

# KAJIAN PENGUKURAN KINERJA INFRASTRUKTUR UNTUK PELAYANAN AIR BERSIH PDAM KOTA PONTIANAK

Iman Zikrullah<sup>1)</sup>, Syahrudin<sup>2)</sup>, Riyanny Pratiwi<sup>2)</sup>

[iman.zikrullah@gmail.com](mailto:iman.zikrullah@gmail.com)

## Abstrak

*Pengkajian terhadap pengukuran kinerja infrastruktur untuk pelayanan air bersih PDAM Kota Pontianak masih kurang mendapat perhatian yang serius dari pihak PDAM sehingga menimbulkan kekurangan air bersih yang didistribusikan oleh PDAM ke masyarakat. Untuk mengantisipasi kekurangan terhadap air bersih tersebut, masyarakat melakukan beberapa tindakan yaitu menampung air hujan dan membuat sumur dangkal. Masalah yang mungkin dihadapi oleh pihak PDAM adalah kurang tersedianya penampungan bak air di beberapa titik dan diameter pipa yang kurang besar. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan berdasarkan atas pemikiran bahwa pengukuran kinerja infrastruktur untuk pelayanan air bersih di Kota Pontianak belum menghasilkan tingkat pelayanan yang diharapkan masyarakat. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui Pengukuran Kinerja Infrastruktur Untuk Pelayanan Air Bersih PDAM Kota Pontianak. Metode penelitian dipaparkan secara deskriptif, yaitu menjelaskan gambaran dan meninjau langsung ke lokasi yang akan dijadikan objek penelitian yaitu masyarakat yang menjadi pelanggan PDAM Kota Pontianak.*

*Teknik pengumpulan data dilakukan dengan menggunakan data sekunder berupa data – data dari PDAM dan data primer berupa data peninjauan langsung ke PDAM Kota Pontianak. Teknik analisis berupa pertanyaan langsung kepada PDAM Kota Pontianak.*

*Berdasarkan data yang telah dikumpulkan, diperoleh bahwa kebutuhan total yang dibutuhkan oleh Pontianak sampai tahun 2016 sekitar 40.132.675 m<sup>3</sup>/tahun atau 1.273 liter/detik. Berdasarkan data tahun 2016, dengan kapasitas sekitar 10 juta m<sup>3</sup>/tahun, Kota Pontianak dilayani oleh 7 buah reservoir dengan kapasitas 4.300 m<sup>3</sup>. Jadi dibutuhkan kapasitas terpasang 4 kali yang ada sekarang ini untuk memenuhi kebutuhan air bersih pada tahun 2016. Artinya, Sumber air baku di Kota Pontianak dari segi volumenya cukup berlimpah, mengingat besarnya debit Sungai Kapuas. Hal yang perlu dipertahankan adalah menjaga kualitas air sungai sebagai sumber air baku, karena bila pencemaran terus berlangsung, biaya penyediaan air bersih di Kota Pontianak akan menjadi sangat mahal, apalagi air tanahnya tidak bisa dimanfaatkan karena merupakan air gambut yang berwarna dan bersifat asam, dan untuk pengolahannya juga memerlukan biaya instalasi yang cukup besar. Berdasarkan hasil analisis dengan kebutuhan sekitar empat kali lipat, maka dibutuhkan pembangunan WTP (Water Treatment Plant) yang menyebar disesuaikan dengan pola penyebaran penduduknya. Dapat pula disimpulkan di sini bahwa rencana penyediaan air bersih di Kota Pontianak meliputi kegiatan-kegiatan Peningkatan kemampuan dan kualitas instalasi pengolahan dan penampungan yang ada, Pembangunan instalasi penampungan dan pengolahan baru dan Pembangunan jaringan transmisi dan distribusi baru.*

**Kata-kata kunci:** *kinerja infrastruktur, tekanan air, debit, kontinuitas aliran*

## 1. PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Air bersih merupakan salah satu hal yang penting dan mendapat prioritas dalam perencanaan kota (Catanese dan Snyder, 1996:318-319). Tanggung jawab penyediaan prasarana dan

pelayanan perkotaan ditanggung bersama oleh pemerintah pusat dan daerah berdasarkan prinsip dekonsentrasi, desentralisasi dan pembantuan (Rukmana et.al., 1993:80-82). Penyediaan air bersih pada prinsipnya diutamakan bagi masyarakat

yang belum memiliki akses terhadap air bersih. (Kodoatie, 2003:151-152). Melalui Peraturan Pemerintah Nomor 20 Tahun 1994 telah diatur kesempatan peran serta masyarakat dan dunia usaha termasuk untuk kegiatan yang penting bagi negara dan menguasai hajat hidup orang banyak, diantaranya dalam penyediaan air bersih (Kodoatie et.al., 2002:59).

Sistem penyediaan air bersih merupakan salah satu komponen infrastruktur kota. Infrastruktur kota memegang peranan yang sangat penting bagi pertumbuhan dan perkembangan suatu kota, karena prasarana dapat memberi dampak terhadap peningkatan taraf dan mutu kehidupan masyarakat, pola pertumbuhan dan prospek perkembangan ekonominya.

Air bersih dibutuhkan masyarakat perkotaan untuk berbagai keperluan seperti untuk air minum, memasak, mencuci, mandi, menyiram tanaman dan mencuci kendaraan dengan jumlah yang sangat berbeda sesuai dengan tingkat kehidupan sosial, ekonomi dan kebiasaan hidup masyarakat. Keterbatasan penyediaan prasarana air bersih perkotaan yang memadai dapat mempengaruhi kehidupan manusia, produktifitas ekonomi dan Pada saat ini pelayanan PDAM Pontianak dikategorikan cukup baik, namun ada beberapa permasalahan yang harus dibenahi berkaitan dengan sistem distribusinya. Pada saat musim kemarau, distribusi air tidak lancar, bahkan ada yang tidak mendapatkan air, kecuali dengan pemompaan dari rumah masing-masing terutama lokasi yang jauh dari booster.

Berdasarkan permasalahan di atas maka diperlukan pengukuran kinerja PDAM kota Pontianak ditinjau dari aspek teknis yang mengacu pada aspek operasional keputusan MENDAGRI No 47 tahun 1999 tentang pedoman penilaian kinerja perusahaan daerah air minum (PDAM) dan struktur masalah

kinerja teknis PDAM yang dikeluarkan oleh PERPAMSI tahun 2009 yang meliputi: (1) kualitas air distribusi; (2) kontinuitas air; (3) kuantitas air.

## **1.2. Perumusan Masalah**

Perumusan masalah pada penelitian ini adalah sejauh mana kondisi dan kinerja infrastruktur PDAM kota Pontianak dalam melayani kebutuhan air masyarakatnya.

Untuk melayani kebutuhan air yang optimal PDAM harus mempersiapkan infrastuktur yang memadai. Infrastruktur tersebut haruslah memenuhi persyaratan suplai air dan sistem distribusi. Pada saat ini pelayanan air oleh PDAM kota Pontianak dirasakan belum maksimal baik kuantitas maupun kontinuitasnya. Ini dilihat dari belum terpenuhinya kebutuhan air pada daera tertentu seperti di perumahan yang berada di gang-gang dan daerah pinggiran kota, serta pasokan air akan berkurang apabila terjadi musim panas. Dari keadaan ini, maka penulis mencoba mengkaji permasalahan PDAM kota Pontianak dalam memenuhi kebutuhan air masyarakatnya dari aspek Infrastuktur.

## **1.3. Batasan Masalah**

Pembatasan masalah dilakukan untuk mengantisipasi masalah yang mungkin muncul serta memberikan arah yang jelas terhadap objek penulisan. Meningkatnya kebutuhan akan air bersih di Kota Pontianak menuntut perlunya perencanaan pelayanan yang optimal guna memasok keperluan air bersih untuk pemenuhan kebutuhan air bersih. Pada penulisan skripsi ini, penulis akan membatasi permasalahan sebagai berikut ;

- a) Menganalisa keadaan infrastruktur air bersih PDAM Kota Pontianak dan sistem distribusi perzona.
- b) Mengkaji salah satu boosternya, yaitu infrastruktur bagian

penampungan booster dan pengelolaan jaringan distribusi.

Penelitian ini tidak melakukan perhitungan biaya infrastruktur.

#### **1.4. Tujuan Penelitian**

- a. Untuk mengetahui kebutuhan air bersih masyarakat dan distribusi air yang sampai kepada masyarakat.
- b. Untuk mengetahui kinerja infrastruktur PDAM dalam melayani kebutuhan air masyarakat dan mencari solusi alternatif agar kinerja infrastruktur tersebut bisa optimal.

## **2. TINJAUAN PUSTAKA**

### **2.1. Air bersih**

Menurut BPPT (2002:2), air baku adalah air yang memenuhi ketentuan baku mutu air baku untuk dapat diolah, diambil dari sumbernya seperti sungai, danau atau air tanah dalam dan mempunyai kualitas standar yang berlaku. Air baku untuk keperluan air bersih Kota Pontianak diambil dari Sungai kapuas yang kemudian diolah menjadi air bersih.

Air bersih atau air minum adalah air yang memenuhi baku mutu air minum yang berlaku dan merupakan air yang telah diolah sehingga kualitasnya memenuhi standar air bersih/minum yang berlaku. Sedangkan menurut badan kesehatan dunia (WHO), air bersih adalah air yang digunakan untuk keperluan sehari-hari yang kualitasnya memenuhi syarat kesehatan dan dapat diminum setelah dimasak.

Mutu atau kualitas yang disyaratkan untuk air bersih adalah berdasarkan syarat fisik, kimia dan bakteriologi sesuai standar atau baku mutu yang berlaku (Permenkes RI No. 416/Menkes/PER/IX/1990).

### **2.2. Pelayanan Air Bersih**

Menurut Gronroos Dalam Winarsih (2005:46), pelayanan adalah suatu aktivitas atau serangkaian aktivitas yang bersifat tidak kasat mata (tidak dapat diraba) yang terjadi sebagai akibat adanya interaksi antara konsumen/pelanggan dengan karyawan atau hal-hal lain yang disediakan oleh perusahaan pemberi pelayanan air bersih (PDAM) yang dimaksudkan untuk memecahkan permasalahan konsumen/pelanggan. Dari definisi tersebut di atas dapat diketahui bahwa ciri pokok pelayanan adalah tidak kasat mata (tidak dapat diraba) dan melibatkan upaya manusia (karyawan) atau peralatan lain yang disediakan oleh perusahaan penyelenggara pelayanan.

### **2.3. Sistem Penyediaan Air Bersih**

Air bersih dalam kehidupan manusia merupakan salah satu kebutuhan paling esensial, sehingga kita perlu memenuhinya dalam jumlah dan kualitas yang memadai. Selain untuk dikonsumsi air bersih juga dapat dijadikan sebagai salah satu sarana dalam meningkatkan kesejahteraan hidup melalui upaya peningkatan derajat kesehatan (Sutrisno, 1991:1). Tujuan utama sistem penyediaan air adalah untuk menyediakan air yang cukup berlebihan, yaitu untuk menyediakan air bersih ke tempat-tempat yang dikehendaki dengan tekanan yang cukup. Tetapi pada masa kini ada pembatasan dalam jumlah air yang dapat diperoleh karena pertimbangan penghematan energi dan adanya keterbatasan sumber air (Noerbambang, 1993:3).

### **2.4. Kinerja Infrastruktur Air Bersih**

Kesulitan dalam penyediaan infrastruktur sudah mulai berlangsung sejak lama. Persoalan-persoalan yang ada antara lain meliputi : keterbatasan dana dari pemerintah, peningkatan penduduk yang terus berlangsung

terutama di kota-kota besar, euforia otonomi yang cenderung kebablasan dari Kabupaten/Kota menjadi beberapa penyebab perkembangan infrastruktur kalah cepat dibandingkan dengan dinamika pertumbuhan yang ada. Pelayanan air bersih belum menyentuh seluruh lapisan masyarakat yang membutuhkan baik di kota maupun di desa (Kodoatie,2003:1). Sistem infrastruktur merupakan pendukung utama fungsi-fungsi sistem sosial dan sistem ekonomi dalam kehidupan sehari-hari masyarakat. Sistem infrastruktur dapat didefinisikan sebagai fasilitas-fasilitas atau struktur-struktur dasar, peralatan-peralatan, instalasi-instalasi yang dibangun dan yang dibutuhkan untuk berfungsinya sistem sosial dan sistem ekonomi masyarakat (Grigg dalam Kodoatie, 2003:9).

Definisi teknik juga memberikan spesifikasi apa yang dilakukan sistem infrastruktur dan mengatakan bahwa infrastruktur adalah aset fisik yang dirancang dalam sistem sehingga memberikan pelayanan publik yang penting. Secara ideal lingkungan alam merupakan pendukung dari sistem infrastruktur dan sistem ekonomi didukung oleh sistem infrastruktur. Sistem sosial sebagai obyek dan sasaran didukung oleh sistem ekonomi. Peran infrastruktur sebagai mediator antara sistem ekonomi dan sosial dalam tatanan kehidupan manusia dengan lingkungan alam menjadi sangat penting. Infrastruktur yang kurang (bahkan tidak) berfungsi akan memberikan dampak yang besar bagi manusia. Sebaliknya, infrastruktur yang terlalu berlebihan untuk kepentingan manusia tanpa memperhitungkan kapasitas daya dukung lingkungan akan merusak alam yang pada hakekatnya akan merugikan manusia termasuk makhluk hidup lain.

Adapun penanganan infrastruktur sektor air bersih pada prinsipnya diutamakan bagi masyarakat yang belum memiliki akses terhadap air bersih,

terutama pada daerah-daerah rawan air, permukiman kumuh, nelayan dan daerah tertinggal (Kodoatie,2003:151-152).

#### **2.4.1. Pengertian Kinerja**

Kinerja dapat diartikan sebagai perilaku berkarya, berpenampilan atau berkarya. Kinerja merupakan bentuk bangunan organisasi yang bermutu dimensional, sehingga cara mengukurnya bervariasi tergantung pada banyak faktor (Bates dan Holton dalam Mulyadi, 2006:111). Pengertian kinerja organisasi menurut Mulyadi (2006:111), adalah hasil kerja organisasi dalam mewujudkan tujuan yang ditetapkan organisasi, kepuasan pelanggan serta kontribusinya terhadap perkembangan ekonomi masyarakat tempat organisasi. Indikator kinerja organisasi adalah ukuran kuantitatif maupun kualitatif yang dapat menggambarkan tingkat pencapaian sasaran dan tujuan.

Untuk mengetahui kinerja pelayanan dapat dilihat dari seberapa besar output, semakin besar volume output berarti semakin tinggi pula tingkat kinerjanya. Indikator kinerja berguna untuk menunjukkan kemajuan dalam rangka menuju pencapaian sasaran maupun tujuan organisasi yang bersangkutan (Mulyadi 2006:111). Baik buruknya penilaian kinerja sangat terkait dan dapat diukur melalui penilaian tingkat efisiensi dan efektifitas. (Prawirosentono; 1999:29). Menurut Nurmandi (1999:193), efisiensi menunjukkan pada rasio minimal antara input dan output. Input yang kecil dan diikuti dengan diikuti dengan output yang besar merupakan kondisi yang diharapkan.

Sedangkan efektifitas (*effectiveness*) memfokuskan pada tingkat pencapaian terhadap tujuan organisasi dalam memberikan pelayanan. Salah satu ukuran efektifitas adalah derajat kepuasan masyarakat. Ukuran ini tidak

mempertimbangkan berapa biaya, tenaga dan waktu yang digunakan dalam memberikan pelayanan tetapi lebih menitik beratkan pada tercapainya tujuan organisasi pelayanan publik.

Menurut Mulyadi (2006:118), beberapa pengukuran kinerja antara lain adalah sebagai berikut:

- a. Membandingkan kinerja nyata dengan kinerja yang direncanakan.
- b. Membandingkan kinerja nyata dengan hasil (sasaran) yang diharapkan.
- c. Membandingkan kinerja tahun ini dengan tahun-tahun sebelumnya;
- d. Membandingkan kinerja satu instansi dengan kinerja instansi lain atau dengan swasta yang unggul dibidang tugas yang sama dengan kegiatan yang sedang diukur.
- e. Membandingkan kinerja nyata dengan standar kinerja.
- f. Dari beberapa pengertian di atas maka dapat disimpulkan bahwa kinerja merupakan hasil kerja yang secara kualitas dan kuantitasnya dapat dicapai individu atau organisasi sesuai dengan tanggung jawab yang diemban yang terkait dengan tingkat efisiensi dan efektifitas, maupun dengan melihat dari seberapa besar output sehingga dapat dilihat apabila semakin besar volume output berarti semakin tinggi pula tingkat kinerjanya.

#### **2.4.2. Kinerja Instalasi**

Unit produksi Imam Bonjol merupakan induk sistem produksi dan distribusi, sehingga peningkatan kapasitas yang direncanakan secara geografis dan kebijakan teknis menuntut pengembangan dilokasi ini. Keterbatasan lahan yang ada dan tata

ruangnya menjadi perhatian utama untuk kinerja masa depan

#### **2.4.3. Unit Distribusi**

Komponen unit sistem distribusi pada sistem penyediaan Air minum PDAM Kota Pontianak terdiri sebagai berikut :

- a. Pipa Transmisi Air minum
- b. Reservoir Distribusi (*Service Reservoir*)
- c. Pompa Distribusi
- d. Meter Induk Air minum
- e. Jaringan Pipa Primer
- f. Jaringan Pipa Sekunder/Tertier
- g. Pipa Dinas dan Meter Pelanggan.

### **3, METODOLOGI PENELITIAN**

#### **3.1. Objek Penelitian**

Objek penelitian yang digunakan adalah PDAM Kota Pontianak karena untuk mengetahui kinerja pelayanan ditinjau dari pelayanan PDAM di Kota Pontianak serta meninjau salah satu booster yaitu booster Tanjung Hulu.

#### **3.2. Populasi dan Teknik Pengambilan Sampel**

Survei pendahuluan dilakukan sebelum penelitian sebenarnya dilaksanakan dengan tujuan untuk mengetahui kondisi dan karakteristik lokasi penelitian serta untuk dapat memperkirakan waktu, biaya survei, dan jumlah sampel yang diperlukan. Melalui survei pendahuluan diperoleh data sekunder yang berarti data yang diperoleh dari sumber-sumber luar bukan dari hasil penelitian sendiri. Data sekunder ini digunakan karena peneliti tidak dapat mengusahakan data-data yang diperlukan dengan melakukan penelitian ini.

Setelah data primer didapat, yaitu berupa data saranan dan prasarana pelayanan air bersih dan pelanggan PDAM, selanjutnya yang menjadi acuan dalam menentukan jumlah sampel

adalah jumlah pelanggan dengan menggunakan teknik sampling purposif.. Jumlah sampel diambil 3 sampel perzona.

### 3.3. Pengumpulan Data

Dalam penelitian data yang digunakan untuk mendukung pengolahan data adalah data sekunder yang didapat berupa eksternal data, yang berarti data-data yang diperoleh dari sumber-sumber luar bukan hasil penelitian sendiri. Data-data sekunder didapat dari :

- a. Data Monografi Kota Pontianak
- b. Data infrastruktur air bersih PDAM kota Pontianak.
- c. Data sekunder juga didapat dengan melakukan studi pustaka yang berhubungan dengan penelitian ini.

### 3.4. Deskripsi Operasional Variabel

Operasionalisasi variabel dimaksudkan untuk menentukan indikator-indikator penelitian dari variabel-variabel yang akan diteliti. Adapun indikator-indikator tersebut akan mempengaruhi instrumen-instrumen yang digunakan dalam membuat kuisioner responden. Berdasarkan hipotesis dan pendekatan penelitian diatas, maka variabel - variabel penelitian dapat diuraikan menjadi sebagai berikut :

Untuk kepentingan suatu pemukiman, ketersediaan air dari segi kualitas maupun kuantitas mutlak diperlukan. Apabila tersedia sistem penyediaan air bersih kota atau sistem penyediaan air bersih lingkungan, maka tiap rumah berhak mendapat sambungan rumah atau sambungan halaman. Penanganan air bersih di Kota Pontianak dikelola oleh PDAM Kota Pontianak. Dibutuhkan informasi mengenai :

- a. Kondisi infrastruktur PDAM, berupa kolam penampungan dan sistem distribusi.

- b. Peta distribusi
- c. Penunjang distribusi berupa data booster masing masing zona.

### 3.5. Teknik Analisis Data

Analisa data pada penelitian ini lebih ditekankan pada analisa kinerja infrastruktur pelayanan PDAM dari lokasi penelitian berdasarkan data sekunder. Sedang untuk proses penganalisaan tentang kegiatan terhadap pelayanan air bersih dilakukan dengan menganalisis secara komprehensif kinerja infrastuktur air bersih di Kota Pontianak.

- a. Penampungan air apakah memenuhi kebutuhan apa tidak.
- b. Booster dan pompa memenuhi syarat apa tidak.
- c. Distribusi air bersih memenuhi standar kebutuhan apa tidak.

## 4. GAMBARAN UMUM PENELITIAN

### 4.1 Gambaran Umum Kota Pontianak

Pontianak merupakan salah satu kota di Indonesia yang terletak di lintasan garis khatulistiwa, tepatnya berkisar pada posisi geografis 0°02'24" LU – 0°01'37" LS dan 109°16'25" BT – 109°23'04" BT. Kota Pontianak dilintasi oleh dua sungai besar (Sungai Kapuas dan Sungai Landak) serta lokasinya tidak jauh dari pantai. Kondisi geografis seperti ini membuat Kota Pontianak mempunyai beberapa keunikan geografis yang tidak dimiliki oleh kota-kota lain di Indonesia maupun di dunia. Pertama, kota ini terletak di lintasan garis khatulistiwa, tepatnya berkisar pada posisi geografis 0°02'24" LU – 0°01'37" LS dan 109°16'25" BT – 109°23'04" BT. Sebagian wilayah di sebelah utara dan sebagian lagi berada di sebelah selatan ini menjadikan Kota Pontianak dijuluki dengan sebutan Kota Khatulistiwa atau Kota Equator. Kedua, Kota Pontianak dilintasi dan terbelah menjadi tiga daratan oleh dua buah

sungai besar, yaitu Sungai Kapuas dan Sungai Landak.

Selain kedua sungai besar ini, Kota Pontianak masih memiliki anak-anak sungai, misalnya Sungai Jawi, Sungai Raya, dan Sungai Nipah Kuning. Dengan posisi geografis seperti ini, Kota Pontianak mendapatkan pula julukan lainnya, yakni Kota Tepian Sungai. Ketiga, Kota Pontianak mempunyai parit-parit dalam jumlah yang cukup banyak dan menyebar secara merata hampir di seluruh pelosok kota. Karenanya, julukan Kota Seribu Parit juga melekat pada ibu kota Provinsi Kalimantan Barat tersebut. Secara administratif Kota Pontianak terdiri dari enam Kecamatan, yaitu Pontianak Utara, Pontianak Barat, Pontianak Selatan, Pontianak Tenggara, Pontianak Timur dan Pontianak Kota. Di antara keenam kecamatan tersebut, Pontianak Utara mempunyai wilayah yang paling luas yaitu mencapai 34,52%, sedangkan Kecamatan Pontianak Timur hanya 8,14% dari luas keseluruhan Kota Pontianak.

#### 4.2. Gambaran Umum PDAM Kota Pontianak

Secara umum kondisi kualitas air minum hasil produksi instalasi PDAM Kota Pontianak baik, namun diperlukan pengamatan yang kontiniu dan teliti mengingat kondisi kualitas air baku sering berubah-ubah akibat musim dan pasang surut sungai, selain itu pada saat kemarau kadar garam pada intake S. Kapuas dan intake S. Landak berada diatas ambang batas. Beberapa waktu lalu diindikasikan bahwa DAS Sungai Kapuas telah tercemar logam berat seperti merkuri, hal ini perlu kehati-hatian dalam melakukan analisa kualitas air baku, namun saat ini guna pengamatan kualitas air masih diperlukan peralatan laboratorium yang memadai dan yang terpenting adalah laboratorium PDAM harus mendapatkan pengakuan dari Instansi yang berwenang

sehingga prosedur pemeriksaan dapat terstandarisasi dengan baik. Dari Volume *reservoir* tersebut dapat dibuat perbandingan dengan kapasitas produksi dari masing – masing suplai airnya (sumber) sebagai berikut :

- a. IP-1 dan 2 Imam Bonjol mensuplai langsung ke daerah pelayanan (direct pumping) dengan kapasitas produksi sebesar 450 l/det atau 38.880 M<sup>3</sup>/hari.
- b. Reservoir yang menerima suplai air dari IP-3 Imam Bonjol adalah 1.000 M<sup>3</sup> sedangkan produksi sebesar 110 l/det atau 9.504 M<sup>3</sup>/hari jadi rasio volume reservoir terhadap kapasitas produksi adalah 10.5%.
- c. Reservoir aktif yang menerima suplai air dari IP-4 Imam Bonjol adalah 3.000 M<sup>3</sup> sedangkan kapasitas produksi 300 l/det atau 25.920 M<sup>3</sup>/hari, jadi rasio volume reservoir terhadap kapasitas produksi sebesar 11,57 %.
- d. Reservoir yang menerima suplai dari IP-SJL sebesar 200 M<sup>3</sup> dengan kapasitas produksi 50 l/det atau 4.320 M<sup>3</sup>/hari sehingga rasio volume reservoir terhadap kapasitas produksi adalah 4.6 %
- e. Reservoir yang menerima suplai dari IP-SLP sebesar 1000 M<sup>3</sup> dengan kapasitas produksi 300 l/det atau 25.9200 M<sup>3</sup>/hari sehingga rasio volume reservoir terhadap kapasitas produksi adalah 3,86 %
- f. Total Volume *reservoir* aktif sebesar 6.700 M<sup>3</sup> sedangkan kapasitas produksi 1.210 l/det atau 104.544 M<sup>3</sup>/hari sehingga rasio volume reservoir terhadap kapasitas produksi adalah 6,4 %. Apabila seluruh reservoir diaktifkan maka volume total adalah 10.300 M<sup>3</sup> dan rasio

volume reservoir terhadap kapasitas produksi menjadi 9,8 %.

## **5. HASIL DAN PEMBAHASAN**

### **5.1. Hasil Penelitian**

#### **5.1.1 Kondisi Eksisting Infrastruktur Air Minum PDAM Kota Pontianak**

Gambaran secara umum belum seluruh wilayah di Kota Pontianak terlayani oleh jaringan air minum PDAM terutama pada permukiman yang baru berkembang. Hal ini bisa terjadi karena keterbatasan jaringan perpipaan. Untuk itu diperlukan penambahan jangkauan pelayanan agar seluruh penyediaan air bersih ini dapat dirasakan oleh seluruh penduduk Kota Pontianak. Dewasa ini kebutuhan air bersih di Kota Pontianak mencapai 10 juta m<sup>3</sup> per tahun yang dilayani oleh 7 buah reservoir dengan kapasitas 4.300 m<sup>3</sup>. Berdasarkan standar kebutuhan air bersih, maka kebutuhan air bersih untuk Kota Pontianak hingga tahun 2016 adalah sebagai berikut:

- a. Kebutuhan air bersih domestik (rumah tangga) dihitung berdasarkan standar konsumsi air sebesar 130 liter/orang/hari, dimana pada tahun 2016 jumlah penduduk mencapai sekitar 700.000 jiwa, maka kebutuhan air bersihnya adalah 32.106.140 m<sup>3</sup>/tahun, atau 1.018 liter/detik.
- b. Kebutuhan air bersih untuk industri dan kebutuhan lainnya berdasarkan data tahun 2016 adalah 20% dari total, atau 1/4 dari kebutuhan domestik, sehingga kebutuhannya adalah sekitar 8.026.535 m<sup>3</sup>/tahun atau 255 liter/detik.
- c. Kebutuhan total yang dibutuhkan oleh Kota Pontianak sampai dengan tahun 2016 adalah sekitar 40.132.675 m<sup>3</sup>/tahun atau 1.273 liter/detik. Berdasarkan data tahun 2016, dengan kapasitas sekitar 10 juta

m<sup>3</sup>/tahun, Kota Pontianak dilayani oleh 7 buah reservoir dengan kapasitas 4.300 m<sup>3</sup>. Jadi dibutuhkan kapasitas terpasang 4 kali yang ada sekarang ini untuk memenuhi kebutuhan air bersih pada tahun 2016.

Sumber air baku di Kota Pontianak dari segi volumenya cukup berlimpah, mengingat besarnya debit Sungai Kapuas. Hal yang perlu dipertahankan adalah menjaga kualitas air sungai sebagai sumber air baku, karena bila pencemaran terus berlangsung, biaya penyediaan air bersih di Kota Pontianak akan menjadi sangat mahal, apalagi air tanahnya tidak bisa dimanfaatkan karena merupakan air gambut yang berwarna dan bersifat asam, dan untuk pengolahannya juga memerlukan biaya instalasi yang cukup besar. Berdasarkan hasil analisis dengan kebutuhan sekitar empat kali lipat, maka dibutuhkan pembangunan WTP (*Water Treatment Plant*) yang menyebar disesuaikan dengan pola penyebaran penduduknya. Dapat pula disimpulkan di sini bahwa rencana penyediaan air bersih di Kota Pontianak meliputi kegiatan-kegiatan:

- a. Peningkatan kemampuan dan kualitas instalasi pengolahan dan penampungan yang ada.
- b. Pembangunan instalasi penampungan dan pengolahan baru.
- c. Pembangunan jaringan transmisi dan distribusi baru.

#### **5.1.2. Aspek Teknis**

Kegiatan penyediaan air minum Pontianak Tenggara yang ditandai oleh pembangunan sarana dan prasarana penyediaan air minum melalui pembangunan Instalasi Pengolahan Air (IPA) No 2 dengan kapasitas 450 l/det di Kompleks IPA Imam Bonjol. Sumber air yang digunakan adalah air permukaan yang

berasal dari Sungai Kapuas yang diolah secara konvensional melalui instalasi dengan sistem pengolahan lengkap. Pengelolaan ditangani oleh Dinas Saluran Air Minum kemudian pada tanggal 14 Mei tahun 1975, Dinas Saluran Air Minum tersebut berganti nama dan status menjadi Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) melalui Peraturan Daerah Kotamadya Dati II Pontianak Nomor : 03 tahun 1975. Sejalan dengan meningkatnya pertumbuhan dan kebutuhan akan air minum melalui berbagai upaya pihak manajemen Perusahaan bersama-sama Pemerintah Pusat dan Daerah telah meningkatkan kapasitas Instalasi. Peningkatan ini dilakukan secara bertahap dengan pendanaan yang berasal dari Anggaran Pendapatan dan Belanja PDAM, Pinjaman Komersial, Rekening Pembangunan Daerah, maupun Hibah Pemerintah.

### 5.1.3. Unit Instalasi

Secara keseluruhan sistem pengaliran air yang ada pada PDAM Tirta Khatulistiwa untuk Kota Pontianak mulai dari Intake air baku sampai ke pelanggan dilakukan dengan sistem pemompaan selama 24 jam. Pengolahan air dilakukan di dengan total kapasitas terpasang sebesar 450 l/det atau 38.880 M<sup>3</sup>/hari.

### 5.1.4. Kinerja Instalasi

Unit produksi PDAM Tirta Khatulistiwa untuk Kota Pontianak berada pada IPA-2 Imam Bonjol yang merupakan induk sistem produksi dan distribusi, sehingga peningkatan kapasitas yang direncanakan secara geografis dan kebijakan teknis menuntut pengembangan dilokasi

### 5.1.5. Unit Distribusi

Komponen unit sistem distribusi pada sistem penyediaan Air minum PDAM untuk pelayanan di Kota Pontianakterdiri sebagai berikut :

- a. Pipa Transmisi Air minum
- b. Reservoir Distribusi (*Service Reservoir*)
- c. Pompa Distribusi
- d. Meter Induk Air minum
- e. Jaringan Pipa Primer
- f. Jaringan Pipa Sekunder/Tertier
- g. Pipa Dinas dan Meter Pelanggan

Secara umum kondisi kualitas air minum hasil produksi instalasi PDAM untuk pelayanan di Kota Pontianakbaik, namun diperlukan pengamatan yang kontiniu dan teliti mengingat kondisi kualitas air baku sering berubah-ubah akibat musim dan pasang surut sungai, selain itu pada saat kemarau kadar garam pada intake S. Kapuas dan *intake* S. Landak berada diatas ambang batas. Beberapa waktu lalu diindikasikan bahwa DAS Sungai Kapuas telah tercemar logam berat seperti merkuri, hal ini perlu kehati-hatian dalam melakukan analisa kualitas air baku, namun saat ini guna pengamatan kualitas air masih diperlukan peralatan laboratorium yang memadai dan yang terpenting adalah laboratorium PDAM harus mendapatkan pengakuan dari Instansi yang berwenang sehingga prosedur pemeriksaan dapat terstandarisasi dengan baik. Dari Volume *reservoir* tersebut dapat dilihat kapasitas produksi dari suplai airnya (sumber) untuk pelayanan di Kota Pontianakadalah IPA-2 Imam Bonjol mensuplai langsung kedaerah pelayanan (*direct pumping*) dengan kapasitas produksi sebesar 450 l/det atau 38.880 M<sup>3</sup>/hari.

### 5.1.6. Unit Pelayanan

Kegiatan penyediaan air minum untuk pelayanan di Kota Pontianak ditandai oleh pembangunan sarana dan prasarana penyediaan air minum melalui pembangunan Instalasi Pengolahan Air (IPA)-2 Kapasitas 450 l/det atau 38.880 M<sup>3</sup>/hari di Kompleks IPA-2 Imam Bonjol. Sumber air yang

digunakan adalah air permukaan yang berasal dari S. Kapuas yang diolah secara konvensional melalui instalasi dengan sistem pengolahan lengkap. Sistem distribusi air minum Kota Pontianak yang berjumlah 10 zona.

## 5.2. Pembahasan

Kebutuhan air dalam suatu proyek penyediaan air minum merupakan hal yang paling penting, karena merupakan dasar dalam menentukan biaya investasi. Proyeksi kebutuhan air ditentukan berdasarkan faktor-faktor sebagai berikut :

- Jumlah penduduk yang dilayani
- Pemakaian air per kapita per orang
- Kebutuhan domestik dan non domestik
- Kebocoran air/kehilangan air baik pada sistem produksi maupun distribusi.
- Kebutuhan yang belum terpenuhi secara penuh (*unsatisfied demand*)
- Peningkatan laju pemakaian air sejalan dengan peningkatan taraf hidup masyarakat
- Peningkatan mutu pelayanan
- Kebutuhan hari maksimum.

Suatu sistem penyediaan air minum harus direncanakan dan dibangun sehingga dapat memenuhi tiga tujuan utama yaitu kualitas, kuantitas dan kontinuitas (berkesinambungan). Pada dasarnya kriteria dalam perencanaan sistem penyediaan air minum suatu kota disesuaikan dengan kondisi setempat, dan mengacu pada standar perencanaan normal.

### 5.2.1 Kebutuhan Air Perzona

#### a) Zona 1

- Sambungan Rumah
  - SR melayani = 80%
  - Jumlah jiwa yang terlayani =  $\frac{\text{jumlah penduduk} \times \text{pelayanan SR}}{100}$

$$= \frac{49.309 \times 80}{100} = 39447 \text{ jiwa}$$

- Jumlah sambungan rumah = jumlah jiwa yang terlayani x SR
- $$= 39447 \times 80 \% = 31.558 \text{ SR}$$

#### b. Hidran Umum

- HU melayani = 20%
- Jumlah jiwa yang terlayani =  $\frac{\text{jumlah jiwa yang terlayani SR} \times \text{pelayanan HU}}{100}$

$$= \frac{39447 \times 20}{100} = 7889 \text{ jiwa}$$

- Asumsi 1 HU melayani = 100 jiwa
- Jumlah HU =  $\frac{\text{jumlah jiwa yang terlayani}}{100} = \frac{7889}{100} = 79 \text{ HU}$

- Asumsi Kebutuhan Air Domestik SR = 130 (lt/org/hari)
- Asumsi Kebutuhan Air Domestik HU = 30 (lt/org/hari)
- Total Kebutuhan Domestik = (asumsi kebutuhan air SR x jumlah jiwa yang terlayani SR) + (asumsi kebutuhan air HU x jumlah jiwa terlayani HU)

$$= (130 \times 7889) + (30 \times 31.558)$$

Total Kebutuhan Domestik = 22,83 lt /dt

- Total Kebutuhan Non Domestik = Jlh Pemakaian air (Sekolah + Tempat Ibadah + Fasilitas Kesehatan + Kantor Pemerintah + industry + Hotel + Rumah Makan + Sarana Perekonomian)
- Total Kebutuhan Non Domestik = 9,24 lt /dt
- Total Kebutuhan Air = total keb. domestik + total keb. Non Domestic = 22,83 + 9,24 = 32,07 lt/dt

- h. Persentase Kehilangan Air =  
20 % = 6,41 lt/dt
- i. Total kebutuhan rata-rata =  
32,07 lt/dt + 6,41 lt/dt =  
38,49 lt/dt
- j. Kebutuhan hari maksimum =  
1,2 dari kebutuhan air harian =  
1,2 x 38,49 = 46,18 lt/dt
- k. Kebutuhan jam puncak =  
1,75 dari kebutuhan air harian =  
1,75 x 38,49 = 67,36 lt/dt
- l. Kebutuhan Total Air =  
130 lt/org/hari x Jlh orang x Jlh  
pelanggan =  
130 lt/org/hari x 5 orang x 26410  
pelanggan =  
514.995 m<sup>3</sup>/bulan
- 514.995 x 12 =  
6,179,940.00 m<sup>3</sup>/tahun

Hasil perhitungan kebutuhan air pada tahun 2016 sebesar 514.995 m<sup>3</sup>/bulan dan 6,179,940.00 m<sup>3</sup>/tahun sedangkan produksi PDAM sebesar 719,903 m<sup>3</sup>/bulan dan pertahun sebesar 8,638,837 m<sup>3</sup>/tahun, dapat dilihat bahwa produksi PDAM masih dapat untuk memenuhi kebutuhan pelanggan PDAM Kota Pontianak pada zona 1. Berdasarkan hasil observasi lapangan, diketahui kondisi eksisting pelayanan air minum di Kota Pontianak pada zona 1, yaitu berupa jumlah pelanggan, lama langganan, dan kondisi jaringan pelayanan yang tersedia di Kota Pontianak pada zona 1.

Perhitungan yang sama dilakukan untuk menghitung kebutuhan air bersih sesuai dengan zona 1 sampai zona 10.

## 5.2.2 Reservoir Booster Tanjung Hulu



Gambar 1. Booster Tanjung Hulu

Reservoir booster Tanjung Hulu melayani Zona 11 Kecamatan Pontianak Timur, yang terdiri dari 7 kelurahan dengan luas wilayah 8,78 km<sup>2</sup> dengan jumlah penduduk 87.247 jiwa.

Tabel 1. infrastruktur

| INFRASTRUKTUR  | KETERANGAN   |
|----------------|--|
| KONSTRUKSI     | Beton permanen   |
| TIPE RESERVOIR | Ground reservoir   |
| KAPASITAS      | 75 l/dt  |
| POMPA          |  |
| VOLUME         | 1500 m <sup>3</sup>  |
| PENAMPUNGAN    |  |
| JENIS PIPA     | -Pipa primer dari baja berdiameter 400 mm<br>-Pipa sekunder dari DCIP/PVC berdiameter 200 mm<br>-Pipa tersier terbuat dari PVC berdiameter 50 mm |

### a. Analisa Booster/Reservoir Tanjung Hulu

Kapasitas pompa : 540 m<sup>3</sup>/jam

Debit aliran (Q) : 0,45 m<sup>3</sup>/dt

Kecepatan (V<sub>1</sub>) : 3 m/dt

Ø pipa (D) : 200 mm dan 100 mm = 0,2 m dan 0.1 m

Panjang pipa (L) : 2000 m

Jenis pipa PVC dengan nilai C = 140  
 Volume : 1.500 m<sup>3</sup>  
 Luas wilayah : 8,78 km<sup>2</sup>  
 Jumlah penduduk : 87.247 jiwa

**b. Analisa Jaringan Pipa**

Kehilangan terbesar akibat panjang pipa dengan Hazen William

$$H_f = \left[ \frac{Q}{0,2785 \cdot C \cdot D^{2,63}} \right]^{1,85} L$$

Atau

$$H_f = \left\{ \left( \frac{10,684 Q^{1,85}}{C^{1,85} D^{4,87}} \right) \right\} L$$

H<sub>f</sub> = Kehilangan tinggi tekanan (m)

L = Panjang pipa (m)

Q = debit aliran

D = diameter pipa

C = koefisien Hazen William

$$H_f = \left\{ \left( \frac{10,684 \cdot 0,45 \cdot 1,85}{140 \cdot 1,85 \cdot 0,2 \cdot 4,87} \right) \cdot 2000 \right\} = 0,705 \text{ m}$$

**c. Menghitung Tekanan Air**

$$V_2 = (D_1/D_2)^2 V_1 = (0,2/0,1)^2 \cdot 3,0 = 12 \text{ m/dt}$$

Debit air dapat dihitung dengan persamaan debit  $Q = A_2 v_2 = (D_2^2 / 4) v_2$   
 $v_2 Q = (10^{-2})^2 / 4 \cdot 12 = 3 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$

Ambil massa jenis air = 1000 kg/m<sup>3</sup>  
 dan g = 10 m/s<sup>2</sup>.

$$p_2 + \frac{1}{2} \rho v_2^2 + \rho g h_2 = p_1 + \frac{1}{2} \rho v_1^2 + \rho g h_1 \text{ (tinggi } h_1 = 0)$$

$$p_2 = p_1 + \frac{1}{2} \rho (v_1^2 - v_2^2) - \rho g h_2 = 4,0 \times 10^5 + \frac{1}{2} \cdot 1000 (3,0^2 - 12^2) - 1000 \cdot 10 \cdot 5,0$$

$$p_2 = 2,8 \times 10^5 \text{ Pa atau } 2,8 \text{ atm.}$$

**d. Perhitungan Pompa**

Head Total Pompa

$$H = \frac{p}{\gamma} + \frac{v^2}{2g} + h_f$$

$$= 0 + \frac{3^2}{2 \cdot 10} + 0,705$$

$$= 1,155$$

Water Horse Power

$$WHP = \rho \cdot g \cdot Q \cdot H$$

$$= 1 \cdot 10 \cdot 0,45 \cdot 1.155$$

$$= 5,1975$$

Break Horse Power

$$BHP = P \cdot 0,85$$

$$= 8 \cdot 0,85$$

$$= 6,8$$

Efisiensi Pompa

$$\eta = \frac{WHP}{BHP}$$

$$= \frac{5,1975}{6,8}$$

$$= 0,764$$

$$= 0,764 \cdot 100 \%$$

$$= 76,4 \%$$

Efisiensi pompa sudah memenuhi syarat, tetapi alangkah baiknya lebih diperbesar lagi daya pompanya.

**5.2.3. Jaringan Infrastruktur Pelayanan**

Untuk kondisi jaringan pelayanan air bersih di Kota Pontianak dapat dibedakan menjadi 3 jenis pelayanan yaitu dilihat dari debit, kontinuitas aliran dan kualitas air. Berdasarkan hasil observasi berupa wawancara dan penyebaran kuisioner dapat diketahui sebagai berikut :

a. Debit

Dari hasil perhitungan dapat diketahui bahwa untuk daerah di Kota Pontianak memiliki debit 450 Lt/dt. Hal tersebut dapat diketahui bahwa tingkat keandalan sekitar 80 persen sistem dikatakan memuaskan minimal 80 persen terpenuhi).

b. Kontinuitas Aliran

Untuk kondisi eksisting kontinuitas aliran air PDAM di Kota Pontianak, belum seluruhnya dapat mengalir selama 24 jam. Sehingga air dapat mengalir lancar pada waktu-waktu tertentu. Dengan aliran air tertinggi pada malam hari dibandingkan dengan

kondisi siang hari, aliran air cenderung rendah. Dimana kebutuhan air tertinggi adalah pada pagi hari. Sehingga untuk mengatasi hal tersebut dapat dilakukan dengan adanya pengaturan suplay air yang dapat mengalir secara kontinui agar kebutuhan masyarakat atau pelanggan khususnya di Kota Pontianak dapat terpenuhi.

c. Kualitas Air

Untuk kualitas air PDAM di Kota Pontianak berdasarkan hasil observasi dilapangan dapat diketahui bahwa kualitas air di daerah Kota Pontianak sudah memenuhi persyaratan air bersih, hal tersebut dapat diketahui dengan melihat secara fisik air bersih yang dihasilkan oleh PDAM berwarna jernih, tidak berbau dan berwarna. Walaupun terdapat beberapa penduduk di Kota Pontianak yang masih menggunakan air hujan sebagai sumber air minum dan air bersih. Walaupun demikian PDAM Kota Pontianak harus meningkatkan kualitas air bersih agar dapat langsung dapat dikonsumsi pelanggan PDAM sebagai air minum. Dengan demikian PDAM Kota Pontianak perlu meningkatkan kemampuan pengelolaan air dari instansi air pengolaan air sungai Kapuas berupa peningkatan sistem pengeloaan air lengkap berupa pengolahan baik fisik, kimiawi dan bakteriologik

## 6. KESIMPULAN DAN SARAN

### 6.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis, dapat ditarik kesimpulan bahwa sistem pelayanan air bersih di Kota Pontianak menggunakan PDAM Kota Pontianak sebagai sumber air bersih.

Sistem distribusi air minum memiliki 10 zona 2 yang terdiri dari 5 (lima) wilayah pelayanan berdasarkan suplai air (instalasi) dan terbagi 12 zona untuk rencana pengendalian kebocoran. Kebutuhan total yang dibutuhkan oleh Kota Pontianak tahun 2016 masih dapat tercukupi oleh produksi PDAM Kota Pontianak. Kekurang produksi terjadi pada zona 8 dimana kebutuhan air lebih besar dari kapasitas produksi PDAM, namun kekurangan pasokan air yang terjadi pada zona 8 dapat diatasi dengan tambahan air dari IPA Imam Bonjol 4. Produksi air baku pada tahun 2016 adalah mencapai sekitar 36.534.146 M3 dengan demikian kebutuhan air baku yang masih terpenuhi oleh PDAM. Jadi untuk menghindari kekurangan supplay kebutuhan air dibutuhkan kapasitas terpasang 4 kali yang ada sekarang ini untuk memenuhi kebutuhan air bersih. Jaringan air bersih di Kota Pontianak yang dilakukan meliputi kuantitas/ ketersediaan air PDAM. Kinerja pelayanan jaringan air bersih yang dilakukan oleh PDAM tergantung dari besar tekanan air yang ada di boster ini dilihat dari hasil perhitungan di Booster reservoir Tanjung Hulu.

### 6.2. Saran

Berdasarkan beberapa kesimpulan dan analisis yang telah dilakukan, ada beberapa saran yang dapat penulis kemukakan, yaitu sebagai berikut :

- a. Kinerja pelayanan jaringan air bersih yang dilakukan oleh PDAM tergantung dari besar tekanan air yang ada di boster reservoir, sehingga perlu adanya penambahan Booster Reservoir di daerah yang masih kurang mendapat pasokan air.
- b. Memperhatikan kualitas pompa di setiap booster reservoir.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Abdurahman, Maman, 2011, *Dasar-dasar Metode Statistik Untuk Peneliti*, Penerbit CV Pustaka Setia, Bandung.
- Boedojo.1986. *Psikologi Manusia dalam Lingkungan*. Jakarta. Penerbit PT Gramedia Pustaka Utama
- Catanese, J. Anthony and Snyder, C. James.1994. *Perencanaan Kota*.Terjemahan. Jakarta. Penerbit Erlangga
- Chatib, Benny.1996. *Sistem Penyediaan Air Bersih*. Diklat Tenaga Teknik PAM. Bandung : LPM-ITB
- Hariwijaya, 2011, *Pedoman Penulisan Skripsi dan Tesis*, Penerbit Oryza, Jakarta.
- Jonathan, Sarwono, 2011, *Mixed Methods Cara Menggabungkan Riset Kualitatif dan Riset Kualitatif Secara Benar*, Penerbit PT. Elex Media Komputindo, Jakarta.
- Kodoatie. J 2005, *Pengantar Manajemen Infrastruktur*, Pustaka Pelajar, Yogyakarta.
- Kodoatie, R. J, 2003, *Manajemen dan Rekayasa Infrastruktur*, Pustaka Pelajar, Yogyakarta.
- Noerbambang, S., Morimura, T.1993. *Perancangan dan Pemeliharaan Sistem Plumbing*. Jakarta. Penerbit : Pradnya Paramita.
- Rukmana, Nana et.al.1993. *Manajemen Pembangunan Prasarana Perkotaan*. Jakarta : LP3ES.
- Ratminto & Atik Winarsih. 2005. *Manajemen Pelayanan*. Yogyakarta: Pustaka Pelajar.
- Raharjo.2002.”*Faktor-faktor yang Mempengaruhi Tingkat Konsumsi Air Bersih di Kota Rembang*” Tesis tidak diterbitkan, Program Studi Magister Teknik Pembangunan Wilayah dan Kota, Universitas Diponegoro, Semarang.
- Sutrisno. 1991 *Teknologi Penyediaan Air Bersih*. Jakarta: PT. Rineksa Cipta.
- Suripin. 2002. *Pelesatarian Sumber Daya Tanah dan Air*. Yogyakarta: Pustaka Andi.