

JURNAL

**ANALISIS TINGKAT KEHILANGAN AIR PADA PERUSAHAAN
DAERAH (PERUMDA) TIRTA ALAMI KABUPATEN TANAH DATAR**

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Sipil Strata Satu (S1)



Oleh :
Desril Candra
20180052

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA BARAT
2024

HALAMAN PENGESAHAN

**ANALISIS TINGKAT KEHILANGAN AIR PADA PERUSAHAAN
DAERAH (PERUMDA) TIRTA ALAMI KABUPATEN TANAH DATAR**

Oleh :

Desril Candra

20180052

Dosen Pembimbing I,

Dosen Pembimbing II,



DR. ENG. IR. MASRIL, S.T., M.T

NIDN. 1005057407



IR. DEDDY KURNIAWAN, S.T., M.T

NIDN. 1022018303

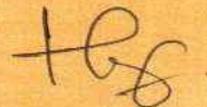
**Dekan Fakultas Teknik
UM Sumatera Barat,**

**Ketua Program Studi
Teknik Sipil**



DR. ENG. IR. MASRIL, S.T., M.T

NIDN. 1005057407



HELGA YERMADONA, S.Pd, M.T

NIDN. 1013098502

LEMBAR PERSETUJUAN TIM PENGUJI

Jurnal ini telah dipertahankan dan disempurnakan berdasarkan masukan dan koreksi Tim Penguji pada ujian tertutup tanggal 22 Agustus 2024 di Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat

Bukittinggi, 22 Agustus 2024
Mahasiswa



Desril Candra
20180052

Disetujui Tim Penguji Jurnal tanggal 22 Agustus 2024:

1. DR. ENG. IR. Masril, S.T., M.T
2. IR. Deddy Kurniawan, S.T., M.T.
3. IR. Zuheldi, S.T., M.T.:
4. Helga Yermadona, S.PD., M.T.

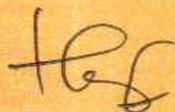
1. 

2. 

3. 

4. 

Mengetahui
Ketua Program Studi
Teknik Sipil



Helga Yermadona, S.Pd, M.T

NIDN : 1013098502

**ANALISIS TINGKAT KEHILANGAN AIR PADA PERUSAHAAN DAERAH (PERUMDA)
TIRTA ALAMI KABUPATEN TANAH DATAR**

DESRI L CANDRA¹, MASRI L², DEDI KURNIAWAN³
Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat
desril.c@gmail.com¹

DOI: <http://dx.doi.org/10.31869/rtj.v7i2.5472>

Abstrak: *Perumda Tirta Alami, Tanah Datar Regency is trying to improve the drinking water supply system. With efforts to reduce physical water loss. The current percentage of water loss (Non Revenue Water) in the Tirta Alami Regional Company (PERUMDA) drinking water supply system is 40.2%. This is of course below the tolerance standard for PDAM clean water leakage rates nationally according to Minister of Public Works Regulation Number 20/PRT/M/2006, namely a maximum water loss of 20%. Of course, achieving this target is not easy, because in reality analyzing the number of physical leaks in the drinking water supply system is difficult to carry out. The aim of this research is to analyze, develop and determine a strategy for reducing drinking water losses in the PERUMDA Tirta Alami distribution system, Tanah Datar Regency by carrying out analysis on technical aspects using the steptest method. This method is faster and more effective in determining priority areas to look for leak points. The steptest is carried out by installing a portable flow meter on the inlet pipe to record water flow. Then the valves in each section are closed systematically and sequentially. With this method, it will be known for certain which sections are indicated to have the highest water loss. The result of this research is to analyze the reduction in the leak rate from 40.2% to 30.61% by looking for leaks in predetermined zone sections.*

Abstrak: Perumda Tirta Alami Kabupaten Tanah Datar berusaha untuk meningkatkan sistem penyediaan air minum. Dengan upaya menurunkan kehilangan air secara fisik. Persentase kehilangan air saat ini dalam sistem penyediaan air minum Perumda Tirta Alami adalah sebesar 40.2%. Hal tersebut di bawah standar toleransi angka kebocoran air bersih PDAM secara nasional menurut Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 20/PRT/M/2006, yaitu kehilangan air maksimal 20%. Untuk mencapai target tersebut tidaklah mudah, karena analisis jumlah kebocoran fisik di sistem penyediaan air minum sulit untuk dilakukan. Tujuan dari penelitian ini menganalisis, menyusun dan menetapkan strategi penurunan kehilangan air minum di sistem distribusi Perumda Tirta Alami dengan melakukan analisis pada aspek teknis dengan menggunakan metode steptest yaitu teknik untuk mencari lokasi dengan jumlah kehilangan air terbesar di dalam sebuah area. Cara ini lebih cepat dan efektif dalam menentukan area prioritas yang akan dicari titik bocornya. Steptest dilakukan dengan memasang flow meter portable pada pipa inlet untuk merekam aliran air. Kemudian valve di setiap ruas ditutup secara sistematis dan berurutan. Dengan metode ini, akan diketahui dengan pasti ruas mana yang terindikasi kehilangan airnya tertinggi. Hasil dari penelitian ini adalah menganalisis penurunan tingkat kebocoran dari 40,2% menjadi 30,61% dengan mencari kebocoran pada ruas zona yang telah ditentukan

Kata kunci : *Sistem distribusi, tingkat kebocoran pipa*

A. Pendahuluan

Semakin berkembangnya Kabupaten Tanah Datar tentunya memicu pertambahan jumlah penduduk dan mengakibatkan meningkatnya kebutuhan air minum. Kabupaten Tanah Datar yang memiliki jumlah penduduk wilayah administratif sebesar 251.775 jiwa tersebar di 14 Kecamatan terdiri dari 75 nagari (Disdukcapil 2010) Penyediaan air bersih diperoleh dari Berbagai Sumber mata air Kiambang, Seruni Minang, Silabuak, Simpang Cancang, Sungai Maruok, Kedataran, Pincuran bungo, Sitakuak, Batu Bosa, Aie Tabik, Gunung Kaciak, Koto Hiliang, Bawah Burai, Minang Tanjung

Pemenuhan air bersih masyarakat Kabupaten Tanah Datar juga dikelola oleh PERUMDA Tirta Alami. Sebagian besar pelanggan PERUMDA Tirta Alami berada di wilayah Kecamatan Lima Kaum, Kecamatan Tanjung Emas, dan Kecamatan Sungai Tarab. Jumlah pelanggan yang membutuhkan suplai air bersih meningkat setiap tahunnya. Hal ini tidak bisa dihindari karena jumlah penduduk Kabupaten Tanah Datar terus menerus bertambah dan sektor usaha yang terus berkembang setiap tahunnya khusus untuk Wilayah Kecamatan Lima Kaum yang merupakan pusat dari ibukota kabupaten Tanah Datar terdapat sebuah Perguruan Tinggi Negeri yang sudah beralih Status dari IAIN Menjadi UIN Mahmud Yunus Batusangkar yang tentu pertumbuhan ekonominya makin meningkat dengan bertambahnya jumlah mahasiswa yang datang berkuliah. Sampai saat ini Pelayanan Air Minum yang dikelola oleh PDAM di Kabupaten Tanah Datar baru mencapai pelayanan/Sambungan Rumah (SR) sebesar 20,04% dari jumlah penduduk.

Perusahaan Daerah (PERUMDA) Tirta Alami merupakan kelanjutan dari Badan Pengelola Air Minum (BPAM) yang dibentuk dengan Surat Keputusan 102/KPTS/CK/1981 tanggal 10 Nopember 1981 dengan tujuan memberikan pelayanan pada penduduk Kota Batusangkar yang dalam menjalankan usahanya berdasarkan prinsip-prinsip ekonomi perusahaan tanpa meninggalkan fungsi sosialnya.

Pada Tahun 1987, berdasarkan Peraturan Pemerintah Nomor 14 Tahun 1987 tentang Penyerahan Sebagian Urusan Pemerintah di Bidang Pekerjaan Umum Kepada Daerah dan serta adanya Reformasi Otonomi Daerah, maka Pengelolaan Air Minum di kembalikan ke daerah Propinsi Kabupaten dan/atau Kota. Sehingga, berdasarkan Peraturan Daerah Kabupaten Daerah Tingkat II Tanah Datar Nomor 01 Tahun 1987 tentang Perusahaan Daerah Air Minum Kabupaten Daerah Tingkat II Tanah Datar tanggal 24 Januari 1987, pengelolaan sarana air bersih yang semula dikelola oleh BPAM kota Batusangkar berubah status menjadi Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) Kabupaten Tanah Datar.

Perusahaan Daerah (PERUMDA) Tirta Alami Kabupaten Tanah Datar pada bulan Juli 2017 telah memproduksi air sebesar 172.692,00 m³ sedangkan air yang tidak dapat dipertanggung jawabkan sebesar 85.827,92 m³, persentase kehilangan air (*Non Revenue Water*) saat ini dalam sistem penyediaan air minum PERUMDA Tirta Alami adalah sebesar 40,7%. Hal tersebut tentunya sudah di bawah standar toleransi angka kebocoran air bersih PDAM secara nasional menurut Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 20/PRT/M/2006, yaitu kehilangan air maksimal 20%. Tentunya untuk mencapai target tersebut tidaklah mudah, karena pada kenyataannya analisis jumlah kebocoran fisik di sistem penyediaan air minum sulit untuk dilakukan.

Beberapa PDAM memiliki tingkat kehilangan air hanya sekitar 20% bahkan kurang, akan tetapi banyak juga PDAM yang tingkat kebocorannya mencapai 60% atau lebih. Menurut data resmi Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, rata-rata kehilangan air di Indonesia mencapai sekitar 37%. Apabila dihitung, peluang pendapatan yang hilang berdasarkan harga air rata-rata saat itu (Rp 1.900 per m³),

sedangkan produksi +/- 130.000 l/dtk, maka kehilangan air fisik senilai dengan Rp 2 miliar, sedangkan kehilangan air komersial senilai Rp 0.9 Milyar, dalam setahun. Secara total, kerugian mencapai 2.9 Milyar rupiah pertahun (BPPSPAM, 2018).

Besarnya nilai pembiayaan kerugian akibat kehilangan air tersebut merupakan alasan yang sangat kuat mengapa harus dilakukan berbagai upaya untuk menurunkan tingkat kehilangan air di Indonesia. Di samping itu, menurunkan kehilangan air berarti bertambahnya pendapatan bagi PERUMDA.

Program penurunan kehilangan air mensyaratkan perbaikan manajemen diseluruh aspek. Oleh karena itu selain aspek teknis dan aspek pembiayaan perlu dilakukan pula perbaikan dalam aspek kelembagaan. Untuk memenuhi tuntutan target penurunan persentase kehilangan air, maka diperlukan suatu strategi peningkatan kinerja, sumber daya manusia, serta komitmen manajemen dan staf. Indikator penilaian peningkatan kinerja di perusahaan umumnya meliputi empat kelompok yaitu hasil kerja yang berhubungan dengan keuntungan perusahaan, kemampuan karyawan,

pelayanan pelanggan, dan peningkatan karyawan (Amstrong, 1998 dan Mc.Clelland dalam Cira dan Benjamin,1998). Penurunan kehilangan air bukanlah pekerjaan yang dapat selesai 1 sampai dengan 2 tahun, melainkan pekerjaan yang harus dilakukan secara terus menerus. Maka sebaiknya dibentuk unit khusus untuk tim penurunan kehilangan air yang merupakan bagian resmi dari struktur organisasi PDAM (BPPSPAM, 2008). Keberhasilan dalam pencapaian target penurunan tingkat kehilangan air bersih di Kabupaten Tanah Datar tergantung dari upaya-upaya perbaikan mekanisme perencanaan, pelaksanaan, dan pengendalian program. Selain itu penyediaan bantuan teknis atau sejenisnya ditingkat kabupaten, kecamatan, dan bahkan desa sangat diperlukan, guna meningkatkan kemudahan bagi masyarakat melakukan konsultasi teknis, serta mendapatkan informasi tentang program prasarana dan sarana air minum dan penyehatan lingkungan.

B. Metodologi Penelitian

Dalam penelitian ini dipakai 2 (dua) metode yaitu metode survey dan metode deskriptif dengan pendekatan penelitian menggunakan studi kasus. Metode survey dilakukan dengan melakukan pengamatan di lapangan untuk mengetahui berapa besar kehilangan air yang ada di PDAM Tirta Alami Kabupaten Tanah Datar. Sedangkan metode kasus adalah menggambarkan kondisi eksisting sistem jaringan distribusi air minum pada wilayah Kabupaten Tanah Datar. Gambaran yang diberikan menyangkut kapasitas pengolahan dan distribusi, kondisi pengolahan dan jaringan pipa distribusi serta beberapa aspek teknis lainnya yang berkaitan dengan kehilangan air pada PERUMDA Tirta Alami Kabupaten Tanah Datar.

Secara garis besar tahapan proses penelitian yang telah dilaksanakan adalah sebagai berikut:

1. Merumuskan latar belakang
2. Mengidentifikasi masalah
3. Mengidentifikasi tujuan penelitian
4. Mengumpulkan data primer dan sekunder
 - a) Data primer diperoleh dari hasil kunjungan lapangan dengan melakukan survey kehilangan air, pengecekan kondisi pipa, dan lain-lain.
 - b) Data sekunder berupa data yang diperoleh dari instansi terkait antara lain data kapasitas produksi air baku dan kapasitas produksi eksisting Perumda Tirta Alami Kabupaten Tanah Datar
5. Menganalisa data yang di peroleh.

Kegiatan pengumpulan data bertujuan untuk mengumpulkan data- data yang digunakan dalam penelitian ini. Berdasarkan cara perolehan datanya, pengumpulan data dibagi menjadi dua yaitu data primer dan data sekunder. Data primer didapatkan dari pengumpulan langsung dengan cara survey di lapangan. Data sekunder didapatkan dengan cara bekerja sama dengan pihak PERUMDA Tirta Alami Kabupaten Tanah Datar.

Berikut adalah beberapa cara pengumpulan data :

1. Data Primer

Pengumpulan data primer dilakukan dengan survey langsung di lapangan. Survey lapangan untuk mencari kehilangan air serta memetakan area kebocoran air mulai dari unit pengolahan hingga unit distribusi dengan menggunakan metode *steptest* dan menggunakan alat *flow meter portable*.

a) Metode *Steptest*

Steptest adalah teknik untuk mencari lokasi atau area dengan jumlah kehilangan air terbesar di dalam sebuah area. Cara ini lebih cepat dan efektif dalam menentukan area prioritas yang akan dicari titik bocornya. *Steptest* dilakukan dengan memasang *flow meter portable* pada pipa inlet untuk merekam aliran air. Kemudian valve di setiap ruas ditutup secara sistematis dan berurutan. Dengan metode ini, akan diketahui dengan pasti ruas mana yang terindikasi kehilangan air tertinggi. Sebelum melakukan metode ini harus dipastikan bahwa setiap jalur

perpipaan yang akan dilakukan *steptest* sudah terisolasi sempurna atau tidak terhubung dengan jalur yang lain. Sehingga dalam satu jalur hanya terdapat satu inlet saja. Untuk melakukan *steptest* diperlukan *valve* skenario *steptest*, blanko *steptest*, dan skematik *steptest Valve* skenario *steptest* ini berfungsi untuk melokalisir area kebocoran di dalam ruas jalur pada saat *steptest* berlangsung. Contoh blanko *steptest* dapat dilihat pada Tabel 3.1 Pada setiap jalur telah terpasang *flow meter portable (ultrasonic flow meter)* di pipa inlet jalur yang akan dilakukan *steptest* untuk merekam aliran air, kemudian *valve* di setiap ruas di dalam DMA ditutup secara sistematis dan berurutan. Pada setiap jalur telah terpasang *flow meter portable (ultrasonic flow meter)* di pipa inlet jalur yang akan dilakukan *steptest* untuk merekam aliran air, kemudian *valve* di setiap ruas di dalam DMA ditutup secara sistematis dan berurutan. Dengan metode ini akan diketahui ruas yang memiliki indikasi kehilangan air tertinggi.

Dalam blanko *steptest* simbol O adalah Open dan C adalah Close, sedangkan dSR adalah jumlah sambungan rumah atau *output* pada step tersebut. Cara menghitung kehilangan air pada blanko tersebut adalah debit (step 1) dikurangi dengan debit (step mulai). Pada kolom dQ/dSR digunakan untuk mengetahui kelas bocor dengan klasifikasi rendah/średang/tinggi. Kelas rendah adalah dQ/dSR yang berkisar antara 0,001-0,0049. *Valve* skenario *steptest* ini berfungsi untuk melokalisir area kebocoran di dalam ruas jalur pada saat *steptest* berlangsung. Contoh blanko *steptest* dapat dilihat pada Tabel 3.1 Pada setiap jalur telah terpasang *flow meter portable (ultrasonic flow meter)* di pipa inlet jalur yang akan dilakukan *steptest* untuk merekam aliran air, kemudian *valve* di setiap ruas di dalam DMA ditutup secara sistematis dan berurutan. Dengan metode ini akan diketahui ruas yang memiliki indikasi kehilangan air tertinggi.

Dalam blanko *steptest* simbol O adalah Open dan C adalah Close, sedangkan dSR adalah jumlah sambungan rumah atau *output* pada step tersebut. Cara menghitung kehilangan air pada blanko tersebut adalah debit (step 1) dikurangi dengan debit (step mulai). Pada kolom dQ/dSR digunakan untuk mengetahui kelas bocor dengan klasifikasi rendah/średang/tinggi. Kelas rendah adalah dQ/dSR yang berkisar antara 0,001-0,0049.

C. Hasil dan Pembahasan

Hasil *steptest* dengan klasifikasi kelas bocor tinggi, dapat kita peroleh bahwa ruas pipa dengan kebocoran tertinggi dikelasnya terdapat di zona 2, ruas 4, dengan panjang pipa 265,73 m, kehilangan air mencapai 1,46 l/dtk dengan sambungan rumah berjumlah 9 SR, sehingga nilai dQ/dSR mencapai 0,1622. Sedangkan ruas pipa dengan kebocoran terendah dikelasnya terdapat di zona 2, ruas 7, dengan panjang pipa 273,84 m, Kehilangan air mencapai 0,18 l/dtk dengan sambungan rumah berjumlah 16 SR, sehingga nilai dQ/dSR mencapai 0,0133.

Hasil *steptest* dengan klasifikasi kelas bocor rendah, dapat kita peroleh bahwa ruas pipa dengan kebocoran tertinggi dikelasnya terdapat di zona 3, ruas inlet, dengan panjang pipa 162,56 m, kehilangan air mencapai 0,01 l/dtk dengan sambungan rumah berjumlah 3 SR, sehingga nilai dQ/dSR sebesar 0,0033. Sedangkan ruas pipa dengan kebocoran terendah dikelasnya terdapat di zona 1 dan 2, ruas inlet, dengan panjang pipa zona 1 adalah 252,18 m, kehilangan air 0,00 l/dtk dengan sambungan rumah berjumlah 4 SR, nilai dQ/dSR 0,00. Sedangkan panjang pipa zona 2 adalah 283,84 m, kehilangan air 0,00 l/dtk dengan sambungan rumah berjumlah 1 SR, nilai dQ/dSR 0,00.

Jumlah total kehilangan air sebesar 0,14 l/dtk dengan sambungan rumah sebanyak 72 SR, total kehilangan selama 1 bulan adalah 196,56 m³.

Ruas pipa yang mengalami kebocoran rendah berjumlah 7 ruas dengan panjang total 2.068,94 m.

Seperti yang telah dibahas sebelumnya, beberapa faktor utama penyebab kebocoran pipa adalah sebagai berikut :

1. Kualitas material yang digunakan kurang baik

2. Pekerjaan pemasangan pipa kurang baik
3. Pekerjaan galian dan penimbunan kembali pipa tidak memenuhi syarat
4. Tekanan air pada sistem jaringan pipa terlalu tinggi
5. Umur material telah melewati batas umur teknisnya

Selain faktor-faktor di atas, kondisi jaringan pipa distribusi pada PERUMDA Tirta Alami juga dipengaruhi oleh beberapa faktor lainnya, yaitu :

1. PERUMDA Tirta Alami tidak pernah melakukan perawatan dan pengecekan secara berkala terhadap jaringan pipa distribusi sehingga pihak PERUMDA Tirta Alami tidak mengetahui kondisi jaringan pipa distribusi.
2. Perawatan hanya dilakukan pada bagian atau titik kebocoran yang bersifat semburan ke permukaan.
3. Kualitas air menjadi salah satu penyebab kebocoran, jika kualitas air terlalu banyak endapan, maka pada saat jam tidak beroperasi, endapan lama kelamaan akan mengumpul di ruas pipa, sehingga mengakibatkan tekanan air terlalu tinggi sehingga melewati batas maksimal tekanan pada pipa, ditambah lagi umur pipa pada jaringan Perumda Tirta Alami rata-rata di atas 10 tahun.
4. Jaringan pipa distribusi Perumda Tirta Alami rata-rata berada di bahu jalan, seiring dengan perkembangan infrastruktur jalan ataupun drainase, jaringan pipa yang berada di bawah pengembangan infrastruktur sangat rentan dengan kebocoran.
5. *Water hummer* dapat juga menjadi penyebab rusaknya jaringan pipa distribusi Perumda Tirta Alami, *Water hummer* adalah terjadinya lonjakan air atau tekanan secara tiba-tiba disebabkan matinya aliran listrik sehingga aliran air terhenti dan kemudian menghidupkan kembali mesin pompa tanpa mengatur tekanan terlebih dahulu.

PERUMDA Tirta Alami dapat memproduksi air sebesar 123,00 l/dtk, sesuai dengan kapasitas pompa distribusi yang terdapat pada PERUMDA Tirta Alami, jumlah kapasitas air yang didistribusikan selama 1 bulan adalah 172.692,00 m³, dengan tingkat kehilangan air sebesar 49,7% atau sebesar 85.827,92 m³

Tingkat kebocoran pipa pada zona 1, zona 2, dan zona 3 sebesar 7,48 l/dtk dengan total kehilangan air selama 1 bulan sebesar 10.501,92 m³, jika kebocoran pipa dapat diatasi pada semua ruas di zona 1, zona 2, dan zona 3, maka PDAM Tirta Alami dapat menekan tingkat kehilangan air sebesar 6,08%, dengan total persentase kehilangan air secara keseluruhan menjadi 43,61%.

D. Penutup

Berdasarkan analisis yang telah dilakukan terhadap aspek teknis, maka dapat ditarik kesimpulan yaitu:

Unit pengolahan

1. Instalasi Pengolahan Air yang digunakan belum pernah di rehab sehingga mempengaruhi kualitas air yang di olah menjadi tidak maksimal dikarenakan pengendapan sedimentasi yang tinggi.
2. Kondisi reservoir belum pernah direhab
3. Pipa distribusi dari intake ke reservoir dalam keadaan baik

Unit distribusi

1. Belum adanya pembagian wilayah sambungan rumah atau *District Meter Area* (DMA) yang baku, sehingga sangat menyulitkan Perumda Tirta Alami untuk menemukan kebocoran pipa distribusi.
2. Jalur pipa yang terpasang masih tumpang tindih
3. Masih banyak ruas pipa distribusi yang mengalami kebocoran

Daftar Pustaka

- Al Layla, M.A., Ahmad S., and Middlebrooks, E.J. 1978. *Water supply Engineering Design*. Michigan: Ann Arbor Science.
- Badan Pendukung Pengembangan Sistem Penyediaan Air Minum (BPPSPAM). 2013. *Pedoman Penurunan Non Revenue Water (NRW) atau Air Tak Berekening (ATR)*. Jakarta: Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.
- Cira, DJ. dan ER Benjamin, 1998. *Competency_BasedPay: A Concept in Evolution. Compensation and Benefits Review*.
- Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah (Depkimpraswil). 2003. *Kebijakan Nasional Pembangunan Air Minum dan Penyehatan Lingkungan Berbasis Masyarakat*. Jakarta: Bappenas.
- Ditjen Tata Perkotaan dan Tata Pedesaan, Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah. 2004. *Standard Pelayanan Bidang Air Minum*. Jakarta : Departemen PU.
- Dinas Kependudukan dan Pencatatan Sipil Kabupaten Tanah Datar. *Laporan Pertambahan Penduduk Kabupaten*
- Dempo, M. 2011. *Strategi Peningkatan Kinerja Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) Tirta Lematang Kabupaten Lahat*. Surabaya: Tesis Jurusan Teknik Lingkungan Institut Sepuluh Nopember.
- Saparina Widi. 2017. *Penurunan Kehilangan Air di Sistem Distribusi Air Minum PDAM Kota Malang*. Surabaya : Tesis Jurusan Teknik Lingkungan Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Departemen Kimpraswil. 2001. *Kebijakan Operasional*. Jakarta: Departemen Kimpraswil.
- Dirjen Cipta Karya. 2009. *Pedoman Pengelolaan Program Pamsimas*. Jakarta: Departemen PU.
- Farley, M., Wyeth, G., Ghazali, Z., Istandar, A., Singh, S. 2008. *The Managers Non Revenue Water Handbook: A Guide To Understanding Water Losses*. USAID
- Frauendorfer, R., & Liemberger, R. 2010. *The Issues and Challenges of Reducing Non-Revenue Water*. Philippines. Asian Development Bank.
- Harold, E., Babbit, D. 1949. *Water Supply Engineering*. Netherland: McGraw-Hill Company.
- Hunaidi, O. 2000. *Detecting Leaks in Water-Distribution Pipes*. National Reasearch Council of Canada.
- Hunaidi, O., Wang, A. 2006. *A New System For Locating Leaks In Urban Water Distribut*