

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1. Pengertian Air Buangan

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 (Slamet, 1994).

Menurut Metcalf and Eddy (2003) air buangan adalah kombinasi dari cairan atau limbah cair yang berasal dari daerah pemukiman, perdagangan, perkantoran, komersial dan industri, yang bersamaan ikut masuk seperti air tanah, air permukaan dan air hujan yang mungkin ada.

Pengertian air buangan juga didefinisikan oleh 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.

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

## 2.2. Komposisi dan Sifat-sifat Air Buangan

Air buangan 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 juga mengandung unsur-unsur hara, sehingga dengan demikian merupakan wadah yang baik sekali untuk pembiakan mikroorganisme.

Komponen-komponen dalam pengaliran air buangan dari berbagai sumbernya dapat dibagi dalam 3 (tiga) kategori yaitu :

1. Air buangan domestik,

Merupakan air buangan yang berasal dari rumah tinggal, apartemen, perkantoran, komersial dan fasilitas 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 dapur, kamar mandi dan cuci 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).

2. Air buangan yang berasal dari industri (tidak semuanya),

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

3. Sumber yang berasal dari infiltrasi dan *inflow*. Infiltrasi adalah air yang berasal dari luar yang masuk ke dalam SPAB melalui sambungan, retakan, patahan atau lubang pada saluran. *Inflow* adalah air hujan yang masuk ke

dalam SPAB yang berasal dari saluran drainase, pondasi atau dasar dari saluran drainase atau melalui *manhole*.

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 m<sup>3</sup>/ha yaitu pada saat hujan dapat mencapai >500 m<sup>3</sup>/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%) (Anonim, 2002; 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*).

Zat-zat yang terdapat dalam air buangan diantaranya adalah unsur-unsur organik tersuspensi maupun terlarut dan juga unsur-unsur anorganik serta mikroorganisme. Unsur-unsur tersebut memberikan corak kualitas air buangan

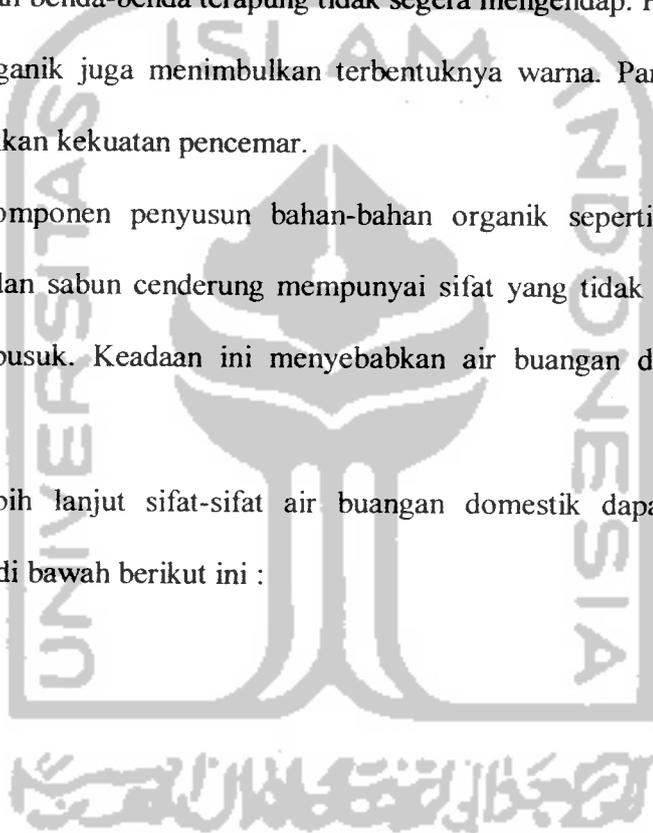
dalam sifat fisik, kimiawi maupun biologi. Berikut ini adalah beberapa sifat dan karakteristik dari air buangan yang terdiri dari :

#### 1. 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	Penjelasan	Pengaruh
Suhu	Kondisi udara sekitar.	Suhu dari air buangan biasanya sedikit lebih tinggi dari air minum.	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.	Kekeruhan pada air buangan sangat tergantung sekali pada kandungan zat padat tersuspensi. Pada umumnya air buangan yang kuat mempunyai kekeruhan yang tinggi.	Memantulkan sinar, jadi mengurangi produksi oksigen yang dihasilkan.
Bau	Bahan volatil, gas terlarut, hasil pembusukan organik.	Air buangan segar biasanya mempunyai bau seperti sabun atau bau lemak. Dalam kondisi septic akan berbau sulfur dan kurang sedap	Mengganggu estetika.
Warna	Benda terlarut seperti sisa bahan organik dari daun dan tanaman.	Air buangan segar biasanya berwarna agak abu-abu. Dalam kondisi septic air buangan akan berwarna hitam	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.

## 2. 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.

### 3. 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.

### 2.3. 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;
- Merugikan segi ekonomi karena dapat menimbulkan kerusakan pada benda/bangunan maupun tanam-tanaman dan peternakan;
- Dapat merusak keindahan (estetika), karena bau busuk dan pemandangan yang tidak sedap dipandang;
- Dapat merusak/membunuh kehidupan yang ada di di dalam air seperti ikan dan binatang peliharaan lainnya (Sugiharto, 1987).

### 2.4. Sistem Penyaluran Air Buangan

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 Sistem Penyaluran Air Buangan (SPAB) dikenal sejak jaman penjajahan Belanda terutama di Bandung, Surabaya, Medan, Cirebon, dan Jogjakarta.

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

Berikut ini adalah beberapa jenis dari sistem penyaluran air buangan yang pernah di terapkan di berbagai tempat yang terdiri dari :

1. Sistem penyaluran terpisah (*separated sewer*)

Pada sistem ini menggunakan dua buah saluran yaitu saluran air buangan dan air hujan (*storm sewer*), 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 pengolahan pada ujung sistem yaitu air buangan memerlukan pengolahan terlebih dahulu sedangkan air hujan tidak memerlukan pengolahan;

- Bila salah satu penyaluran membutuhkan sistem pemompaan dan yang lain tidak membutuhkannya; dan
- Terdapat perbedaan debit yang cukup besar antara air buangan dan air hujan.

Keuntungan dari pemakaian sistem ini adalah :

- Dimensi saluran yang diperlukan tidak terlalu besar;
- Penghematan untuk biaya pemompaan;
- Tidak ada *back flow* dan pengaliran tidak terpengaruh pada fluktuasi debit;
- Unit pengolahan air buangan relatif kecil karena tidak tercampur dengan air hujan.

Kerugian dari pemakaian sistem ini adalah :

- Diperlukan dua saluran untuk air buangan dan air hujan;
- Biaya konstruksi, pemeliharaan dan pengoperasian relatif mahal.

## 2. Sistem penyaluran tercampur (*combined sewer*)

Pada sistem ini hanya menggunakan satu saluran saja, yaitu air buangan dan air hujan dialirkan secara bersamaan di dalam satu saluran.

Berikut adalah beberapa pertimbangan dalam pemilihan sistem ini, yaitu:

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

Keuntungan dari pemakaian sistem ini adalah :

- Biaya investasi tidak terlalu besar karena tidak memerlukan dua jaringan penyaluran;
- Terjadi pengenceran bahan organik yang diakibatkan oleh air hujan.

Kerugian dari pemakaian sistem ini adalah :

- Memerlukan unit pengolahan air buangan yang besar;
- Memerlukan bangunan pelengkap tambahan;
- Dimensi saluran yang digunakan lebih besar.

### 3. *Pseudo separated sewer*

Pada sistem ini pengaliran antara air buangan dan air hujan terpisah, tetapi ada saluran limpahan (sistem *intercep*) yang menghubungkan antara saluran drainase dan saluran air buangan, sehingga di musim hujan akan terjadi pencampuran.

Keuntungan dari pemakaian sistem ini adalah :

- Adanya efek penggelontoran dan pengenceran.

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.

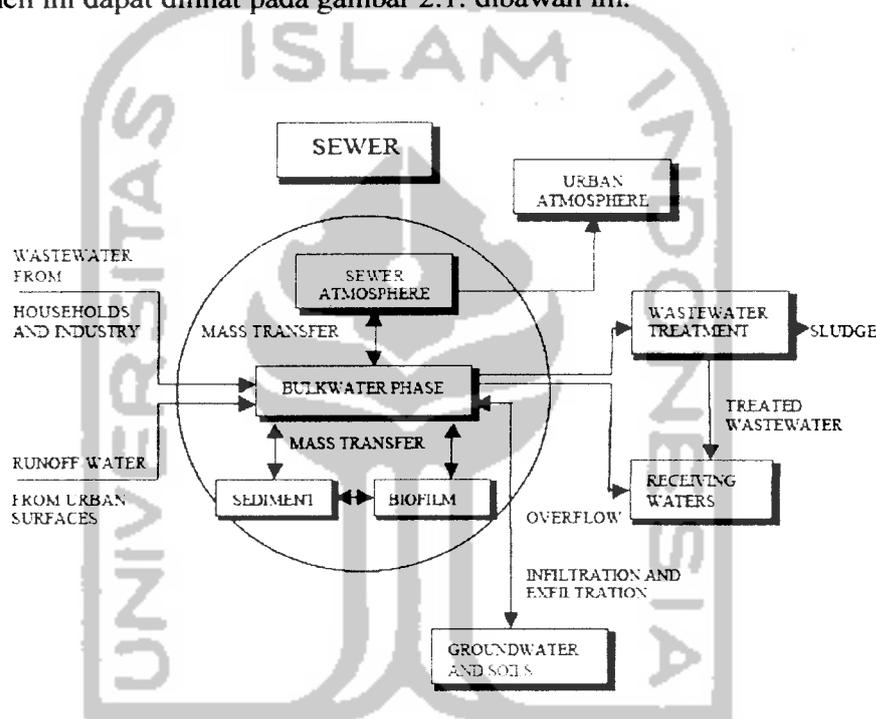
## 2.5. Sewer sebagai Reaktor Fisik

*Sewer* adalah saluran bawah tanah (pipa, konstruksi bata, beton dll) untuk membawa *sewage* (material cair/padat, bahan buangan organik) dan atau air hujan menuju pusat pengolahan atau badan air untuk pembuangan. *Sewer* ini 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 SPAB banyak 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 (Metcalf & Eddy, 1981):

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

Tujuan dari kajian aspek penurunan konsentrasi TS, TSS dan TDS adalah terutama untuk memperluas fungsi SPAB dari sekedar fungsi transport menjadi fungsi reaktor, sehingga dapat dimanfaatkan sebagai pengolahan awal sebelum air buangan masuk ke IPAL. Hal ini dapat terjadi dengan adanya interaksi transfer massa antar komponen dalam sistem *sewer* sehingga terjadi degradasi bahan organik (Metcalf & Eddy, 1981; Abdul-Thalib, 2003). Keterkaitan antar komponen ini dapat dilihat pada gambar 2.1. dibawah ini.



**Gambar 2.1. Interaksi antar komponen di dalam sewer**

## 2.6. Konsentrasi *Solid* 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 untuk meneliti parameter TS (*total solid*), TSS (*total suspended solid*) dan TDS (*total dissolved solid*). Analisa *solid* berfungsi untuk mengontrol proses pengolahan air buangan secara biologi dan fisik serta mengontrol kesesuaian terhadap baku mutu yang telah ditetapkan.

### 2.6.1. TS (*Total Solid*)

Mengacu pada SNI 06-6989. 26-2005.

### 2.6.2. TSS (*Total Suspended Solid*)

Mengacu pada SNI M-03. 1989-F.

### 2.6.3. TDS (*Total Dissolved Solid*)

Mengacu pada SNI 06.6989.27.2005.

**Tabel 2.2. Konsentrasi *solid* dalam air buangan domestik**

Parameter	Satuan	Konsentrasi		
		Low	Medium	High
Total Solid (TS)	mg/L	390	720	1230
Total Dissolved Solid (TDS)	mg/L	270	500	860
Fixed	mg/L	160	300	520
Volatile	mg/L	110	200	340
Total Suspended Solid (TSS)	mg/L	120	210	400
Fixed	mg/L	25	50	85
Volatile	mg/L	95	160	315
Settleable solid	mg/L	5	10	20

Sumber : Metclaf & Eddy, 2003

## 2.7. Penelitian yang Telah Dilakukan Sebelumnya

Sebelum penelitian ini dilakukan 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.
3. Jetis.

Studi lain yang pernah dilakukan yaitu 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 sebaliknya yaitu terjadi kenaikan, diharapkan dalam setiap perhitungan debit tidak bertolak ukur terhadap banyaknya orang yang dilayani karena hampir semua jaringan di kota Jogjakarta terdapat tambahan air dari pipa penggelontor serta untuk penelitian selanjutnya diharapkan untuk melakukan pengujian terhadap konsentrasi *solid* di dalam penyaluran air buangan.

## 2.8. Hipotesa

Di dalam Sistem penyaluran Air Buangan (SPAB) kota Jogjakarta dapat terjadi penurunan konsentrasi TS, TSS, dan TDS yang dipengaruhi oleh parameter jarak.