

# STUDI KEHILANGAN AIR AKIBAT KEBOCORAN PIPA PADA JALUR DISTRIBUSI PDAM KOTA MAGELANG (STUDI KASUS: PERUMAHAN ARMADA ESTATE DAN DEPKES, KRAMAT UTARA KECAMATAN MAGELANG UTARA )

Dinda Rita K<sup>1</sup>, Winardi Dwi Nugraha<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup> Program Studi Teknik Lingkungan FT UNDIP, Jl. Prof. H. Sudarto, SH Tembalang Semarang

## ABSTRACT

*Up to the present time, there're lot of Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) that couldn't be able to serve their customers in adequate quantity for 24 hours in one day. One of the factor that causing this problem are the high lost of water in distribution system that including physic lost and non physic lost. The physic lost is caused due to the pipe leakage in distribution system, so that the quantity of water that their use isn't appropriate to the money that they're paid. In this research was already been done a study about water losses is caused due to the pipe leakage in Armada Estate and Depkes housing Kramat Utara Magelang Utara . On the strength of the first analysis that is done ( WBZ ), water losses in both of the housing are relative big enough. In north armada estate housing, the water losses achieves 75,21% and south armada estate housing achieves 43,97%. Whereas in department of health housing, the water losses is lowest than north armada estate and south armada estate. The water losses in department of health housing achieves 25,33%.*

**Key words:** lose water, pipe leakage, distribution stripe

## PENDAHULUAN

Kota Magelang memiliki luas wilayah 18,12 km<sup>2</sup> yang terbagi menjadi tiga Kecamatan, yaitu Kecamatan Magelang Utara, Kecamatan Magelang Tengah dan Kecamatan Magelang Selatan. Dengan luas tersebut di atas, Magelang merupakan kota kecil di Indonesia dengan kepadatan penduduk sekitar 6.498 jiwa per kilometer persegi. ( Sumber : BPS Kota Magelang Tahun 2008 )

Berdasarkan data PDAM Kota Magelang bulan Maret 2009 didapatkan bahwa tingkat kebocoran pada proses distribusi adalah 38,53 %. Hal ini dapat dilihat dari perbedaan antara jumlah air bersih yang didistribusikan oleh PDAM Kota Magelang dengan jumlah air yang terjual kepada pelanggan.

Total kapasitas produksi PDAM Kota Magelang adalah sebesar 1.145.252 M<sup>3</sup> dengan jumlah air yang didistribusikan 1.137.436 M<sup>3</sup>. Sedangkan jumlah air yang terjual kepada pelanggan hanya sebesar 699.204 M<sup>3</sup>, jadi kehilangan air mencapai 38,53 % yaitu sebesar 438.232M<sup>3</sup> (PDAM Kota Magelang, Maret 2009). Angka kebocoran ini melebihi batas pada kriteria

desain yang ditetapkan oleh Dirjen Cipta Karya tahun 1998 sebesar 15 – 30 %.

Tingkat kebocoran ini terdiri kebocoran fisik dan non fisik. Kebocoran fisik adalah kebocoran yang disebabkan oleh bocornya pipa dan perlengkapannya. Sedangkan kebocoran non fisik adalah kebocoran yang disebabkan oleh pencurian air, sambungan liar, pembacaan meter yang tidak benar, akurasi meter yang rendah.

Wilayah studi adalah Perumahan Armada Estate dan Perumahan Depkes Kelurahan Kramat Utara, Kecamatan Magelang Utara yang merupakan bagian dari wilayah pelayanan PDAM Kota Magelang. Perumahan armada estate utara memiliki pelanggan sebanyak 172 Sambungan Rumah ( SR ). Pada laporan PDAM Kota Magelang bulan Maret 2009, jumlah air yang didistribusikan sebesar 926,60 m<sup>3</sup>, sedangkan jumlah air terjual atau yang jadi rekening sebesar 229,67 m<sup>3</sup> sehingga terdapat kehilangan air sebesar 696,93 m<sup>3</sup> atau 75,21 persen. Sedangkan di perumahan armada estate selatan memiliki pelanggan sebanyak 103 SR, dengan tingkat kebocoran sebesar 43,97 persen. Hal ini dapat dilihat dari jumlah air yang didistribusikan sebesar 530 m<sup>3</sup> dan jumlah air yang tercatat pada rekening adalah sebesar

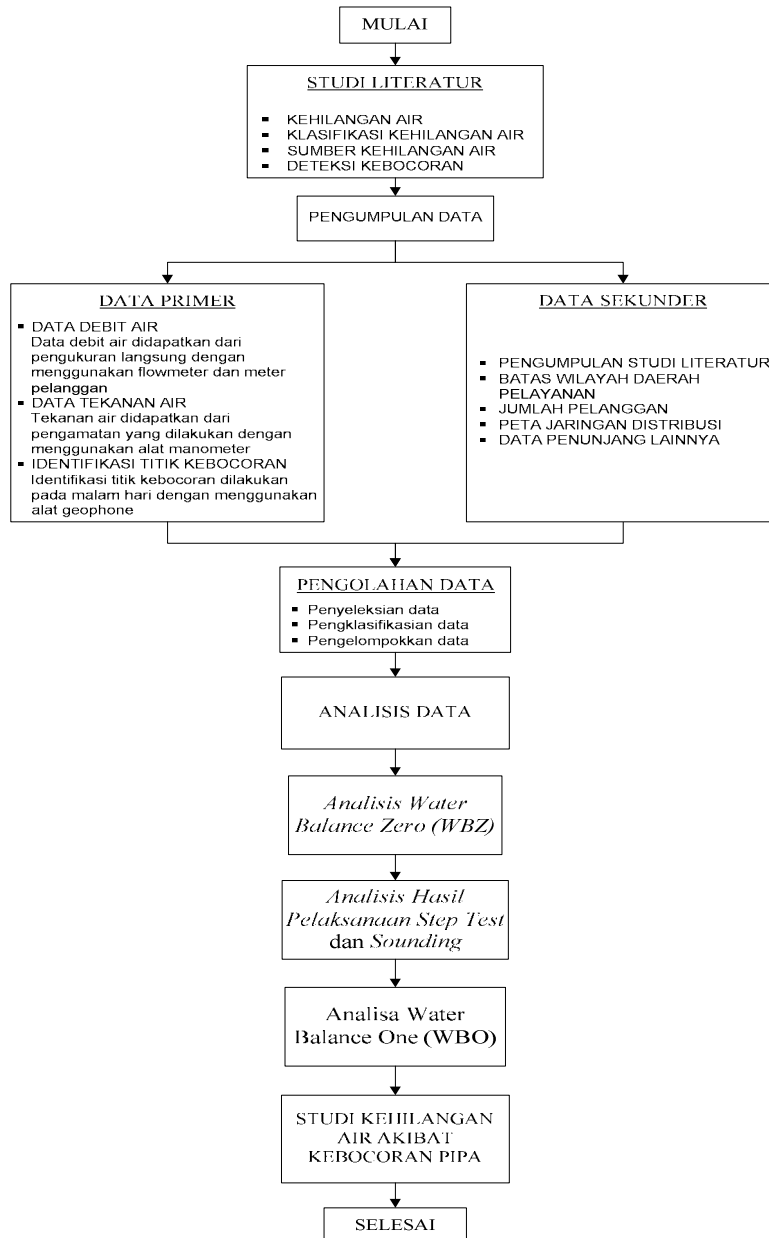
296,97 m<sup>3</sup>, sehingga terdapat kehilangan air sebesar 233,03 m<sup>3</sup> ( PDAM Kota Magelang, Maret 2009 ).

Berdasarkan laporan PDAM Kota Magelang bulan Maret 2009, jumlah pelanggan di perumahan Depkes sebanyak 573 Sambungan Rumah ( SR ). Jumlah air yang didistribusikan sebesar 1151,4 m<sup>3</sup>, sedangkan jumlah air terjual atau yang jadi rekening sebesar 859,77 m<sup>3</sup> sehingga terdapat kehilangan air sebesar 291,63 m<sup>3</sup> atau 25,33 persen.

Adapun alasan pemilihan wilayah studi adalah tingkat kebocoran tinggi, seperti yang tertulis di atas. Yang kedua adalah jam pelayanannya yang sudah 24 jam / hari, selain itu dipilih perumahan karena pembentukan zona sudah teratur. Ketiga alasan tersebut akan mempermudah dalam mendeteksi kebocoran.

### METODOLOGI

Diagram alir metodologi penelitian adalah sebagai berikut:



Gambar 1. Diagram Alir Metodologi Penelitian

**Deskripsi Daerah Studi**

Perumahan Armada Estate dan Depkes berlokasi di Kelurahan Kramat Utara Kecamatan Magelang Utara. Kedua lokasi tersebut merupakan bagian dari wilayah pelayanan PDAM Kota Magelang. Sedangkan gambaran mengenai daerah studi dapat dilihat pada Tabel 1 di bawah ini.

**Tabel 1.** Gambaran Umum Kondisi Eksisting Wilayah Penelitian

| No | Uraian           | Perumahan Armada Estate     |                             | Prumahan Dep.Kes            |
|----|------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
|    |                  | Utara                       | Selatan                     |                             |
| 1  | Jumlah Sambungan | 172                         | 103                         | 573                         |
| 2  | Jam Pelayanan    | 24 jam/hari                 | 24 jam/hari                 | 24 jam/hari                 |
| 3  | Air Masuk        | 926,60 m <sup>3</sup> /hari | 530 m <sup>3</sup> /hari    | 1151,4 m <sup>3</sup> /hari |
| 4  | Konsumsi Air     | 229,67 m <sup>3</sup> /hari | 296,97 m <sup>3</sup> /hari | 859,77 m <sup>3</sup> /hari |
| 5  | Kehilangan Air   | 696,93 m <sup>3</sup> /hari | 233,03 m <sup>3</sup> /hari | 291,63 m <sup>3</sup> /hari |
|    |                  | 75,21%                      | 43,97%                      | 25,33%                      |

Sumber: PDAM Kota Magelang, Maret 2009

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

**A. Analisa Tahap I**

Program penekanan kehilangan air yang dilakukan di wilayah Perumahan Armada Estate dan Perumahan Depkes Kramat Utara Kecamatan Magelang Utara ini merupakan langkah yang tepat karena tingkat kehilangan air sangat tinggi. Hal ini terbukti dari hasil analisis awal ( *water balance zero* ) dimana tingkat kehilangan air di kedua wilayah tersebut berbeda, yaitu 75,21% di wilayah armada estate utara dan 43,97% di wilayah armada estate selatan. Sedangkan besarnya kehilangan air di perumahan Depkes adalah 25,33%.

**1. Analisa Pelaksanaan Step Test Dan Sounding**

Pelaksanaan step test merupakan salah satu cara yang paling efektif untuk mengidentifikasi kebocoran air pada jaringan distribusi. Step test biasanya dilakukan pada malam hari, karena pada malam hari tingkat konsumsi air sangat kecil dan lebih stabil. Selain itu juga memperkecil dampak gangguan konsumen yang diakibatkan oleh step test ini.

Setelah dilakukan tahapan step test, maka daerah atau sub zona yang mengalami

kebocoran dapat diisolasi. Besarnya kebocoran dapat dilihat pada tabel berikut ini.

**Tabel 2.** Besar Kebocoran pada Daerah Studi

| Wilayah         | Besar kebocoran (L/dt) | Keterangan |           |
|-----------------|------------------------|------------|-----------|
| <b>Armada :</b> |                        |            |           |
| Utara           | 3,17                   | step 1     | 0,17 L/dt |
|                 |                        | step 3     | 0,17 L/dt |
|                 |                        | step 7     | 0,5 L/dt  |
|                 |                        | step 8     | 0,5 L/dt  |
|                 |                        | step 11    | 1,83 L/dt |
| Selatan         | 1,51                   | step 3     | 0,67 L/dt |
|                 |                        | step 6     | 0,67 L/dt |
|                 |                        | step 7     | 0,17 L/dt |
| <b>Depkes :</b> |                        |            |           |
| A & B           | 2,33                   | step 3     | 0,83 L/dt |
|                 |                        | step 11    | 1,5 L/dt  |
| C & D           | 0,34                   | step 2     | 0,17 L/dt |
|                 |                        | step 7     | 0,17 L/dt |

Sumber: Hasil Analisa, 2009

Setelah daerah yang diduga mengalami kebocoran diisolasi, untuk menentukan letak kebocoran secara pasti dilakukan dengan teknik sounding. Setelah dilakukan sounding, ditemukan 18 titik kebocoran dan kemudian dilakukan perbaikan. Lebih rinci mengenai letak titik – titik perbaikan kebocoran dijelaskan pada tabel berikut ini.

**Tabel 3.** Pelaksanaan Perbaikan Kebocoran

| No.   | Wilayah                   | Jumlah titik perbaikan kebocoran | Lokasi  |
|-------|---------------------------|----------------------------------|---|
| 1.    | Armada Estate:<br>- Utara | 4 titik                          | Blok B2, G1, G2(2 titik)                              |
|       | - Selatan                 | 3 titik                          | Ruko Armada blok A1 dan A2, blok C2                   |
| 2.    | Dep.Kes                   | 11 titik                         | Blok A1, A8, B1, B2, B5, B7, B10, C2, D1(2 titik), D2 |
| Total |                           | 18 titik                         |   |

Sumber: Hasil Analisa, 2009

**B. Analisa Tahap II**

Tingkat kehilangan air di kedua wilayah penelitian, yaitu 75,21% di wilayah armada estate utara dan 43,97% di wilayah armada estate selatan. Sedangkan besarnya kehilangan air di perumahan Depkes adalah 25,33%, tentunya menjadi keprihatinan

semua unsur yang terlibat secara langsung dengan kegiatan operasional PDAM. Strategi yang diterapkan untuk menurunkan tingkat kehilangan air adalah melakukan investigasi terhadap kebocoran pipa. Langkah ini diambil dengan alasan bahwa penyebab utama atas besaran tingkat kehilangan air adalah kebocoran pipa karena kondisi pipa yang sudah usang. Hasil investigasi selama kurun waktu 2 bulan, ditemukan 18 titik kebocoran. Strategi ini ternyata mampu memperoleh hasil yang signifikan, dimana tingkat kehilangan air menurun cukup drastis.

Di armada estate utara, tingkat kehilangan air dapat ditekan mencapai 15,70%. Sedangkan di armada estate selatan kehilangan air dapat ditekan mencapai 33,08% dan di Perumahan Depkes mencapai 14,42%.

**1. Analisa Keuangan**

PDAM Kota Magelang sebagai badan usaha mempunyai implikasi bahwa segala bentuk kegiatan organisasi harus mampu mendatangkan keuntungan tanpa mengesampingkan social society. Keuntungan merupakan unsur yang sangat penting bagi PDAM Kota Magelang dalam mewujudkan dimensi tanggung jawab kepada Pemerintah Daerah Kota Magelang maupun pelanggan. Keuntungan yang semakin besar berarti kemampuan PDAM dalam mewujudkan pelayanan optimal akan dapat terealisasi. Selain itu dengan keuntungan yang semakin meningkat, maka kontribusi PDAM terhadap Pemerintah Kota akan semakin besar sehingga Good Government dapat tercipta di wilayah Pemerintah Daerah Kota Magelang. Oleh karena itu segala aktivitas, memerlukan analisis keuangan sehingga dapat diperoleh gambaran empiris efisiensi dan efektivitas sebuah program, termasuk didalamnya program penurunan kehilangan air yang disebabkan oleh kebocoran pipa.

Berkaitan dengan kegiatan penurunan kehilangan air yang disebabkan oleh kebocoran pipa, biaya yang dikeluarkan meliputi 2 (dua) komponen biaya, yaitu biaya peralatan dan biaya tenaga kerja.

**Biaya Peralatan dan Bahan Baku**

Biaya peralatan yang dimaksud dalam hal ini adalah keseluruhan biaya yang dikeluarkan oleh PDAM Kota Magelang untuk :

- a. Pembelian fasilitas kerja yang seperti manometer, lampu senter, batu baterai, cat dan sebagainya

- b. Pembelian bahan baku dimana bahan baku ini dipergunakan untuk perbaikan pipa yang bocor dan pengembalian bongkaran-bongkaran yang meliputi pipa, accesories, semen pasir dan sebagainya.

**Biaya Tenaga Kerja**

Yang dimaksud dengan biaya tenaga kerja adalah biaya akomodasi tenaga kerja baik untuk uang penyesgar maupun biaya lembur serta biaya honor para tenaga kerja.

Dari beberapa komponen biaya tersebut diatas, biaya yang telah dikeluarkan selama pelaksanaan program penurunan kehilangan air yang disebabkan oleh kebocoran pipa, secara rinci dapat dilihat dalam tabel berikut.

**Tabel 4.** Biaya Peralatan Untuk Perbaikan Kebocoran Pipa

| No.                 | JENIS BARANG  | DIAMETER    | VOLUME | HARGA SATUAN | HARGA NOMINAL          |
|---------------------|---------------|-------------|--------|--------------|------------------------|
| 1                   | Pipa PVC      | 3"          | 0,5    | Rp 29.535,00 | Rp 14.767,50           |
| 2                   | Pipa PVC      | 2"          | 5,8    | Rp 15.536,40 | Rp 90.111,12           |
| 3                   | Pipa PVC      | 1,5"        | 6      | Rp 12.309,00 | Rp 73.854,00           |
| 4                   | Pipa PVC      | 1"          | 2      | Rp 5.390,55  | Rp 10.781,10           |
| 5                   | Pipa PVC      | 3/4"        | 9,5    | Rp 3.163,55  | Rp 30.053,73           |
| 6                   | Pipa PVC      | 1/2"        | 100    | Rp 2.150,78  | Rp 215.078,00          |
| 7                   | Pipa GI       | 1"          | 0,3    | Rp 30.800,00 | Rp 9.240,00            |
| 8                   | Pipa GI       | 3/4"        | 3      | Rp 25.300,00 | Rp 75.900,00           |
| 9                   | Pipa GI       | 1/2"        | 13     | Rp 22.000,00 | Rp 286.000,00          |
| 10                  | Giboult Joint | 2"          | 7      | Rp 44.000,00 | Rp 308.000,00          |
| 11                  | Giboult Joint | 1,5"        | 6      | Rp 29.700,00 | Rp 178.200,00          |
| 12                  | Giboult Joint | 3/4"        | 31     | Rp 12.000,00 | Rp 372.000,00          |
| 13                  | Giboult Joint | 1/2"        | 12     | Rp 11.000,00 | Rp 132.000,00          |
| 14                  | Knje PVC      | 3/4"        | 10     | Rp 2.178,00  | Rp 21.780,00           |
| 15                  | Knje PVC      | 1/2"        | 61     | Rp 1.336,50  | Rp 81.526,50           |
| 16                  | Knje GI       | 3/4"        | 10     | Rp 5.940,00  | Rp 59.400,00           |
| 17                  | Knje GI       | 1/2"        | 50     | Rp 3.300,00  | Rp 165.000,00          |
| 18                  | D Nepel       | 3/4"        | 9      | Rp 3.300,00  | Rp 29.700,00           |
| 19                  | D Nepel       | 1/2"        | 39     | Rp 2.640,00  | Rp 102.960,00          |
| 20                  | Outset        | 3/4"        | 13     | Rp 4.375,00  | Rp 56.875,00           |
| 21                  | Outset        | 1/2"        | 33     | Rp 4.504,00  | Rp 148.632,00          |
| 22                  | Clamp Sadle   | 3" x 1/2"   | 1      | Rp 42.900,00 | Rp 42.900,00           |
| 23                  | Clamp Sadle   | 2" x 3/4"   | 5      | Rp 22.500,00 | Rp 112.500,00          |
| 24                  | Clamp Sadle   | 2" x 1/2"   | 5      | Rp 22.500,00 | Rp 112.500,00          |
| 25                  | Clamp Sadle   | 1,5" x 1/2" | 4      | Rp 20.500,00 | Rp 82.000,00           |
| 26                  | Stopkrant     | 1/2"        | 4      | Rp 39.600,00 | Rp 158.400,00          |
| 27                  | Dop GI        | 3/4"        | 4      | Rp 3.930,00  | Rp 15.720,00           |
| 28                  | Dop GI        | 1/2"        | 4      | Rp 2.640,00  | Rp 10.560,00           |
| 29                  | Dop PVC       | 2"          | 3      | Rp 15.246,00 | Rp 45.738,00           |
| 30                  | Dop PVC       | 1/2"        | 1      | Rp 1.658,25  | Rp 1.658,25            |
| 31                  | Tee PVC       | 1,5"        | 3      | Rp 6.270,00  | Rp 18.810,00           |
| 32                  | Tee GI        | 3/4"        | 5      | Rp 1.320,00  | Rp 6.600,00            |
| 33                  | Tee GI        | 1/2"        | 2      | Rp 3.960,00  | Rp 7.920,00            |
| 34                  | Sock GI       | 1/2"        | 32     | Rp 3.300,00  | Rp 105.600,00          |
| 35                  | V. Sock       | 3/4" x 1/2" | 16     | Rp 4.620,00  | Rp 73.920,00           |
| 39                  | Semen         |             | 1      | Rp 40.000,00 | Rp 40.000,00           |
| 40                  | Pasir         |             | 0,25   | Rp 90.000,00 | Rp 22.500,00           |
| <b>JUMLAH TOTAL</b> |               |             |        |              | <b>Rp 3.319.185,20</b> |

Sumber: Hasil Analisa, 2009

Dari tabel tersebut dapat dikemukakan bahwa biaya peralatan yang dipergunakan untuk memperbaiki kebocoran pipa, relatif rendah apabila dibandingkan dengan hasil yang dicapai dalam program penurunan kehilangan air yang disebabkan oleh kebocoran pipa.

Biaya tenaga kerja yang terdiri dari biaya akomodasi dan biaya lembur serta biaya pengadaan sarana dan prasarana, secara rinci dapat dilihat dalam tabel berikut.

**Tabel 5.** Biaya Akomodasi dan Tenaga Kerja

| No.    | Uraian               | Jumlah          |
|--------|----------------------|-----------------|
| 1      | Akomodasi            | Rp 4.310.000,00 |
| 2      | Sarana dan prasarana | Rp 1.198.300,00 |
| 3      | Biaya lembur         | Rp 1.340.000,00 |
| Jumlah |                      | Rp 6.848.300,00 |

Sumber: Hasil Analisa, 2009

Dari beberapa komponen biaya yang telah dikeluarkan selama pelaksanaan program penurunan kehilangan air yang disebabkan oleh kebocoran pipa, maka rekapitulasi biaya dapat dilihat dalam tabel berikut :

**Tabel 6.** Rekapitulasi Keseluruhan Biaya

| No.    | Uraian                  | Jumlah           |
|--------|-------------------------|------------------|
| 1      | Biaya Peralatan         | Rp 3.319.185,20  |
| 2      | Biaya Akomodasi dan SDM | Rp 6.848.300,00  |
| Jumlah |                         | Rp 10.167.485,20 |

Sumber: Hasil Analisa, 2009

### Marginal Revenue

Marginal revenue atau tambahan pendapatan PDAM Kota Magelang yang didasarkan pada hasil penekanan kehilangan air, akan diperhitungkan dalam periode waktu tertentu, yaitu sebelum dan sesudah pelaksanaan program penurunan kehilangan air yang disebabkan oleh kebocoran pipa. Hal ini bertujuan untuk mengetahui seberapa besar keuntungan yang diperoleh PDAM Kota Magelang dengan adanya program penurunan kehilangan air yang disebabkan oleh kebocoran pipa ini.

Berdasarkan hasil analisis tingkat penekanan kehilangan air, maka perhitungan marginal revenue, secara rinci dapat dilihat dalam tabel berikut.

**Tabel 7.** Marginal Revenue

| No.                                    | Daerah Penelitian     | Air Terselamatkan     |       | Harga Jual Rata - Rata | Perkiraan Pendapatan per Bulan |
|--|-----------------------|-----------------------|-------|------------------------|--------------------------------|
|  |                       | m <sup>3</sup> /bulan | %     |                        |                                |
| 1                                      | Armada Estate Utara   | 7.857                 | 94,16 | Rp1.000                | Rp7.857.140                    |
| 2                                      | Armada Estate Selatan | 532                   | 35,61 | Rp1.000                | Rp532.270                      |
| 3                                      | Depkes                | 1.819                 | 47,19 | Rp1.000                | Rp1.819.460                    |
| Total Perkiraan Peningkatan Pendapatan |                       |                       |       |                        | Rp10.208.870                   |

Sumber: Hasil Analisa, 2009

Dari tabel tersebut dapat dikemukakan bahwa marginal revenue atau tambahan pendapatan PDAM Kota atas keberhasilan program penurunan kehilangan air yang disebabkan oleh kebocoran pipa, relatif besar. Kondisi ini merupakan sebuah perilaku positif karena dengan semakin sedikitnya kebocoran, tingkat tekanan air meningkat sehingga pelanggan dapat memperoleh air dengan optimal. Kenyamanan dalam mendapat air inilah yang menjadikan perilaku pelanggan berusaha untuk memenuhi kebutuhannya sehingga pemakaian air semakin meningkat.

Selain itu dengan besarnya prosentase air yang terselamatkan, maka akan menambah potensi pelanggan baru. Perhitungan potensi pelanggan baru dapat dilihat dalam Tabel Analisa Potensi Pelanggan pada Lampiran A. Dengan adanya pelanggan baru, jumlah pemakaian air pada daerah penelitian akan mengalami peningkatan sehingga jumlah air yang tertagih juga akan mengalami peningkatan. Biaya pemasangan pelanggan baru dan peningkatan jumlah air yang tertagih juga merupakan marginal revenue atau tambahan pendapatan PDAM Kota atas keberhasilan program penurunan kehilangan air yang disebabkan oleh kebocoran pipa.

### KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Persentase kehilangan air akibat kebocoran pipa di wilayah studi adalah sebesar 75,21% di Armada Estate Utara; 43,97% di Armada Estate Selatan; dan 25,33% di Perumahan Depkes.
2. Cara yang dapat dilakukan untuk meminimalisasi kehilangan air adalah melaksanakan investigasi terhadap pipa – pipa yang bocor dengan cara step test dan teknik sounding.
3. Besarnya penurunan tingkat kehilangan air pada masing – masing daerah studi adalah sebagai berikut: pada perumahan armada estate utara sebanyak 59,51% dan di armada estate selatan sebesar 10,89%. Sedangkan di perumahan Depkes penurunan presentase kehilangan air adalah sebesar 10,91%.

### SARAN

Guna menekan besarnya kehilangan air yang terjadi pada daerah studi maka dapat

diambil langkah-langkah penanganan sebagai berikut:

1. Melakukan investigasi terhadap pipa – pipa yang bocor
2. Melakukan penggantian terhadap pipa – pipa yang sudah tua dan rusak atau bocor.
3. Partisipasi masyarakat dalam melaporkan terjadinya kebocoran, sehingga dapat dilakukan tindakan dengan tepat dan cepat.

## **DAFTAR PUSTAKA**

- A.C. Twort, B.Sc. 1963. *A Textbook Of Water Supply*. Edward Arnold, Ltd : London
- Al-Layla, M Anis. 1978. *Water Supply Engineering Design*, 3<sup>rd</sup> Edition, Ann Arbor Science Publishers, Inc., Michigan, USA.
- Anonim. 2008. *Strategi Penanganan Kebocoran*.  
<http://www.pdambandarmasih.com/forumpdam>
- Departemen Kimpraswil. 2003. *Pedoman/Petunjuk Teknik dan Manual: Air Minum Perkotaan Bagian:6 (Volume I)*. Balitbang.Jakarta.
- Departemen Kimpraswil. 2003. *Pedoman/Petunjuk Teknik dan Manual: Air Minum Perkotaan Bagian:6 (Volume II)*. Balitbang.Jakarta.
- Departemen Kimpraswil.2003. *Pedoman/Petunjuk Teknik dan Manual: Air Minum Perkotaan Bagian:6 (Volume IV)*. Balitbang.Jakarta.
- Departemen Kimpraswil. 2003. *Metode, Spesifikasi dan Tata Cara : Air Bersih Bagian:6*. Balitbang.Jakarta.
- Fair, Geyer & Okun. 1966. *Water and Wastewater Engineering*. Vol II. John Wiley and Sons, Inc. New York.
- Hunaidi, Osama, dkk. 2000. *Detecting Leaks in Water Distribution Pipes*, Construction Technology Update No. 40
- Mc.Ghee, Terence J. 1991. *Water Supply and Sewerage 6th edition*. McGraw-Hill, Inc : Singapura
- Peavy, Howard S et.al. 1985. *Environmental Engineering* . McGraw-Hill, Inc : Singapura.
- Triatmodjo, Bambang. 1995. *Hidraulika II*. Beta Offset. Yogyakarta.