

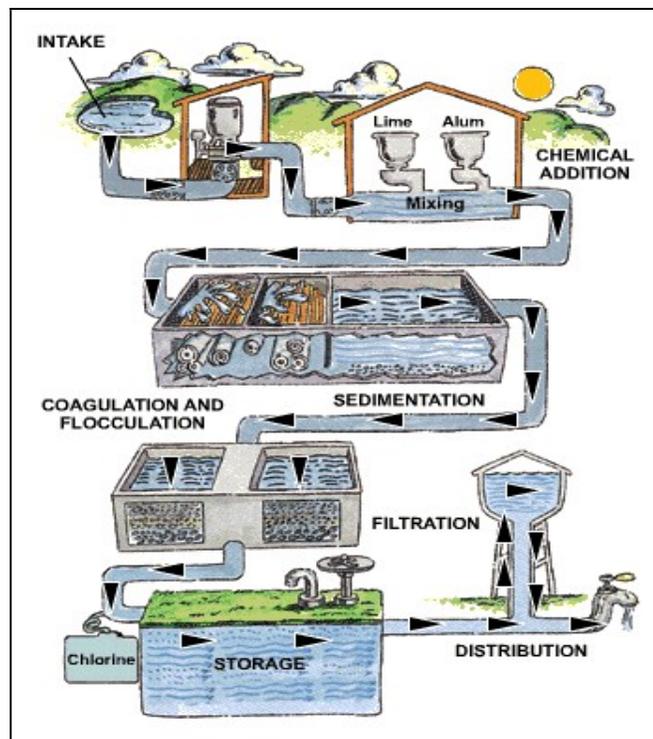
BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sistem Penyediaan Air Bersih

Sistem Penyediaan Air Bersih (SPAB) terdiri dari beberapa sistem dan sub sistem serta komponen atau elemen sistem yaitu, sumber air baku, sistem pengolahan air (IPA), sistem transmisi, dan sistem distribusi. Dalam masing-masing komponen sistem dapat terdiri dari beberapa sub-sistem atau elemen sistem. Seperti digambarkan dibawah ini.

Gambar 2.1 Sistem Pengolahan Air Minum



Dalam diagram diatas dilukiskan suatu SPAB yang terdiri dari sumber air baku berupa sungai, sistem pengolahan air, dan sistem distribusi. Air baku dialirkan ke sistem IPA melalui pipa transmisi air baku. Sistem Pengolahan

Air (IPA) terdiri dari satuan operasi dan satuan proses yang mencakup unit penyaringan (*screening*), unit pre-sedimentasi, unit koagulasi dan flokuasi, unit sedimentasi, unit filtrasi, unit desinfeksi, unit reservoir, dan sistem penunjang dalam bentuk unit pembunuh bahan kimia, sistem pompa pembunuh dan sebagainya.

Rangkaian sistem pengolahan air atau konfigurasi sistem pengolahan air terdiri dari satu atau beberapa rangkaian proses pengolahan. Secara umum, rangkaian pengolahan air didefinisikan sebagai urutan-urutan beberapa proses pengolahan yang diperlukan untuk memisahkan material tertentu sebagai sasaran pengolahan air yang dimaksudkan. Apabila proses pengolahan air tersebut ditujukan untuk memisahkan beberapa sasaran material, maka dengan demikian, rangkaian proses pengolahan air mungkin akan terdiri dari beberapa proses yang masing-masing dirancang untuk dapat memisahkan material tertentu. Untuk mengembangkan suatu konfigurasi sistem pengolahan air yang sistematis, maka dalam hal ini diklasifikasikan sasaran-sasaran pengolahan sesuai ukuran material-material yang akan dipisahkan. Sebagai contoh, jika material yang akan dipisahkan berupa material tersuspensi (*suspended materials*, misalnya parameter kekeruhan), maka sasaran pengolahan akan diklasifikasikan sebagai “pemisah material tersuspensi” (*suspended particulate removal*). Bilamana material yang akan dipisahkan berupa material terlarut (*dissolved materials*, misalnya parameter Fe dan Mn), maka sasaran pengolahan akan diklasifikasikan sebagai “pemisah material terlarut”. (Edison, Sutarto, 2010).

2.2 Sistem Jaringan Pipa

2.2.1 Sistem Cabang

Sistem ini merupakan sistem jaringan perpipaan dimana pengaliran air hanya menuju ke satu arah saja dan terdapat titik akhir yang merupakan ujung pipa. Sistem ini biasanya digunakan pada daerah dengan sifat – sifat sebagai berikut :

- a. Perkembangan kota dengan arah memanjang
- b. Sarana jaringan jalan tidak saling berhubungan.
- c. Keadaan topografi dengan kemiringan medan yang menuju satu arah.

Keuntungan sistem ini adalah

- a. Sederhana dalam perhitungan dimensi pipa yang dipakai
- b. Pemasangan pipa lebih mudah
- c. Penggunaan pipa lebih sedikit, karena pipa distribusinya hanya dipasang pada daerah yang paling padat penduduknya.
- d. Tekanan air bersih relatif lebih tinggi.

Kelemahan sistem ini adalah :

- a. Kemungkinan terjadi penimbunan kotoran dan pengendapan di ujung pipa tidak dapat dihindari. Sehingga diperlukan pembersihan intensif untuk mencegah timbulnya bau.
- b. Bila terjadi kerusakan atau kebakaran pada suatu bagian sistem maka akan mengganggu distribusi untuk bagian yang lain.
- c. Kemungkinan tekanan air yang diperlukan tidak cukup jika ada sambungan baru.
- d. Keseimbangan pengaliran air dalam pipa kurang terjamin.

2.2.2 Sistem *loop* (melingkar, tertutup)

Pada sistem ini jaringan pipa induk saling berhubungan satu dengan yang lain membentuk lingkaran – lingkaran, sehingga pada pipa induk tidak ada titik mati. Sistem ini diterapkan pada :

- a. Daerah dengan jaringan jalan yang saling berhubungan.
- b. Daerah yang perkembangan cenderung ke segala arah.
- c. Keadaan topografi yang relatif datar.

Keuntungan sistem ini adalah :

- a. Kemungkinan terjadinya penimbunan kotoran dan pengendapan dapat dihindari (tidak ada *dead end*).
- b. Keseimbangan pengaliran air mudah tercapai, distribusi merata.
- c. Jika ada kerusakan pada suatu bagian sistem, maka distribusi air untuk bagian lain tidak terganggu karena disuplai dari bagian lain.

Kelemahan sistem ini adalah :

- a. Sistem perpipaan rumit dan kompleks.
- b. Perlengkapan pipa yang digunakan sangat banyak jumlah dan macamnya.
- c. Tekanan air relatif rendah dan fluktuatif.
- d. Rumit dalam perhitungan

2.2.3 Sistem Grid (Petak)

Pada sistem ujung-ujung pipa disambungkan satu sama lain, sistem ini lebih baik dari sistem pipa bercabang, Karena sirkulasinya lebih baik dan kecil kemungkinan menjadi tertutup.

Keuntungan sistem ini adalah :

- a. Sirkulasi air baik.
- b. Pipa sulit tersumbat apabila terdapat kebocoran, karena air di dalam pipa terus mengalir dan selalu terjadi pergantian air sehingga sulit terjadi pengendapan.

Kerugian sistem ini adalah :

- a. Agak sulit dalam pelaksanaannya, karena pada akhir sambungan terdapat dua sambungan yang saling terbalik arah ataupun membuka.
- b. Tidak ekonomis, karena banyak menggunakan sambungan – sambungan.

2.3 Penyebab Pipa Pecah dan Kebocoran

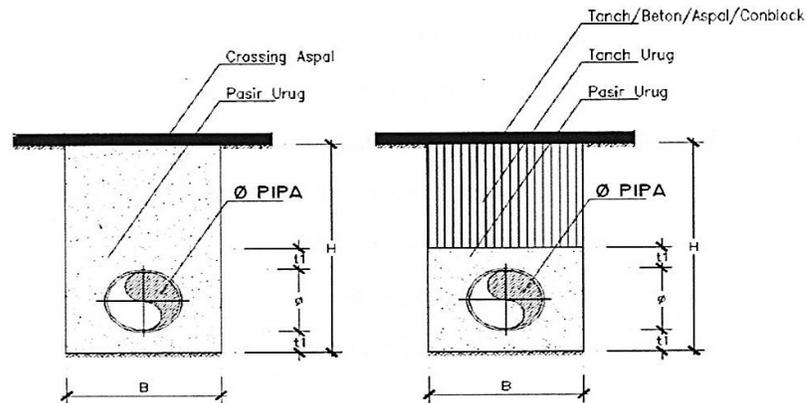
Tidak mungkin dapat menyusun program perbaikan penurunan kebocoran air tanpa mengetahui penyebab utama pecahnya pipa atau kebocoran tersebut. Karena seringkali suatu kebocoran tersebut disebabkan oleh masalah yang cukup rumit, sebagai contoh, suatu pipa pecah akibat beban luar yang berlebihan sehinggalah titik pecahnya berada pada lapisan tanah yang dalam dan berupa bongkahan tanah liat. Atau juga kebocoran disebabkan oleh pukulan air (water hammer) yang terlalu besar sehinggalah mengakibatkan kebocoran pada suatu sambungan atau bend yang dipasang tidak terlalu kuat pada saat pengoneksian.

Mengetahui penyebab pecahnya pipa atau kebocoran yang pernah terjadi sangat penting dalam memutuskan strategi untuk mengatasi kebocoran tersebut. Kebocoran akibat korosi akan memerlukan proteksi katode atau penggantian dengan pipa tahan terhadap korosi, atau dilakukan perubahan dalam proses pengolahan air, sementara itu pipa yang rusak dalam pengangkutan dapat diganti secara langsung dengan mudah tidak sesulit kasus pertama diatas. Pipa pecah atau kebocoran biasanya terjadi beberapa saat setelah pemasangan, ini menunjukkan bahwa kemungkinan ada kerusakan manufaktur, pipa rusak selama pengangkutan, atau pipa diletakan tidak benar. Dalam hal semacam ini seorang pengawas pekerjaan harus dengan hati-hati mengawasi setiap tahapan prosedur pemasangan pipa dan mengadakan pengujian kebocoran pipa. Pertapingan dengan cara yang tidak benar, tidak

menggunakan tapping saddle pada pipa yang ketebalan dindingnya tipis dapat menyebabkan kebocoran pada titik tapping tersebut. Pada umumnya pabrikan menspesifikasikan minimum ketebalan pipa dan diameternya yang diperbolehkan ditapping tanpa menggunakan saddle. Tanpa memperhatikan spesifikasi tersebut dapat mengakibatkan kebocoran pipa.

Dalam pemasanganya PDAM Prabujaya Prabumulih memiliki standar galian sendiri untuk masing-masing diameter pipa, yang telah dibakukan oleh bagian tim perencanaan. Standar galian ini sangat penting untuk menghindari terjadinya kebocoran pipa. Pelapisan pasir dan pengurukan tanah yang salah dapat menyebabkan kebocoran karena beban luar pada pipa tidak dapat terdistribusi secara merata sebagaimana dihitung pada saat perencanaan. Batu dan bongkahan tanah keras dalam lapisan tanah urug biasanya merupakan penyebab masalah tersebut. Bilamana kebocoran seperti ini terjadi, pelapisan tanah urug pada titik pecahnya pipa harus diteliti apakah memenuhi standar atau tidak. Pada kasus lainya, meskipun pelapisan pasir pada pipa telah memenuhi standar, seringkali lapisan pasir tersebut hilang akibat terjadinya pancaran kebocoran air pada sambungan-sambungan pipa. Bilamana lapisan pasirnya hilang, pipa tidak lagi mendapatkan daya dukung yang cukup terhadap beban luar sehingga mengakibatkan pipa pecah.

Gambar 2.2. Standar Galian Pemasangan Pipa



(Sumber : PDAM Prabujaya, 2014)

Tabel 2.1. Standar Galian Pemasangan Pipa

No	Dimensi Galian						V pipa
	Ø (m)	H (m)	B (m)	t1 (m)	t2 (m)	t (m)	
1	0.900	2.20	1.10	0.15	0.15	—	0,63617
2	0.800	2.00	1.00	0.15	0.15	—	0,50265
3	0.700	1.80	0.90	0.15	0.15	—	0,38484
4	0.600	1.60	0.80	0.15	0.15	—	0,28274
5	0.500	1.40	0.70	0.15	0.15	—	0,19634
6	0.400	1.20	0.60	0.15	0.15	—	0,12566
7	0.315	1.10	0.50	0.15	0.15	—	0,07789
8	0.250	1.00	0.50	0.15	0.15	—	0,04906
9	0.200	1.00	0.40	0.15	0.15	—	0,03140
10	0.160	0.90	0.40	0.15	0.15	—	0,02010
11	0.110	0.80	0.30	0.15	0.15	—	0,00950
12	0.090	0.70	0.30	0.10	0.10	—	0,00636
13	0.063	0.60	0.30	0.05	0.05	—	0,00312

(Sumber : PDAM Prabujaya Prabumulih, 2014)

Kasus yang paling ekstrim terjadinya kerusakan lapisan pasir adalah apabila lapisan tersebut hilang karena digantikan dengan struktur atau pipa lain. Hal semacam ini sering dialami terutama daerah-daerah padat bangunan yang dalam hal ini pipa air bersih bersingungan dengan pipa air limbah, struktur jalan bawah tanah, pipa gas, pipa kabel listrik dan telephon, pondasi

bangunan dan jembatan. Perbaikan kondisi semacam ini mungkin harus dilakukan dengan cara menempatkan pipa air bersih tersebut ke dalam trench (saluran pelindung). Struktur-struktur bangunan baru di sekitar pipa dapat merubah beban luar yang harus ditahan oleh pipa. Kadang-kadang pipa pecah akibat peralatan struktur pada saat pembangunan berlangsung, kadang kala fondasi secara tidak sengaja terletak diatas pipa air, atau jalan baru pembangunan jalan baru diatasnya sehingga pipa mengalami beban yang diluar perhitungan semula. Kebocoran dan pecahnya pipa biasanya akan terlihat segera setelah kostruksi semacam itu selesai.

Beban luar pipa dapat berubah secara alami atau akibat aktivitas manusia. Tanah yang ekspansif juga membutuhkan pipa dengan kekuatan tertentu. Seringkali ditemukan, pipa pecah disekitar tanah longsor atau tanah anjlok/patah.

Water hammer kadang kala ditunjuk sebagai penyebab pecahnya pipa, akan tetapi sejauh pipa itu cukup kuat tidak akan bermasalah dengan water hammer apabila pipa tersebut tidak akan mengalami penurunan kualitas secara drastis akibat korosi. *Water hammer* lebih sering menyebabkan kebocoran pada sambungan-sambungan (*joint*) dekat belokan (*bends*) yang dalam hal ini pipa tidak dipasang cukup kuat. Kebocoran semacam ini sering terlihat saat-saat setelah terjadi pemadam kebakaran dengan hidrant air atau kejadian lainnya yang dalam hal ini *water hammer* telah terjadi. Kebocoran relatif besar pada sambungan-sambungan dalam areal tertentu merupakan indikasi perlunya *thrust block* atau penguat pipa tambahan lainnya seperti *tie rods* dan *joint clamps*.

Korosi adalah sumber penyebab bocornya pipa yang paling sering ditemukan pada jenis pipa metal. Metal cenderung akan kembali pada bentuk bijinya. Bilamana tanah dalam keadaan kering dan memiliki resistivitas tinggi, proses tersebut dapat diperlambat. Akan tetapi, tanah yang basah, dengan potensial redox tinggi dan resistivitas rendah, proses korosi akan berlangsung semakin cepat pada kondisi semacam itu. Proses korosi akan melepaskan elemen metal dari pipa, menghasilkan arang (karbon) pada pipa tersebut dalam

suatu proses yang dikenal graphitisasi (*graphitization*). Sehingga pipa akan terlihat seperti dalam keadaan normal saja, akan tetapi kenyataannya tidak sekuat sebelum terjadinya korosi (kropos).

Sementara korosi merupakan proses natural, akan tetapi dapat dipercepat dengan adanya arus listrik yang datang dari kabel *grounding* peralatan listrik menuju pipa air tersebut atau dari arus proteksi katode suatu pipa gas maupun struktur bangunan lainnya. Hanya karena arus searah (DC) yang besarnya hanya beberapa volt saja, dapat menyebabkan korosi suatu pipa setelah beberapa bulan atau beberapa tahun. Kontak dengan metal lain yang lebih pasif dapat mendorong proses galvanisasi (*galvanic action*) dan menghasilkan proses korosi cukup cepat. (Umaraeni, Salam A.Ejah, 2013)

2.4 Pengertian NRW

Tidak seluruh air yang diproduksi oleh perusahaan air dapat dijual kepada pelanggan atau bahkan dapat diukur melalui meter air pada titik pengambilannya. Istilah-istilah yang digunakan untuk mengklasifikasikan penggunaan air sering kali membingungkan misalnya dalam hal perbedaan antara kehilangan air (*water lost*) dan air yang tidak dapat dipertanggung jawabkan (*unaccounted For water*), atau *Non-Revenued Water* (NRW). *Non-revenued water* adalah perbedaan antara jumlah air yang diproduksi dengan air yang terjual atau yang didistribusikan kepada pelanggan melalui meter air. Oleh karena itu, jumlah air yang didistribusikan secara cuma-cuma (melalui meter air) plus NRW dapat dipakai untuk memperkirakan jumlah total produksi air yang dapat digunakan (*non-revenue producing water*). Air yang hilang (*lost water*), dilain pihak, adalah air yang terdistribusi dalam bentuk kebocoran (*leaks*) dan penggunaan lainya secara ilegal. Perbedaan antara NRW dan air yang hilang (*lost water*) menunjukkan bahwa sebagian dari NRW merupakan pemanfaatan yang produktif misalnya, untuk pemadam kebakaran, kebersihan jalan dan taman, serta pengabaian jumlah air pada saat pembacaan meter air.

NRW dan air yang hilang biasanya dinyatakan dalam persentase terhadap produksi air total, akan tetapi apabila nilai-nilai tersebut dibandingkan antara satu sistem dengan sistem yang lain dapat memberikan gambaran yang menyesatkan. Sebagai contoh, beberapa perusahaan air minum tidak memasang meter air pada setiap kran-kran umum, perusahaan lain memasukkan estimasi penggunaan air untuk pemadam kebakaran dan kran-kran umum sebagai *accounted for water*, sementara itu perusahaan lain lagi hanya memasang meter air pada sebagian pelanggannya.

Sebelum usaha untuk mengkuantifikasikan berbagai jenis penggunaan air dilakukan, produksi air pada instalasi pengolahan air harus ditentukan secara akurat, bilamana tidak akurat maka estimasi penggunaan air sebagai fraksi terhadap produksi air tidak akan memberikan apa-apa. Produksi air harus didefinisikan sebagai air yang benar-benar meninggalkan instalasi pengolahan air, karena sejumlah air tertentu akan dimanfaatkan didalam instalasi untuk pencucian filter, sebagian akan hilang sebagai lumpur. Dengan demikian, air baku yang diambil dari intake mestinya tidak dihitung sebagai produksi air.

Pada tabel neraca air dapat dilihat klasifikasi pemanfaatan air secara konsisten. Dari tabel ini tampak bahwa kunci dalam evaluasi kondisi sistem distribusi air adalah diketahuinya jumlah pemanfaatan air secara ilegal dan kebocoran. Akan tetapi, menghitung jumlah tersebut bisa bersifat sangat kompleks karena suatu porsi yang mencolok dari penggunaan air tanpa meter air mungkin akan dikategorikan sebagai pemanfaatan yang legal. Kesulitan ini dapat diatasi dengan:

1. Pemasangan meter air pada setiap kran umum,
2. Membuat perkiraan yang rasional pada penggunaan air untuk pemadam kebakaran atas dasar durasi kebakaran dan pengujian hidrant,
3. Pemasangan meter air pada pelanggan yang selama ini bebas biaya atau dengan tarif flat,

4. Secara teratur mengganti dan menguji meter air pada setiap pelanggan untuk mengetahui atau mereduksi jumlah air yang terabaikan pada meter air, dan pada saat yang bersamaan, melengkapi data berdasarkan observasi seberapa besar perkiraan jumlah air yang terabaikan pada meter air tersebut.

Perkiraan setiap pemanfaatan air seperti diatas harus didasarkan pada penggunaan rata-rata tahunan atau bulanan, karena persentase penggunaan air setiap katagori akan bervariasi dari hari ke hari. Sebagai contoh, dalam suatukomunitas yang tidak memasang meter air pada fasilitas penyiraman taman, penggunaan air legal tanpa meter air semacam itu mungkin akan meningkat secara mencolok pada saat musim kemarau atau musim panas.

Suatu perusahaan air minum dengan sistem jaringan distribusi yang ketat dapat menjaga kehilangan air kurang dari 10% produksi airnya. Hal ini dapat dilakukan lebih mudah untuk suatu perusahaan yang memiliki penyebaran aliran distribusi yang besar di areal geografis yang padat daripada aliran kecil pada areal geografis yang luas atau jumlah pelanggan yang relatif banyak. Sebagai kata kunci agar dapat mengawasi pemanfaatan air dalam suatu sistem jaringan distribusi air adalah dengan pemasangan meter air pada semua pelanggan dan selalu menjaga meter air tersebut berada pada kondisi baik. (Istandar Arie, dkk, 2008).

2.5 Penurunan NRW

Banyak sekali masalah jaringan distribusi yang dialami oleh suatu perusahaan air minum seperti NRW merefleksikan baik kondisi jaringan itu sendiri maupun kompetensi atau kemampuan manajemnya. Sebagai konsekuensinya, metodologi penyelesaian masalah NRW yang paling efektif dan berkelanjutan tidak cukup hanya dalam bentuk *engineering practice* secara tradisional yang dalam hal ini studi dilaksanakan dan laporan dihasilkan. Problem NRW memerlukan suatu pendekatan yang terkoordinasi dalam bentuk penguasaan, identifikasi, dan eliminasi komponen-komponen NRW dengan suatu cara yang tertata dan holistik menggunakan sistem

manajemen dan prosedur tepat guna yang dapat digunakan secara berturut-turut dalam pemantauan problemnya, pemeliharaan dan perbaikan lebih lanjut dari hasil yang telah tercapai.

Dengan demikian hasil yang diperoleh benar-benar merupakan penurunan NRW yang nyata dan bukannya merupakan laporan yang isinya bersifat khayal. Dalam hal penurunan NRW, prinsip-prinsip berikut ini dapat dipertimbangkan.

Pendeteksian kebocoran pada suatu areal yang terisolir dan perbaikannya, tidak dapat diterima sebagai suatu pemecahan masalah yang nyata. Metode semacam itu tidak mengarah pada sumber penyebab terjadinya kebocoran dan tidak menjamin bahwa kebocoran semacam itu tidak akan terjadi lagi, dan lebih lanjut tidak mengarah pada komponen NRW yang akan diturunkan. Mengingat pendeteksian kebocoran dan perbaikannya merupakan kegiatan yang sangat mahal, adalah bijak apabila daerah yang mengalami kebocoran tersebut dilokalisir dan dikuantifikasikan tingkat kebocorannya sebelum melakukan langkah-langkah penanganannya.

Sedangkan efek dari konsumsi air yang lolos dari pungutan biaya, misalnya, karena meter air rusak, sambungan ilegal, sambungan tidak terdaftar ternyata merupakan komponen yang memberikan kontribusi besar terhadap NRW dan kehilangan pendapatan. Identifikasi semua komponen penggunaan air dengan kehilangannya dan kuantifikasi setiap komponen tersebut adalah sangat penting. Kemampuan untuk mengulang atau mengecek dan recek kegiatan tersebut serta melakukan pengujiannya setiap saat diperlukan, akan merupakan kebutuhan dimasa mendatang yang penting sekali. Dengan kata lain, telah disadari bahwa problem NRW harus dihambat dan kemampuan untuk memecahkan masalah tersebut apabila terulang lagi harus ada dalam bentuk sistem yang canggih, computerized bilamana perlu. Adapun langkah-langkah dalam penurunan NRW :

1. Identifikasi semua meter air yang tidak berfungsi, diganti dengan yang baru atau diperbaiki. Problem pipa harus diidentifikasi dan diperbaiki atau diganti dengan yang baru. Kegiatan pada tahap

pertama semacam ini mungkin akan mengurangi NRW secara mencolok antara 5-10 persen.

2. Data Base pengembangan atau aplikasi sistem manajemen billing dengan menggunakan perangkat lunak seperti GIS dan MIS. Dengan sistem perangkat lunak seperti itu, bermacam problem manajemen dapat diidentifikasi dengan mudah, misalnya salah ketik, salah input data, adanya sambungan baru, pemutusan sambungan dll.
3. Manajemen dan Studi Teknis sistem GIS dan MIS diaplikasikan dilapangan dipadukan dengan sistem analisis jaringan distribusi dengan membuat zoning-zoning distribusi air. Penerapan akan mempersistem semacam ini akan memperbaiki keandalan dan efektifitas komponen jaringan distribusi air dan lebih lanjut dapat memberikan efek nyata dalam reduksi NRW kurang lebih 10-20 persen.
4. Studi Pilot, tujuan utama pilot adalah untuk mengkaliberasi suplai air pada suatu zoning distribusi dan untuk mengupgrade sistem perangkat lunak (GIS, MIS, dan Distribusi Analysis) yang akan diterapkan secara keseluruhan dalam areal suplai air minum.
5. Ringkasan hasil studi penurunan NRW suatu metode holistik step demi step dapat diterapkan untuk menurunkan NRW dalam perusahaan air minum. Dalam waktu kurang lebih 3 tahun, reduksi NRW dari 32% menjadi sekitar 12% dapat dicapai dari beberapa studi kasus. Nilai 10-12 persen ini diyakini merupakan tingkat kebocoran teknis yang tidak dapat dikurangi lagi.

2.6 Kehilangan Air (water losses)

Kehilangan air merupakan selisih antara jumlah air yang masuk kedalam jaringan dengan jumlah air yang dikonsumsi secara resmi oleh konsumen. Defenisi ini dapat terlihat dengan jelas pada neraca air (water balance)

Tabel 2.2.Neraca Air

Supta Input Air	Konsumsi Resmi	Resmi Berekening	Bermeter berekening	Air Berekening	
		Resmi Tak Berekening	Tak Bermeter Berekening		
			Bermeter Tak Berekening		
			Tak Bermeter Tak Berekening		
	Kehilangan Air	Kehilangan Non teknik/komersial	Konsumsi Tak Resmi		Air Tak Berekening (ATR)
			Ketidak akuratan meter pelanggan dan kesalahan penanganan data		
			Kebocoran Pipa Transmisi		
		Kehilangan Fisik/Teknis	Kebocoran Tangki/Reservoir		
			Kebocoran Pipa Dinas dan Pelanggan		

(Sumber : PDAM Prabu Jaya Palembang, 2014)

Secara umum kehilangan air dibagi atas dua komponen besar yaitu kehilangan air komersial (non fisik) dan kehilangan air fisik (teknis). (Koosdaryani, dkk, 2015).

2.6.1 Kehilangan Air Komersial (Non Fisik)

Kehilangan komersial merupakan kehilangan air secara fisik tidak terlihat namun dapat diketahui dari perhitungan dan catatan jumlah air yang didistribusikan kepada pelanggan. Seharusnya komponen ini tidak terlalu dominan, tetapi pada kenyataannya di banyak PDAM tingkat kehilangan komersial jauh lebih besar dari kehilangan fisik.

Kehilangan komersial umumnya berhubungan dengan manajerial, politik, dan kondisi ekonomi. Beberapa komponen kehilangan komersial ini adalah:

1. Ketidak akuratan meter pelanggan Ketidak akuratan ini dapat terjadi oleh karena jenis meter yang digunakan tidak bagus dan juga usia meter yang sudah tua tetapi tidak diganti-ganti.

2. Konsumsi tak sah/tak resmi. Adanya sambungan ilegal, pencurian ataupun penyalahgunaan air oleh pihak-pihak yang tidak bertanggung jawab. Bisa dilakukan sendiri oleh masyarakat, tetapi bisa juga dilakukan atas kerjasama dengan karyawan perusahaan.
3. Kesalahan data pelanggan. Ketidak jelasan data base pelanggan dapat menyebabkan tidak terdatanya dengan baik semua pelanggan PDAM.
4. Kesalahan pengumpulan dan pemindahan atau transfer data. Kesalahan membaca meter pelanggan dan juga dalam pemindahan data dari kertas ke komputer dapat menyebabkan kehilangan jumlah volume air sebenarnya yang terpakai oleh pelanggan.

2.6.2 Indikator Kinerja Kehilangan Air Komersial

Kehilangan air komersial ini biasanya dinyatakan atau dirumuskan sebagai % dari volume air yang dikonsumsi secara resmi oleh pelanggan. Untuk sistem pelayanan yang menggunakan meter air pada pelayanannya dan dikelola dengan baik, nilai kehilangan air komersialnya seharusnya tidak tinggi.

2.6.3 Penanggulangan Kehilangan Air Komersial

Dilihat dari elemen-elemen penyebab kehilangan air komersial, seharusnya komponen ini tidak besar, namun pada kenyataannya sering sekali pada suatu sistem (PDAM), kehilangan air komersial ini menjadi dominan. Penanggulangan kehilangan air komersial ini secara teknis lebih mudah dilaksanakan dan juga lebih cepat memberikan hasil berupa pendapatan (pengembalian investasi) dibandingkan dengan penanggulangan kehilangan fisik. Namun untuk merealisasikan program ini dibutuhkan komitmen yang tinggi dari pihak manajemen, kemauan politik dari pemerintah daerah, serta dukungan dari pihak keamanan dan masyarakat.

Untuk mendukung program penanggulangan kehilangan komersial ini diperlukan perbaikan situasi dan pemanfaatan air yang dapat dilakukan dengan cara:

1. Mendorong pelanggan untuk menggunakan air secara bijaksana.
2. Melakukan penurunan konsumsi air melalui manajemen demand.
3. Keadilan bagi pelanggan dalam pembayaran air yang benar-benar dipakai
4. Menyampaikan informasi-informasi yang efektif kepada pelanggan.

Beberapa program penanggulangan kehilangan komersial yang dapat dilakukan, diantaranya adalah:

1. Pemasangan Meter

Pemasangan meter dapat meningkatkan akurasi perhitungan volume air yang dipakai oleh pelanggan. Semakin banyak pelanggan yang memiliki meter maka semakin besar volume air yang terukur dengan pasti. Pemasangan meter juga diharapkan untuk pelayanan 24 jam supaya pembacaan meter lebih akurat dan tidak dipengaruhi oleh aliran udara dalam pipa.

Beberapa prinsip umum: Untuk pemasangan meter secara bertahap, maka diberikan prioritas pemasangan untuk pelanggan-pelanggan yang memiliki konsumsi besar dan selanjutnya diikuti dengan pemasangan pelanggan dengan konsumsi yang lebih kecil.

- a. Jangan menetapkan konsumsi perkapita untuk pelanggan
- b. Melakukan pemeriksaan sampel golongan-golongan pelanggan (secara rutin). Hal ini untuk melihat gambaran konsumsi yang sebenarnya untuk mendapatkan angka yang realistis untuk penagihan.

Memasang meter distrik (untuk blok apartemen dan perkampungan kumuh)

- a. Berbagai penyebab ketidak akuratan meter adalah:
 1. Kesalahan lay out pemasangan

2. Kualitas material yang rendah dan pemasangan yang salah
 3. Kualitas air yang buruk
 4. Suplai yang tidak intermitten (24 jam)
 5. Ukuran yang tidak cocok berdasarkan profil aliran meter
 6. Kelas dan tipe meter yang tidak tepat
 7. Kurangnya perawatan dan penggantian yang baik.
- b. Untuk mencegah ketidak akuratan meter ini dapat dilakukan:
1. Kepemilikan meter oleh PDAM atau perusahaan tertentu yang terpercaya
 2. Memilih meter yang tepat, pemasangan dilakukan dengan tepat dan dilakukan pengujian
 3. Mengawasi secara rutin pelanggan-pelanggan besar
 4. Membuat manual, instruksi dan spesifikasi yang jelas
 5. Melakukan komunikasi pelanggan
 6. Dukungan dari manajemen dan pelanggan.
1. Sambungan ilegal dan pencurian air
- Upaya yang dapat dilakukan untuk mengurangi pencurian dan kecurangandiantaranya:
- a. Membuat peraturan dan melaksanakan sanksi untuk menghukum pelaku pencurian ataupun kecurangan
 - b. Membuat hukuman atas pelaku sambungan ilegal
 - c. Pemutusan sambungan bagi yang tidak membayar
 - d. Pemeriksaan secara teratur pada pelanggan-pelanggan besar dan lokasi-lokasi proyek konstruksi
 - e. Memberlakukan lisensi dan regulasi truk-truk tangki
 - f. Memastikan pembacaan meter dilakukan secara jujur
 - g. Melaksanakan sistem pelaporan yang baik.

Beberapa komponen dari sambungan liar dan pencurian yang perlu diperhatikan adalah:

1. Pemukiman masyarakat miskin, Kebutuhan minimum air minum warga miskin harus terpenuhi. Untuk pembayarannya bisa melalui Pemerintah/Pemda atau mencari cara supaya mereka dapat membayar. Dilokasi permukiman warga miskin ini perlu dipasang meter distrik/sampel untuk mencegah pencurian.
2. Pemukiman Liar Untuk pemukiman liar perlu dilakukan pemasangan meter distrik dan perlu kerja sama dengan masyarakat untuk meningkatkan dan mengatur pelayanan.
3. Meter tampering, by pass Untuk menghindari kecurangan perlu dilakukan pemeriksaan ditempat secara teratur dan mengamati anomali atau ketidakwajaran pada hasil pencatatan meter atau perekeningan. Kalau perlu dilakukan perbandingan dengan tingkat konsumsi rata-rata.
4. Pencurian oleh pelanggan-pelanggan besar Perusahaan-perusahaan besar sering menjadi pencuri air terbesar. Maka perlu dicermati konsumsi bulanan untuk mendeteksi anomali yang mencurigakan. Apabila terdapat kasus mencurigakan dapat dibuat DMA temporer dan lakukan pengukuran selama beberapa hari untuk memastikan.

2.6.4 Kehilangan Air Fisik

Kehilangan fisik merukan kehilangan air yang disebabkan oleh adanya kebocoran yang terjadi pada komponen sistem pelayanannya, baik pada reservoir, pipa distribusi maupun transmisi, atau pada sambungan rumah.

Komponen-komponen Kehilangan Fisik Dilihat dari neraca air pada tabel 2.2, komponen kehilangan air fisik ini dapat dibagi atas 5 bagian:

1. Kebocoran dan limpahan air tangki Kehilangan air karena kebocoran yang terjadi dalam tangki reservoir ataupun karena tumpahan air yang melimpah dari reservoir karena kurang pengamatan.

2. Background losses Kebocoran-kebocoran kecil dengan tingkat aliran yang terlalu kecil untuk dapat dideteksi jika tidak tampak.
3. Kebocoran terlapor Kebocoran yang tampak oleh masyarakat maupun petugas dan dilaporkan kepada pihak PDAM.
4. Kebocoran tak terlapor Kebocoran yang tidak tampak tapi terdeteksi oleh tim pendeteksi kebocoran
5. Kehilangan tersembunyi

Selisih antara kehilangan fisik total dengan penjumlahan komponen-komponen diatas atau disebut dengan kebocoran yang mesti harus dideteksi. Untuk kehilangan tersembunyi ini nilainya berbeda-beda tergantung kepada ada tidaknya sistem pengendalian kebocoran secara aktif (Active Leakage Control) pada PDAM tersebut. Kalau ada pengendalian nilainya akan kecil, apabila tidak ada pengendalian kemungkinan nilainya akan besar.

2.6.4.1 Strategi Penurunan kehilangan air fisik

Upaya penurunan kehilangan fisik dalam sistem distribusi air minum merupakan masalah yang lebih sulit untuk dilskukan dibandingkan dengan kehilangan komersial karena harus melakukan pengulangan-pengulangan secara teknis. Dalam penurunan kehilangan fisik air harus dilihat kembali klasifikasi kebocorannya. Baik itu kebocoran terlapor, dan juga kebocoran background (Background leakage). Dari klasifikasi kebocoran tersebut mayoritas adalah kebocoran yang tidak tampak baik berupa kebocoran tidak muncul kepermukaan maupun kebocoran yang terdapat pada pipa dinas.

Besarnya kehilangan fisik air akibat kebocoran berhubungan dengan waktu karena semakin lama suatu kebocoran ditangani atau diperbaiki maka semakin banyak juga air yang hilang. Volume kehilangan air sama dengan flowrate dikalikan dengan lamanya waktu untuk perbaikan kembali. Lamanya waktu ini dapat didefenisikan sebagai penjumlahan waktu mulai dari adanya kesadaran akan kebocoran, menemukan tempat terjadinya kebocoran sampai dengan dilakukanya perbaikan terhadap kebocoran tersebut. Secara umum

dapat dituliskan bahwa volume kehilangan air merupakan suatu fungsi waktu dan tingkat aliran (flow rate).

Beberapa hal teknis yang juga harus diperhatikan dalam upaya penurunan kehilangan fisik air diantaranya :

1. Hubungan antara tekanan dan frekuensi pecah pipa
2. Hubungan antara tekanan dan tingkat kebocoran
3. Suplai intermitten (tidak 24 jam) dan tingkat kebocoran.

2.7 Hubungan Tekanan dan Pecah Pipa

Perubahan tekanan dalam pipa dapat dikarenakan oleh beberapa hal, yaitu intermitten supply dan penggiliran tekanan, water hammer (perubahan tekanan secara tiba-tiba), dan pressure pikes (tekanan yang memuncak secara tiba-tiba). Perubahan-perubahan tekanan dalam pipa ini dapat menyebabkan tingginya frekuensi pecah pipa dalam sistem jaringan distribusi.

2.8 Hubungan Tekanan dan Kebocoran

Tekanan merupakan suatu standard dalam pelayanan air minum. Untuk dapat mensuplai atau mendistribusikan air harus dipenuhi tekanan minimum dari sebuah jaringan. Kebutuhan tekanan minimum ini berbeda-beda berdasarkan kasus per area. Pada kondisi lain, apabila tekanan terlalu tinggi maka dapat berdampak negatif bagi sistem jaringan distribusi. Menurut hidrolika dasar berdasarkan hukum bennoulli, aliran dalam pipa bertekanan adalah sebagai berikut:

$$Q = C_d \times V \times A$$

$$\text{Dimana } V = (2 \times g \times h)^{0.5}$$

$$\text{Maka } Q = C_d \times (2 \times g \times h)^{0.5} \times A \dots \dots \dots (1)$$

Dimana :

Q = Debit Aliran

Cd= koefisien discharge

A = Luas permukaan saluran

V = Kecepatan aliran melalui saluran

g = Gravitasi (9.81 m/detik)

h = Tekanan (tinggi air diatas permukaan orifice/m)

Untuk perhitungan kebocoran dan NRW (Non-Revenued Water) digunakan rumus sebagai berikut :

$$\text{NRW (\%)} = \frac{\text{Air Input} - \text{Pemakaian}}{\text{Air Input}} \times 100 \dots\dots\dots(2)$$

berdasarkan perhitungan rumus diatas, dapat kita lihat bahwa tingkat kebocoran berubah mengikuti tekanan. Pendekatan secara teoritis ini hanya berlaku pada situasi tertentu saja. Pada situasi ini dilakukan pendekatan empiris untuk jaringan distribusi. Pendekatan empiris ini dilakukan untuk jaringan distribusi yang lebih kompleks dari pada teori hidrolika dasar seperti untuk bentuk lubang yang tidak teratur, pola-pola lubang yang bermacam-macam dan ukuran lubang yang berbeda-beda mengikuti tekanan dan material pipa.

2.9 Metode Perbandingan

2.9.1 Pengertian metode perbandingan

DMA (District Meter Area) merupakan suatu sistem deteksi kebocoran yang lebih permanen berupa bagian daerah atau kawasan sistem jaringan distribusi yang dikhususkan menjadi daerah deteksi kebocoran dalam program penurunan kehilangan air (NRW).

2.9.2 Fungsi dan Sistem Kerja DMA

Langkah-langkah yang dilakukan oleh pihak perusahaan dalam upaya mendeteksi kebocoran dalam sistem jaringan distribusi air minum kebanyakan hanya upaya yang bersifat pasif atau deteksi terhadap kebocoran yang tampak ke permukaan saja sedangkan deteksi kebocoran yang tidak tampak belum bisa direalisasikan. Belakangan ini muncul peralatan yang dapat mendeteksi titik titik kebocoran yang tidak muncul ke permukaan tanah. Tetapi untuk menggunakan peralatan ini memerlukan biaya yang besar, keterampilan

khusus dan pengalaman panjang dari para operatornya dan waktu yang digunakan untuk mendeteksi juga cukup lama. Salah satu yang dapat menjadi solusi adalah DMA. District Meter Area (DMA) merupakan suatu sistem deteksi kebocoran yang lebih permanen berupa bagian daerah atau kawasan sistem jaringan distribusi yang dikhususkan menjadi daerah deteksi kebocoran dalam program penurunan kehilangan air (NRW).

Beberapa pendekatan dalam pemilihan dan penetapan DMA adalah bahwa DMA dipilih untuk tipe permukiman domestik dan non domestik yang diprioritaskan untuk deteksi kebocoran. DMA ini merupakan bagian kecil dari daerah distribusi yang terdiri dari 500-2000 sambungan langsung yang dapat diisolasi sehingga air yang masuk dan yang keluar dari jaringan dapat dihitung. Dalam suatu DMA sebaiknya aliran air masuk berupa input tunggal, tetapi jika input yang masuk lebih dari satu tetap dapat digunakan asal seluruh input tersebut dapat diukur dengan tepat. DMA diharapkan memiliki kelengkapan peralatan pengukuran seperti meter induk, meter pelanggan, gate valve/PRV, dan peralatan penunjang lainnya. DMA yang dipilih juga harus dapat mewakili dalam perhitungan untuk keseluruhan jaringan distribusi. Dengan adanya DMA ini diharapkan dapat membantu dalam program penurunan NRW pada jaringan distribusi air minum.

2.10 District Meter Area (DMA)

2.10.1 Pengertian District Meter Area

Step Test adalah suatu pengujian untuk mengetahui lokasi bocor fisik atau paling tidak melokalisasi lokasi bocor fisik dengan menutup katup jaringan distribusi secara bertahap dan mengamati aliran yang ada di meter induk zona. Pelaksanaan step test pada suatu zona dimaksudkan untuk mengetahui penyebab NRW. Apakah disebabkan karena kehilangan air fisik atau kehilangan air non fisik.

2.10.2 Sistem Kerja District Meter Area

Pelaksanaan step test dilakukan secara bertahap didalam satu DMA. Hal ini dilakukan untuk mempersempit daerah saat dilakukannya uji step test, agar lebih mudah mendapatkan lokasi titik kebocoran yang terjadi. Tahap awal dilakukan step test adalah dengan membagi satu DMA menjadi 2 zona. Yang mana setiap zona dibagi lagi menjadi beberapa subzona, pelaksanaan step test itu sendiri dilakukan per zona untuk mengetahui zona mana yang memiliki indikator kebocoran yang paling tinggi. Prosedur pelaksanaan step test yaitu dengan menutup semua katup pelanggan yang terdaftar pada zona yang telah ditentukan selama 1 sampai 2 jam dan diamati aliran air dimeter zona, jika ada aliran yang besar maka terdapat indikasi kebocoran fisik. Step test dilaksanakan pada malam hari sampai dengan selesai. Dengan cara mengamati flowrate di Meter Induk, dengan tahapantahapan yang sudah ada. Pelaksanaan step test dibantu oleh beberapa tenaga kerja dan dilakukan bersama-sama dengan team pengamatan kehilangan air PDAM.