terlarut, hasil pembusukan bahan organik. | Menggangu estetika |
| Rasa | Bahan penghasil bau, benda terlarut dan beberapa ion. | |
| Benda padat | Benda organik dan anorganik yang terlarut atau tercampur. | Mempengaruhi jumlah organik padat. |

Sumber : Sugiharto, 1987

- 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 ialah struktur protein sangat kompleks dan

tidak stabil serta mudah terurai menjadi bahan lain oleh proses dekomposisi (Sugiharto,1987).

Didalam 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 didalam air buangan domestik. Kedua bahan tersebut 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 menghalangi ikatan antara udara dan air, sehingga menyebabkan berkurangnya konsentrasi DO. Kedua senyawa tersebut juga menyebabkan meningkatnya kebutuhan oksigen untuk oksidasi sempurna.

Selain lemak bahan pembersih lainnya adalah senyawa Fosfor. Senyawa ini juga terdapat pada urin. Didalam air buangan domestik fosfor berada dalam kombinasi organik, yaitu kombinasi fosfat (PO_4) yang bersifat mudah terurai.

Senyawa lain yang ada dalam air buangan domestik ialah Nitrogen organik dan senyawa Amonium. Oksidasi Nitrogen dan Amonium menghasilkan nitrit dan nitrat.

- 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 didalam air buangan domestik adalah bakteri, jamur, protozoa dan alga.

Bakteri adalah mikroorganisme bersel satu yang menggunakan bahan organik dan anorganik sebagai 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 juga termasuk dekomposer pada air buangan domestik. Jamur adalah mikroorganisme nonfotosintesis, 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 tunggal dan tidak ber dinding sel. Kebanyakan protozoa merupakan predator yang sering kali memangsa bakteri. Peranan protozoa penting bagi

penangan limbah organik karena protozoa dapat menekan jumlah bakteri yang berlebihan. Selain daripada itu protozoa dapat mengurangi bahan organik yang tidak dapat dimetabolisme oleh bakteri ataupun jamur dan membantu menghasilkan effluen yang lebih baik.

2.2. Sejarah Dan Perkembangan Sistem Penyaluran Air Buangan di Jogjakarta

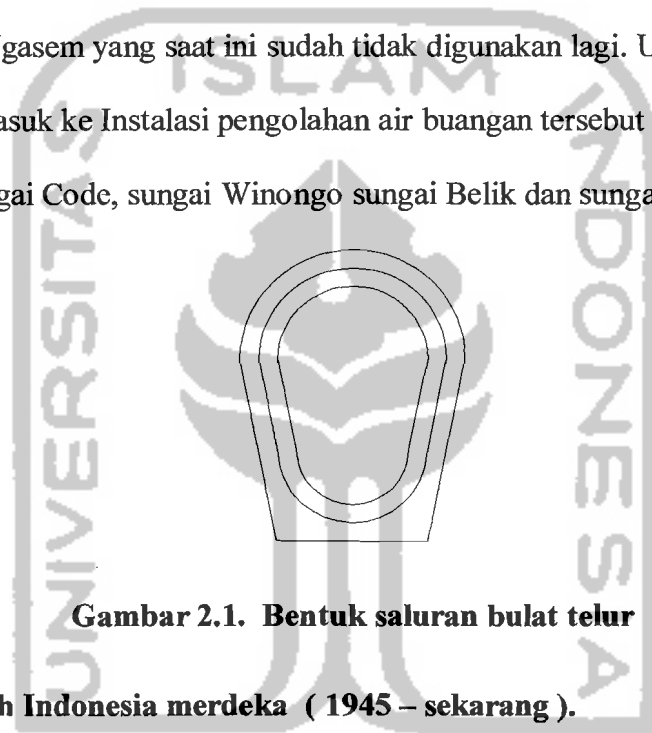
Sejarah dan perkembangan Sistem penyaluran air buangan dikota Jogjakarta dapat dipisahkan menjadi dua tahap yaitu:

2.2.1. Sistem penyaluran air buangan sebelum indonesia merdeka (1925 – 1945)

Sistem penyaluran air buangan di kota Jogjakarta mulai dibangun pada jaman Belanda yaitu pada tahun 1925 sampai dengan tahun 1938 untuk melayani penduduk perkotaan. Sistem penyaluran air buangan ini dibuat untuk mencegah terjadinya wabah disentri dan kolera di daerah kota Jogjakarta yang pada saat itu merupakan daerah yang cukup ramai dan menjadi kota utama di Indonesia setelah ibukota Jakarta. Desain pipa yang pertama kali dibuat yaitu berbentuk oval dengan diameter 20/30 cm sampai dengan 60/90 cm.

Adapun cakupan pelayanan sistem penyaluran air buangan tersebut meliputi daerah seputaran Kraton, seputar Jetis, Pakualaman, dan Gondokusuman dan dibagi dalam 18 kemandoran. Sistem operasional saluran tersebut menggunakan sistem campuran yaitu saluran air buangan tersebut tercampur dengan saluran air hujan tetapi dalam hal ini air hujan digunakan sebagai air

penggelontor untuk membersihkan saluran dari endapan yang terjadi didalam saluran. Selain itu sistem yang digunakan menggunakan sistem gravitasi ini dapat dilihat dari tidak adanya pemompaan dalam saluran tersebut sehingga beda tinggi sangat berpengaruh dalam perkembangan sistem penyaluran air buangan di kota Jogjakarta. Selain itu dapat dilihat dalam pembuangan akhir dari saluran tersebut dengan tidak memaksakan saluran tersebut untuk masuk ke instalasi pengolahan air buangan Ngasem yang saat ini sudah tidak digunakan lagi. Untuk saluran yang tidak dapat masuk ke Instalasi pengolahan air buangan tersebut di buang ke badan air yaitu : sungai Code, sungai Winongo sungai Belik dan sungai Gajah Wong.



Gambar 2.1. Bentuk saluran bulat telur

2.2.2. Setelah Indonesia merdeka (1945 – sekarang).

Sistem penyaluran air buangan dikota Jogjakarta setelah Indonesia merdeka lebih cenderung ke pengembangan dari sistem yang sudah ada walaupun terdapat sistem baru yang dibangun. Hal ini terjadi karena sistem yang telah ada keadaannya masih sangat bagus walaupun terdapat beberapa sistem yang sudah rusak seperti saluran air buangan untuk didaerah jalan Cik ditiro yang sudah mengalami pergantian pipa yang pada saat itu sudah rusak karena mengalami

penyumbatan sehingga tidak mungkin lagi untuk di perbaiki walaupun untuk bangunan pelengkapanya seperti *manhole* masih dapat dipergunakan.

Desain pipa yang digunakanpun terjadi pergantian dari pipa yang berbentuk oval menjadi pipa yang berbentuk bulat hal ini terjadi karena tidak tersediannya pipa yang berbentuk oval di pasaran maka menggunakan pipa berbentuk bulat. Adapun untuk ukuran pipa yang digunakan yaitu pipa dengan diameter 30 cm sampai pipa dengan diameter 150 cm sedangkan untuk pipa sambungan rumah (*house connection*) dari pipa berdiameter 10 cm sampai 20 cm.

Untuk pembuangan akhir dari saluranpun berubah dari pembuangan ke badan air menjadi ke Instalasi Pengolahan Air Limbah yang berada di daerah Sewon Bantul Jogjakarta. Tetapi dalam kenyataannya tidak semua limbah air buangan dapat disalurkan ke Instalasi Pengolahan Air Buangan ada sebagian akhir dari buangan domestik dari sistem yang masih di buang ke sungai hal ini disebabkan bahwa sistem yang digunakan tidak menggunakan pemompaan sama sekali sehingga jika beda tinggi antara pipa lateral dengan pipa induk lebih tinggi pipa induk sehingga pipa lateral tidak dapat disalurkan ke pipa induk.

Untuk peletakan pipa juga terjadi perubahan posisi yang dulunya diletakan ditengah-tengah jalan menjadi di pinggir jalan. Hal ini disebabkan karena susahnya penggalian dalam pemasangan pipa karena mobilitas di jalan pada saat ini yang sangat tinggi.

Untuk perkembangan dari Intansi yang bertanggung jawab dalam penanganan sistem ini terjadi beberapa kali peralihan. Yang pertama kali menangani sistem ini adalah Dinas Perusahaan Umum propinsi DIY dan sekitar

tahun 1980-an terjadi peralihan tanggung jawab dari Dinas perusahaan Umum Propinsi ke Dinas Perusahaan Umum Kodya/Kabupaten kemudian pada tahun 1992 terjadi peralihan lagi dari Dinas Perusahaan umum ke Dinas Kebersihan, keindahan dan pemakaman sub dinas air kotor.



Gambar 2.2. Bentuk saluran bulat melingkar

2.3. Pengolahan Air Limbah Domestik Secara Biologi

Pengolahan air limbah secara biologi adalah proses penghilangan berbagai senyawa yang tidak dikehendaki kehadirannya dengan cara memanfaatkan aktivitas decomposer yang akan memetabolisme bahan-bahan organik yang terkandung di dalam air limbah.

Proses penguraian yang terjadi yang dilakukan oleh mikroorganismenya itulah yang diharapkan terjadi sehingga penurunan kadar bahan organik yang terkandung dalam air limbah dapat diturunkan. Dalam hal ini peran mikroorganismenya 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 yang sangat diperlukan oleh mikroorganisme dalam penguraian bahan organik yaitu:

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

2.4. Bahan organik dalam air limbah

Air limbah merupakan zat yang terdiri dari berbagai macam zat organik maupun zat 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 dalam penelitian ini dibatasi cuma hanya meneliti parameter BOD (*Biological Oxygen Demand*) dan COD (*Chemical Oxygen Demand*).

2.4.1. *Biological Oxygen Demand* (BOD)

BOD adalah banyaknya oksigen yang dibutuhkan oleh mikroorganisme selama penguraian senyawa organik pada kondisi aerobik. Dalam hal ini dapat diinterpretasikan bahwa senyawa organik merupakan makanan bagi mikroorganisme.

2.4.2. Uji BOD (*Biological Oxygen Demand*)

Uji BOD adalah suatu analisa empiris yang mencoba mendekati secara global proses-proses mikrobiologi yang terjadi didalam air limbah domestik.

Angka BOD menunjukkan jumlah DO yang dibutuhkan mikroorganisme untuk menguraikan hampir semua semua bahan organik terlarut dan sebagian bahan organik tersuspensi.

Dengan demikian uji BOD tidak menunjukkan jumlah bahan organik yang sebenarnya, tetapi hanya mengukur jumlah DO yang dibutuhkan untuk proses dekomposisi. Jika BOD air limbah Domestik tinggi, yaitu ditandai dengan semakin kecilnya sisa DO, maka hal ini memberi arti bahwa kandungan bahan organik didalam air limbah Domestik juga tinggi.

Uji BOD berdasarkan atas reaksi oksidasi dari bahan-bahan organik oleh mikroorganisme aerob dengan hasil berupa karbondioksida, ammonium dan air. Reaksi BOD dilakukan dalam botol tertutup pada temperature 20°C selama 5 hari. Jumlah DO yang yang terpakai adalah perbedaaan antara DO pada hari ke-0 dan hari ke-5.

2.4.3. Chemical Oxygen Demand (COD)

COD adalah jumlah oksigen (mg O₂) yang dibutuhkan untuk mengoksidasi zat-zat organik yang ada dalam 1 liter sampel air , dimana pengoksidasian K₂ Cr₂ O₇ digunakan sebagai sumber oksigen (*oxidizing agent*).

Angka COD merupakan ukuran bagi pencemaran air oleh zat-zat organik yang secara alamiah dapat dioksidasi oleh mikrobiologi, dan mengakibatkan berkurangnya oksigen terlarut didalam air.

Analisa COD berbeda dengan analisa BOD namun perbandingan antara angka COD dengan BOD dapat ditetapkan yaitu:

Tabel 2.2. 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

2.5. 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*) didalam sewer dibagi dalam 4 bagian besar yaitu: *Bulkwater phase*, *Biofilm phase*, *Sewer sediment* dan *Sewer atmosphere*.

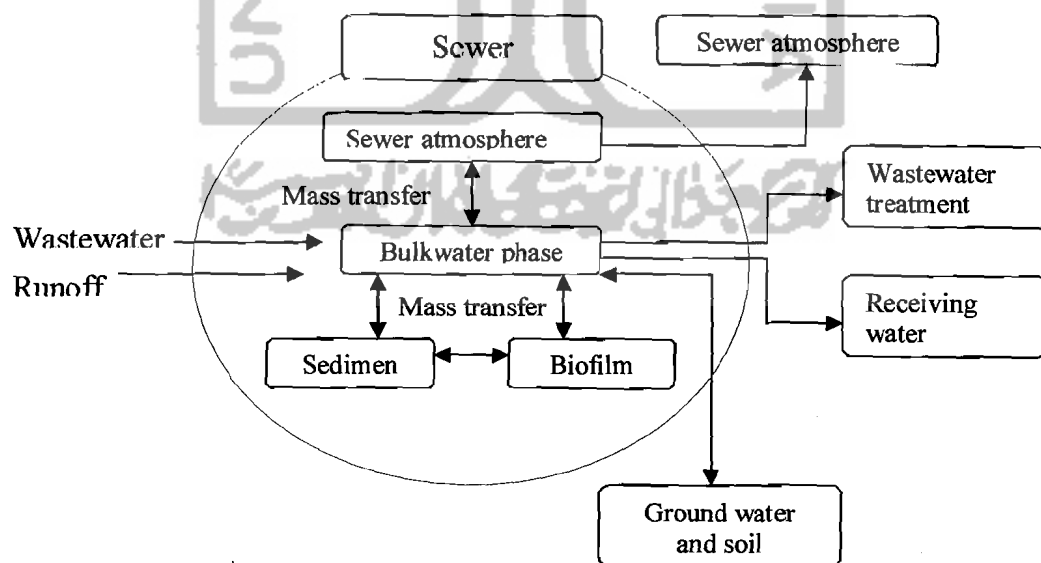


Diagram 2.2. Mass transfer diantara bagian sistem proses (Hvitved-Jacobsen, 2002)

Transformations zat organik didalam sewer terjadi dalam beberapa kondisi yaitu kondisi *aerobik*, *anaerobik* dan *anoxic*. Didalam sewer proses biologis lebih cenderung didominasi oleh mikroorganisme *heterophic*. Proses yang terjadi lebih ditentukan oleh jenis elektron penerima yang tersedia didalam sewer (*Nielsen et. al.*,1992) misalnya : oksigen untuk *aerobik respiration*, nitrat untuk *denitrification*, zat organik untuk fermentasi dan lain-lain.

Tabel 1.2. Elektron penerima dan pemberi untuk proses reduksi secara mikrobiologi didalam jaringan air buangan.

| Kondisi proses | Elektron penerima |
|----------------|--|
| Aerobik | + oksigen |
| Anoxic | - Oksigen + nitrate |
| Anaerobik | - oksigen - nitrat + sulfat + CO ₂ |

Sumber : Hvitveld-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 bagian yaitu :

- a. Proses pengolahan biologis secara aerobik.
- b. Proses pengolahan biologis secara anaerobik.

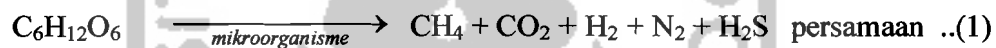
a. Proses pengolahan biologis secara aerobik

Proses pengolahan biologis secara aerobik berarti suatu proses biologis yang melibatkan oksigen didalamnya.

b. Proses pengolahan biologis secara anaerobik

Proses pengolahan biologis secara anaerobik berarti suatu proses biologis yang tanpa melibatkan oksigen didalamnya. Pada dekomposisi anaerobik hasil proses penguraian bahan organik memproduksi biogas yang mengandung metana (50-70%), CO₂ (25-45%) dan sejumlah kecil unsur H₂, N₂, H₂S (Ye-Shi Cao, 1994).

Reaksinya dapat dijelaskan sebagai berikut:



Secara umum biasanya dekomposisi proses anaerobik ini dalam penguraiannya mengalami dua fase yaitu proses yang menghasilkan asam dan metana.

Proses penguraian bahan organik dengan sistem anaerobik berlangsung terus menerus karena adanya proses pemutusan rantai-rantai polimer kompleks menjadi rantai-rantai sederhana yang dipengaruhi oleh kerja bakteri anaerob dan enzim-enzim, serta tanpa memerlukan oksigen.

Penguraian secara anaerobik sering pula disebut fermentasi metan, karena proses penguraian bahan organik dengan produk akhirnya menghasilkan gas metana.

Proses pengolahan anaerobik dalam pengolahan biologi terjadi dalam tiga tahap pemecahan bahan organik yang menghasilkan gas metana, yaitu:

- Hidrolisis.

Disebut juga dengan proses pencairan. Bahan-bahan organik pertama-tama harus diuraikan terlebih dahulu menjadi molekul yang lebih kecil yang dapat larut dan dapat diasimilasi oleh sel bakteri.

Proses hidrolisis merupakan proses yang paling lambat dari ketiga proses lainnya terutama jika berada pada suhu rendah dan pH lebih kecil dari 6.

Proses degradasi hidrolisis ini merupakan proses yang paling menentukan dalam menghasilkan substrat-substrat untuk berhailnya tahap-tahap degradasi berikutnya.

- Pembentukan asam.

Selain menjadi bentuk molekul yang lebih sederhana, terjadi proses pembentukan senyawa-senyawa asam melalui proses fermentasi dahulu. Proses fermentasi ini berlangsung cepat, menguraikan hasil hidrolisis menjadi senyawa hidrogen (format), bikarbonat piruvat, alkohol dan asam lemak yang lebih sederhana.

Proses pembentukan asam ini tidak mempengaruhi laju proses keseluruhan dan akibat proses ini tidak seberat berarti. pH pada proses ini cenderung pH netral.

- Proses pembentukan asam.

Proses ini disebut dengan fermentasi metana sebagai fase pembentukan gas metana baik dari senyawa asetat maupun dari H dan CO₂. proses ini

menggunakan bakteri methanogen. Bakteri metana sangat sensitif terhadap pH, bila pH berada di bawah 6 maka pembentukan methana akan berhenti. Bakteri metana sangat lambat tumbuh tetapi mempunyai kemampuan untuk mempertahankan diri dalam waktu lama asalkan suhu tetap stabil di bawah 15°C.

Untuk proses pengolahan biologis didalam sewer dapat terjadi dalam dua phase yaitu dalam phase aerobik maupun phase anaerobik. Untuk phase aerobik biasanya terjadi di air buangan itu sendiri sedangkan untuk phase anaerobik terjadi dilapisan sediment yang ada didalam saluran itu sendiri.

2.6. Penurunan kadar BOD di dalam sewer

Penurunan kadar BOD dalam air buangan di dalam sewer terjadi karena adanya kontak antara air buangan dengan biofilm didalam saluran. Sedangkan Biofilm sendiri terdiri dari kumpulan mikroorganisme. Reaksi diatas dapat ditulis dalam persamaan :



Atau



Untuk mendapatkan hasil yang maksimal dari penurunan BOD harus adanya keseimbangan antara jumlah bakteri dengan nutrien yang terdapat dalam air buangan tersebut. Adapaun nutrient yang dibutuhkan oleh bakteri antara lain : N, P , C , S. Bakteri memakan zat organik yang terkandung didalam air buangan untuk melakukan siklus hidupnya ini dapat dilihat pada persamaan (2).

2.7. Penelitian sebelumnya yang telah dilakukan

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

1. Matri Jeron
2. Gedong Tengen
3. Jetis

2.8. Hipotesa

1. Dalam saluran air buangan domestik terjadi penurunan konsentrasi BOD dan COD yang kemungkinan dipengaruhi oleh jarak yang dilalui oleh air limbah.

