

MODEL DINAMIS PENGELOLAAN AIR BERSIH TERPADU DI KOTA BOGOR

Budi Susetyo¹⁾, Gibtha Fitri Laxmi²⁾

Budi.susetyo@ft.uika-bogor.ac.id¹⁾, gibtha@ft.uika-bogor.ac.id²⁾

*Dosen Teknik Informatika Universitas Ibn Khaldun¹⁾, Dosen Teknik Informatika Universitas
Ibn Khaldun²⁾*

Abstract. Millenium Development Goals (MDG's) berisi rumusan tentang 8 tujuan, 18 target dan 48 indikator, di mana pada sasaran ke-7, target ke-10 berisi tentang rumusan "Air bersih dan sanitasi yang merupakan hak dasar manusia" sehingga pada KTT Bumi di Johannesburg pada tahun 2015 diharapkan dapat memenuhi target pelayanan air bersih menjadi 80%. Target pelayanan air bersih MDG's ini oleh Pemerintah Indonesia yang telah disepakati oleh Pemerintah Pusat, Provinsi dan Kabupaten/Kota. Peningkatan pelayanan air bersih yang aman (perpipaan dan non perpipaan) pada tahun 2015 di Indonesia mencapai 68,87% dengan sumber air terlindungi untuk daerah perkotaan sebesar 78,19% dan 61,60% di daerah pedesaan. Tahun 2020 mencapai 85% dan pada tahun 2025 pelayanan air bersih mencapai 100%. Laju pertumbuhan penduduk dan aktivitas perekonomian menimbulkan persoalan pencemaran lingkungan dan kelangkaan air bersih, khususnya di kota Bogor. Indikasi kelangkaan air bersih yang berkualitas ini terlihat dari data pemenuhan air bersih di Kota Bogor yang hingga saat ini baru mencapai 68% (target MDG's). Banyak faktor yang mempengaruhi angka pencapaian ini, di antaranya ketersediaan sumber air bersih, gangguan pencemaran air, kondisi sosio-ekonomi masyarakat, produksi air bersih, distribusi, aspek manajemen dan faktor kebijakan tentunya. Secara spesifik, model dinamis telah menggambarkan perilaku keterkaitannya dan bahkan dapat memproyeksikan kemampuan suplai dan kebutuhan masyarakat pada beberapa tahun mendatang. Prediksi perilaku model hubungan sebab akibat umpan balik subsistem penduduk dan peningkatan pelanggan dengan subsistem ketersediaan air bersih sampai dengan tahun 2025 menunjukkan bahwa akan terjadi krisis air bersih di Kota Bogor dengan pencapaian MDG's baru sekitar 65% pada tahun 2016. Intervensi model dengan faktor perilaku penduduk terhadap air, diprediksikan dapat meningkatkan ketersediaan air bersih. Peningkatan perilaku hemat sebesar 25% per tahun, upaya peningkatan produksi melalui partnership dengan berbagai pihak (seperti perpipaan swadaya dsb), upaya mengatasi kebocoran air PDAM yang saat ini dapat mencapai 20%).

Kata Kunci:

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Permasalahan sumberdaya air memiliki banyak variabel dan hambatan; hal ini perlu menggunakan model optimasi terpadu dan metode simulasi yang dapat mengestimasi dampak sosio-ekonomi dan lingkungan akibat pengolahan air baku dan kebijakan pengelolaan air secara umum. Beberapa peneliti di Jepang pernah melakukan simulasi model untuk mengevaluasi penggunaan air dan teknologi penjernihannya dalam sebuah model sistemik. Model optimasi tersebut adalah berupa model kuantitatif dan matematis untuk mencapai tujuan, meliputi penggunaan air, pengolahan air, penduduk, dan aktivitas ekonomi (Mizunoya, 2006; Apotolidis, 2011). Khususnya pada musim kemarau sering terjadi kekeringan yang menyebabkan produktivitas pertanian menurun, sumur penduduk dan mata air mengering dan sebagainya. Di sisi lain pada musim penghujan juga terjadi banjir dengan meluapnya air sungai. Kedua musim tersebut secara signifikan kurang berpengaruh terhadap ketersediaan air bersih, khususnya yang dikelola PDAM. Pada musim penghujan pun bahkan sering terjadi krisis air

minum, hingga PDAM harus menerapkan pergiliran suplai air ke rumah-rumah. Secara umum di Kota Bogor masih ada wilayah yang kesulitan akses air bersih bagi penduduknya. Kalaupun tersedia dengan kualitas air yang buruk. Hal ini disebabkan oleh adanya aktivitas pertanian & pembukaan lahan di hulu sungai yang berpotensi menimbulkan pendangkalan sungai (sedimentasi), pembuangan sampah sembarangan oleh masyarakat dan dampak perubahan iklim secara umum yang menimbulkan kemarau panjang atau intensitas hujan tinggi. Permasalahan lainnya adalah eksploitasi air tanah berlebihan oleh swasta-perusahaan air kemasan, air untuk kebutuhan Industri, Hotel dll. Kondisi ini membawa dampak ikutan berupa berkembangnya berbagai penyakit, masalah kesehatan dan sebagainya. Dengan demikian di Kota Bogor cenderung masih terjadi masalah ketersediaan dan kualitas air bersih yang layak dikonsumsi warga masyarakat. Kelangkaan sumber air bersih ini di antaranya juga disebabkan oleh penurunan luas kawasan resapan air (terutama di daerah Hulu), alih fungsi lahan akibat lemahnya perijinan, regulasi, dan kebijakan pemerintah serta aspek pentaatan (*compliance*) yang masih kurang

akibat lemahnya penegakan hukum sehingga dimungkinkan terjadinya pelanggaran.

Berbagai upaya telah dilakukan Pemerintah Kota, di antaranya dengan mengkampanyekan perilaku hidup bersih & sehat (PHBS), dengan tidak membuang sampah/limbah ke sungai. Upaya lainnya yang saat ini melibatkan partisipasi stakeholder adalah pembuatan lubang biopori (Program Sejuta Biopori), program penanaman sejuta pohon/reboisasi & penghijauan, program normalisasi sungai, program penertiban bangunan liar di kawasan hulu sungai dan program pengelolaan DAS terpadu. Dengan demikian aspek pengelolaan air bersih di Kota Bogor ini mencakup tiga bentuk pengembangan dan pemanfaatan konservasi perairan untuk kesejahteraan masyarakat, yaitu perlindungan, pemanfaatan dan pelestarian. Kebutuhan air bersih bagi masyarakat Kota Bogor terus meningkat dari waktu ke waktu, sementara kemampuan PDAM selaku operator dalam pemenuhan layanan air bersih relatif terbatas. Dengan demikian terdapat beberapa pertanyaan penelitian yang dapat dirumuskan sebagai berikut: (1) Bilamana kebutuhan air bersih masyarakat Kota Bogor dapat terpenuhi, (2) Bagaimana prediksi ketersediaan air bersih guna perencanaan pengelolaan air bersih di masa yang akan datang (2015-2025), (3) Hal-hal apa saja yang dapat direkomendasikan kepada Pemerintah Kota Bogor agar dapat menyusun perencanaan pencapaian target MDG's dalam pemenuhan kebutuhan air bersih masyarakat. Tujuan penelitian adalah menyusun model pengelolaan air bersih di Kota Bogor yang dapat disimulasikan dengan pendekatan sistem dinamis. Sedangkan manfaatnya dengan model tersebut dapat memberikan rekomendasi pengelolaan air bersih di Kota Bogor secara lebih terarah dan terukur.

Ketahanan air adalah (1) kemampuan masyarakat untuk menjaga keberlanjutan dalam pemenuhan kebutuhan air, baik dalam jumlah yang mencukupi serta mutu yang dapat diterima; (2) Pemenuhan kebutuhan air tersebut dimaksudkan untuk: (a) menjaga keberlanjutan kehidupan, kesejahteraan umat manusia, dan perkembangan sosial-ekonomi; (b) menjamin perlindungan atas pencemaran air dan bencana terkait air; serta (c) melestarikan ekosistem dalam suasana damai dan kondisi politik yang stabil (UN-Water, 2013). Permasalahan ketahanan air sangat kompleks, karena hal itu tidak hanya menyangkut aspek fisik dan teknologi dalam pemenuhan kebutuhan air, tetapi

juga dampaknya terhadap lingkungan serta kondisi sosial, politik, dan ekonomi pada sekelompok masyarakat, yang sering kali terkait dengan kelompok masyarakat lainnya (Triweko, 2014). Proyeksi ketersediaan air di Pulau Jawa sekitar 30.569 Juta M3, namun kebutuhan air mencapai 62.928 Juta m3 (1995) dan 164.672 Juta m3 (2015), sehingga terjadi defisit sekitar -32.358 Juta m3 (1995) dan -134.103 Juta m3 (2015). Kondisi ini tentu sangat mengkhawatirkan (DFID and World Bank, 2013). Kebutuhan air bersih merupakan banyaknya jumlah air yang diperlukan oleh rumah tangga, industri, penggelontoran kota dan lain-lain. Kebutuhan air bersih ini dapat dikategorikan dalam kebutuhan air domestik dan non domestik. Kebutuhan air domestik adalah kebutuhan air yang digunakan untuk keperluan rumah tangga yaitu untuk keperluan minum, masak, mandi, mencuci pakaian serta keperluan lainnya, sedangkan kebutuhan air non domestik digunakan untuk kantor, tempat ibadah, niaga dan lain-lain. UU No. 7 Tahun 2004 tentang Sumber Daya Air Pasal 26 menyebutkan bahwa pendayagunaan sumber daya air didasarkan pada keterkaitan antara air hujan, air permukaan, dan air tanah dengan mengutamakan pendayagunaan air permukaan. Rasio pelayanan antara produksi dan kebutuhan air domestik di Kab. Bogor sekitar 18,1%, sedangkan di Kota Bogor 133,5 % (Wibowo et al., 2010).

Tabel 2.1. Rasio Pelayanan Air Bersih Perkotaan

No.	Nama Kabupaten Kota	Kebutuhan	Produksi PDAM	Rasio Pelayanan (%)
		(m3/thn)	(m3/thn)	
1	Kota Bekasi	134,959,743	39,104,640	28.9
2	DKI Jakarta	579,049,762	430,203,259	74.8
3	Kota Depok	75,976,502	15,301,267	22.1
4	Kabupaten & Kota Tangerang	282,674,007	139,968,293	49.5
5	Kota Bogor	49,555,320	74,978,210	133.5
6	Kabupaten Bekasi	133,875,047	24,598,080	18.37
7	Kabupaten Bogor	222,841,990	40,249,397	18.1

Sumber: Wibowo, 2010

Rasio layanan PDAM adalah perbandingan antara kebutuhan air bersih domestik dengan produksi

PDAM satu tahun. Kebutuhan air bersih domestik dihitung berdasar konsumsi air bersih per orang per hari dengan menggunakan klasifikasi 210 liter/orang per hari untuk metropolitan, 170 liter/orang per hari untuk kota besar, dan 150 liter/orang per hari untuk kota sedang (UU No. 7, 2004). Peningkatan kebutuhan air bersih ini dipicu juga oleh arus urbanisasi ke Kota Bogor. Ditinjau dari konsep keruangan (spatial) dan ekologis, urbanisasi merupakan gejala geografis. Pertama, karena adanya gerakan/perpindahan penduduk dalam satu wilayah atau perpindahan penduduk ke luar wilayahnya. Kedua, gerakan/perpindahan penduduk yang terjadi disebabkan adanya salah satu komponen dari ekosistemnya kurang/tidak berfungsi secara baik, sehingga terjadi ketimpangan dalam ekosistem setempat. Ketiga, terjadinya adaptasi ekologis yang baru bagi penduduk yang pindah dari daerah asal ke daerah yang baru, dalam hal ini kota. Seiring dengan meningkatnya laju pertumbuhan penduduk, kebutuhan akan air bersih pun meningkat (Andani, 2013).

Pengelolaan air baku menjadi air yang jernih termasuk upaya *reuse/recycling*, tidak bau dan aman digunakan untuk berbagai keperluan telah banyak dilakukan di berbagai daerah, khususnya yang memiliki kelangkaan sumber air baku dan juga daerah dengan laju pertumbuhan ekonomi dan jumlah penduduk yang tinggi seperti di kota besar (Chu et al., 2004). Dalam penelitian ini berbagai komponen sistem yang terkait dengan sistem pengelolaan air bersih termasuk aktivitas pengolahannya sebagaimana dijelaskan sebelumnya, disebut sebagai pengelolaan air bersih terpadu dengan menggunakan pendekatan model dinamis untuk tujuan efisiensi (Pandey et al., 2011).

Pendekatan sistem dinamik digunakan dalam penelitian ini. Sistem dinamik adalah suatu cara berpikir menyeluruh dan terpadu, mampu menyederhanakan persoalan yang rumit tanpa kehilangan hal penting yang menjadi perhatian (Eriyatno, 2003). Sistem dinamik dapat menganalisis struktur dan pola perilaku sistem yang rumit, berubah cepat dan mengandung ketidakpastian (Eriyatno, 2003). Proses analisis kebijakan menggunakan sistem dinamik dilakukan melalui simulasi model, sehingga lebih cepat, menyeluruh dan dapat dipertanggungjawabkan (Muhammadi, et al., 2001). Perubahan penggunaan lahan yang terjadi dalam skala global, nasional maupun lokal, mempunyai dampak langsung maupun tidak langsung baik secara lokal, nasional maupun global. Penyebab dan dampak perubahan ruang berbeda-beda di setiap wilayah bergantung pada faktor-faktor yang mempengaruhinya, sehingga diperlukan suatu simulasi dan analisis model (Hartrisari, 2007). Model adalah sesuatu yang dibuat untuk meniru suatu gejala atau proses (Muhammadi, et al., 2001). Sedangkan model spasial adalah model yang berbasis data spasial, baik input data, analisis maupun keluaran model tersebut. Permodelan (*Modeling*) diartikan sebagai suatu gugus pembuatan model (Hartrisari, 2007). Model adalah suatu bentuk yang dibuat untuk menirukan suatu gejala atau proses

(Muhammadi, et al., 2001). Dalam pelaksanaan pendekatan sistem, pengembangan model merupakan hal yang sangat penting yang menentukan keberhasilan dalam mempelajari sistem secara keseluruhan. Di samping itu, pengembangan model diperlukan guna menemukan peubah-peubah penting dan tepat serta hubungan antar peubah dalam sistem yang dikaji. Dalam membangun suatu model seyogyanya dimulai dari konsep yang paling sederhana dengan cara mendefinisikan permasalahan secara hati-hati serta menggunakan analisis sensitifitas untuk membantu menentukan rincian model. Selanjutnya untuk penyempurnaan dilakukan dengan menambahkan variabel secara gradual sehingga diperoleh model yang logis dan dapat merepresentasikan keadaan yang sebenarnya.

Model yang dibangun haruslah merupakan gambaran yang sah dari sistem yang nyata, realistis dan informatif. Model yang tidak sah memberikan hasil simulasi yang sangat menyimpang dari kenyataan yang ada sehingga memberikan informasi yang tidak tepat. Model yang dianggap baik apabila model dapat menggambarkan semua hal yang penting dari dunia nyata dalam sistem tersebut. Terdapat empat tahapan dalam melakukan simulasi model (Muhammadi, et al., 2001) yaitu:

- (1) Penyusunan konsep, pada tahap ini dilakukan identifikasi unsur-unsur yang berperan dalam menimbulkan gejala atau proses. Dari unsur-unsur dan keterkaitannya dapat disusun gagasan atau konsep mengenai gejala (proses) yang disimulasikan.
- (2) Pembuatan model, gagasan atau konsep yang dihasilkan pada tahap pertama selanjutnya dirumuskan sebagai model yang berbentuk uraian, gambar atau rumus.
- (3) Simulasi model, pada model kuantitatif simulasi dilakukan dengan memasukkan data ke dalam model, sedangkan pada model kualitatif, simulasi dilakukan dengan menelusuri dan melakukan analisis hubungan sebab akibat antar variabel dengan memasukkan data atau informasi yang dikumpulkan untuk memahami perilaku gejala atau proses model.
- (4) Validasi hasil simulasi, validasi bertujuan untuk mengetahui kesesuaian antara hasil simulasi dengan gejala atau proses yang ditirukan. Model dapat dinyatakan baik jika kesalahan atau simpangan hasil simulasi terhadap gejala atau proses yang terjadi di dunia nyata relatif kecil.

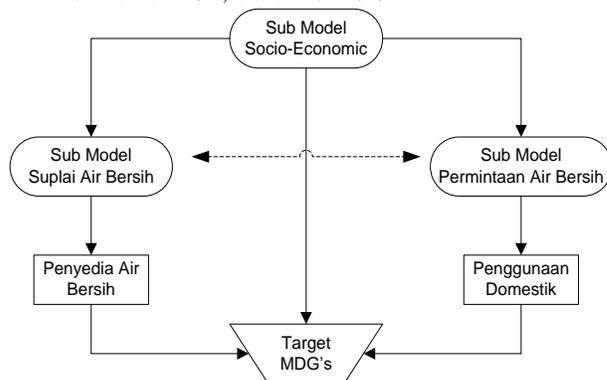
Model yang baik adalah model yang dapat merepresentasikan keadaan yang sebenarnya. Untuk menguji kebenaran suatu model dengan kondisi obyektif dilakukan uji validasi (Muhammadi, et al., 2001). Ada dua jenis validasi dalam model, yakni validasi struktur dan validasi kinerja. Validitas struktur meliputi dua pengujian, yaitu validitas konstruksi dan validitas kestabilan. Validitas konstruksi melihat apakah konstruksi model yang dikembangkan sesuai dengan teori. Uji validitas konstruksi ini sifatnya abstrak, tetapi konstruksi model yang benar

secara ilmiah berdasarkan teori yang ada terlihat dari konsistensi model yang dibangun (Muhammadi, *et al.*, 2001). Untuk mengetahui kekuatan (*robustness*) model dalam dimensi waktu dilakukan uji sensitivitas. Uji ini dilakukan untuk mengetahui respon model terhadap stimulus yang bertujuan untuk mengetahui alternatif tindakan, baik untuk menyelesaikan sensitivitas parameter, variabel dan hubungan antar variabel dalam model. Hasil uji sensitivitas dalam bentuk perubahan perilaku atau kinerja model, digunakan untuk menganalisis efek intervensi terhadap model. Uji sensitivitas model dapat dilakukan dengan dua macam (Muhammadi, *et al.*, 2001): (1) intervensi fungsional, yakni dengan memberikan fungsi-fungsi khusus terhadap model dengan menggunakan fasilitas, antara lain: *step, random, pulse, ramp dan forecast, trend, if*, sinus dan setengah sinus, dan (2) intervensi struktural, yakni dengan mempengaruhi hubungan antar unsur atau struktur model dengan cara mengubah struktur modelnya. Sensitivitas model mengungkapkan hasil-hasil intervensi terhadap unsur dan struktur sistem. Di samping itu, analisis sensitivitas model juga berfungsi dalam menemukan alternatif tindakan atau kebijakan, baik untuk mengakselerasi kemungkinan pencapaian hasil positif maupun untuk mengantisipasi kemungkinan dampak negatif. Secara umum pengujian model terdiri dari dua tahap, yaitu verifikasi dan validasi (Hartrisari, 2007). Verifikasi adalah tindakan untuk memperoleh kebenaran, ketepatan atau kenyataan dari suatu data, sedangkan validasi adalah tindakan untuk memperoleh hasil kesimpulan yang benar berdasarkan persyaratan yang telah ditetapkan sebelumnya.

II. METODOLOGI

Alat dan Bahan

Hal-hal yang perlu disiapkan dalam pelaksanaan penyusunan model dinamis pengelolaan air bersih terpadu tersebut mencakup hardware, software dan bahan-bahan. Hardware dan software yang perlu disiapkan untuk penyusunan data spasial kawasan rawan banjir antara lain: Powersim Studio 2005, *Personal Computer/Laptop* dengan spesifikasi minimal: RAM 2 GB, Hard Disk 40 GB.



Gambar 4.1 Keseimbangan Suplai-Demand dan Target MDG's

Tahapan Pengembangan Model

Tahapan pembangunan model yaitu sebagai berikut.

- (1) Pembuatan konsep dalam sebuah model CLD (Causal Loop Diagram).
- (2) Pembuatan model SFD (Stock-Flow Diagram) atau diagram alir.
- (3) Input data.
- (4) Simulasi berupa diagram waktu dan tabel waktu.
- (5) Validasi dengan melihat Absolute Mean Error (AME) penyimpangan antara nilai rata-rata simulai terhadap aktual. Model valid jika AME kurang dari 5%.
- (6) Analisis Kebijakan (Uji Sensivitas).

Perhitungan Proyeksi Penduduk

Metode Geometrik

Rumus dasar metode geometrik yaitu :

$$P_n = P_o (1 + r)^n \dots\dots\dots(1)$$

Metode Aritmatik

$$P_n = P_o + nr \dots\dots\dots(2)$$

Setelah diketahui jumlah penduduk rencana (Pn) dan jumlah fasilitas tahun rencana (Fn) maka dapat diketahui jumlah kebutuhan air bersih suatu wilayah atau debit rencana (Qr), yaitu dengan rumus (Djawa, 2011): $Q_r = (P_n \cdot q) + (F_n \cdot q)$, di mana: Qr = Debit rencana (ltr/dtk); Pn = Jumlah penduduk pada tahun rencana; Fn = Jumlah fasilitas pada tahun rencana dan q = Besarnya kebutuhan air (ltr/org/hr).

Analisis Kebutuhan Air Bersih

Dengan cara analisis data jumlah pelanggan dan realisasi penggunaan/realisaasi kebutuhan, dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$KAB = JP \times RK \dots\dots\dots(3)$$

Di mana:

- KAB : Kebutuhan air bersih (m3/tahun)
- JP : Pelanggan (Sambungan Rumah = SR)
- RK : Realisasi Konsumsi (m3/tahun)

Kebutuhan air bersih tersebut dapat diprediksi dengan menggunakan analisis regresi linier:

$$Y = A +$$

$$(XB) \dots\dots\dots(4)$$

Di mana:

- Y : Peubah/variabel tidak bebas,
- A & B : diperoleh dari perhitungan berdasarkan data penelitian,
- X : Peubah/variabel bebas atau prediktor.

$$B = \frac{n \sum XY - \sum X \sum Y}{n \sum X^2 - (\sum X)^2} \dots\dots\dots(5)$$

$$A = (\sum Y - B \sum X) / n \dots \dots \dots (6)$$

Di mana:

X : Tahun yang diketahui atau jumlah pelanggan,
Y : Kebutuhan menurut tahun yang ditinjau,
n : Jumlah data.

Dengan demikian kebutuhan air bersih dapat dirumuskan:

$$Y_t = Y_i + (Y_i \times \% \text{kehilangan air}) \dots \dots \dots (7)$$

Di mana:

Y_t : Kebutuhan air bersih suatu wilayah/daerah untuk t tahun (m³/tahun),
Y_i : Kebutuhan suatu wilayah/daerah untuk i tahun (m³/tahun),
% Kehilangan air: 20 %.

Kebutuhan air bersih untuk tiap-tiap jenis pelanggan dapat dirumuskan:

$$Y_p = Y_i + (Y_i \times \% \text{kebutuhan}) \dots \dots \dots (8)$$

Di mana:

Y_p : Kebutuhan air bersih menurut jenis pelanggan untuk t tahun (m³/tahun),
Y_i : Kebutuhan suatu wilayah / daerah untuk i tahun (m³/tahun)
% Kebutuhan: Persentase kenaikan kebutuhan air bersih menurut tiap jenis pelanggan.

Pengujian Model

Sedangkan untuk Uji validitas model dilakukan dengan cara membandingkan output model dengan data empiris, menggunakan teknik statistik (Muhammadi *et al.*, 2001), yaitu *Absolute Means Error* (AME). AME menjelaskan seberapa besar penyimpangan nilai rata-rata simulasi terhadap aktual. Batas penyimpangan yang dapat ditolerir adalah 10 % (0,1).

$$AME = (S_i - A_i) / A_i \dots \dots \dots (10)$$

Di mana:

AME” Average Mean Error, dengan batas penyimpangan 5-10%

S_i = S_i N dan A_i = A_i N N = Interval waktu pengamatan

A = Nilai Aktual S = Nilai simulasi

Perancangan UML (Unified Model Language)

UML adalah salah satu bahasa visual untuk mempresentasikan dan mengkomunikasikan sistem melalui penggunaan diagram (Rosenberg *et al.*, 1999). Guna fungsi pemodelan visual ini, UML menggunakan 6 jenis diagram standard, yaitu:

- (1) *Use Case*: digunakan pada saat pelaksanaan tahap requirement dalam pengembangan suatu sistem informasi. *Use Case* menggambarkan hubungan antara entitas yang biasa disebut aktor dengan suatu proses yang dapat dilakukannya.

- (2) *Activity Diagram*: digunakan untuk menggambarkan berbagai alir aktivitas dalam sistem yang sedang dirancang, bagaimana masing-masing alir berawal, decision yang mungkin terjadi, dan bagaimana mereka berakhir.
- (3) *Class Diagram*: digunakan untuk menggambarkan stuktur kelas dan obyek yang akan digunakan dalam sistem yang akan dibangun. *Class Diagram* digunakan pada tahap analisa dan desain aplikasi.
- (4) *Sequence Diagram*: digunakan untuk menjelaskan aliran pesan dari suatu *Class* ke *Class* lain secara sequensial (berurutan). *Sequence Diagram* digunakan pada tahap desain aplikasi.
- (5) *Component Diagram*: digunakan untuk menjelaskan hubungan komponen- komponen sistem. Komponen digunakan dalam tahap desain aplikasi.
- (6) *Deployment Diagram*: digunakan untuk menjelaskan implementasi aplikasi yang dibuat ke dalam sebuah environment.

Perancangan Dashboard

Dashboard adalah sebuah istilah yang digunakan dalam teknologi SI untuk mewakili sebuah aplikasi yang dapat menampilkan informasi- informasi secara Realtime. Teknologi dashboard muncul dengan diilhami dari teknologi dashboard yang ada pada kendaraan bermotor. Sebuah aplikasi dashboard akan terdiri dari grafik- grafik dan indikator- indikator yang menunjukkan skala keadaan dari variable- variable yang ada dalam sebuah perusahaan. Indikator- indikator tersebut akan menjadi pedoman bagi perusahaan untuk mengambil langkah yang tepat, sehingga tidak mengalami kerugian dalam usahanya (Permana, 2011).

III. HASIL DAN BAHASAN

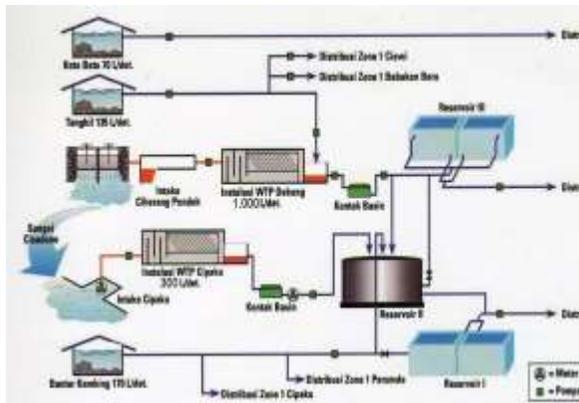
Kondisi Sumber Daya Air

Berdasarkan data, Jumlah PDAM di Jawa Barat sebanyak 25 PDAM dengan jumlah pelanggan 719.992 SR, kapasitas produksi 11.695 l/det dan jumlah penduduk terlayani mencapai 15%, serta dengan tingkat kebocoran 32% (PERPAMSI, Direktori 2000). Menurut *National Action Plan Air Minum 2003* (Rahmat Karnadi, BP SPAM Maret 2006), luas jangkauan pelayanan (*Coverage*) PDAM di Jawa Barat mencapai 39% pada tahun 2000, dan kemudian meningkat drastis sebesar 69% pada tahun 2015. Demikian juga jumlah penduduk yang terlayani sebesar 33 juta pada tahun 2000 kemudian meningkat menjadi 90 juta pada tahun 2015 dengan jumlah Sambungan Rumah (SR) mencapai 5,2 juta SR pada tahun 2000 dan sebanyak 15 juta SR pada tahun 2015. Ada pun kapasitas produksi adalah sebesar 94.000 l/detik pada tahun 2000, kemudian meningkat sebesar 155.000 l/detik pada tahun 2015. Keseluruhannya menelan investasi sebesar 400 miliar rupiah/tahun pada tahun 2000 dan meningkat cukup drastis hingga

mencapai angka sebesar 23 triliun rupiah pada tahun 2015.

Wilayah Kota Bogor dilalui oleh dua sungai besar dan tujuh anak sungai yang membentuk pola aliran paralel-subparalel sehingga mempercepat waktu mencapai debit puncak (time to peak) pada 2 sungai besar yaitu sungai Ciliwung dan Cisadane. Kedua sungai tersebut memiliki potensi sebagai sumber air baku bagi Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM). Beberapa anak sungai lainnya juga memiliki potensi yang sama, di antaranya: Sungai Cipakancilan, Sungai Cidepit, Sungai Ciparigi, dan Sungai Cibalok. Saat ini aliran sungai-sungai tersebut dimanfaatkan oleh sebagian masyarakat Kota Bogor sebagai sarana MCK, usaha perikanan, serta sumber air baku PDAM. Sumber air baku lainnya adalah beberapa mata air yang umumnya dimanfaatkan secara langsung oleh masyarakat untuk kebutuhan air bersih sehari-hari. Munculnya mata air tersebut umumnya terjadi karena adanya pemotongan lanskap lahan yang menyebabkan aliran air tanah tersebut terpotong dan menjadi mata air seperti di tebing jalan tol Jagorawi, pinggir sungai Ciliwung di Kampung Lebak Kantin, Babakan Sirna, dan Bantar Jati, dengan besaran debit yang bervariasi.

Sumber air bersih lainnya bagi masyarakat warga Kota Bogor adalah air tanah yang terletak pada kedalaman sekitar 3 – 20 m, kedalaman muka air tanah dalam keadaan normal (musim hujan) berkisar 3 – 6m, sedangkan pada musim kemarau kedalaman muka air tanah mencapai 10 – 12m. Hal ini sangat dipengaruhi oleh laju perubahan penutupan lahan oleh bangunan yang menyebabkan kapasitas infiltrasi air hujan menjadi menurun. Penurunan kapasitas infiltrasi akan menyebabkan peningkatan laju *run off* sekaligus salah satu penyebab menurunnya permukaan air tanah di musim kemarau.



(Sumber: PDAM Tirta Pakuan)

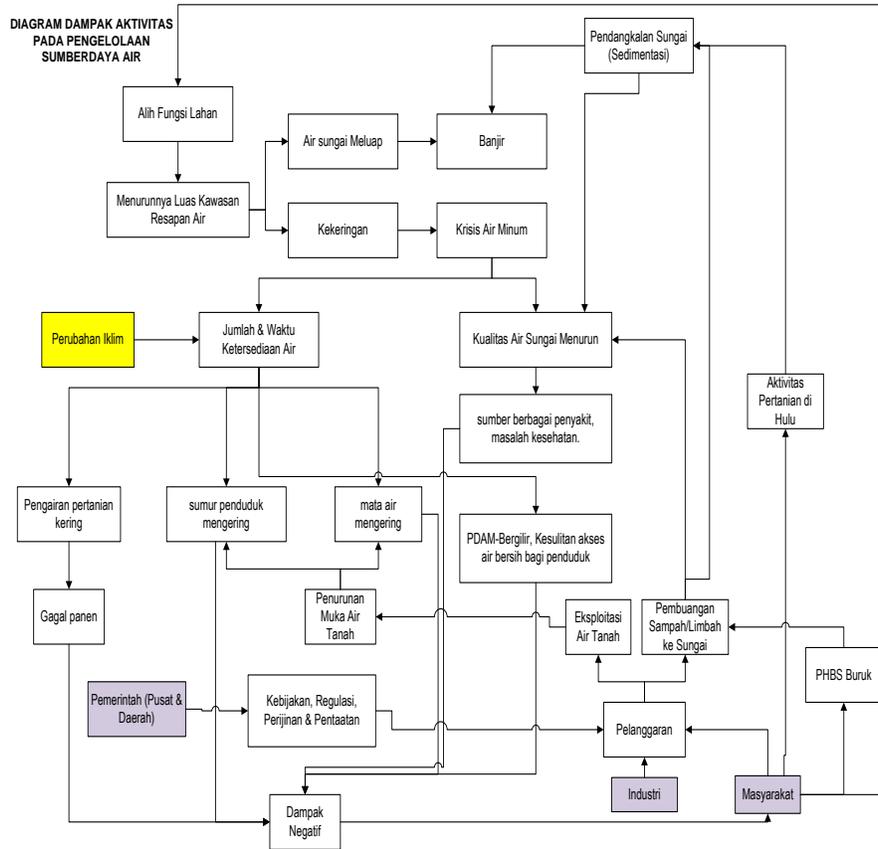
Gambar 3.1. Sumber air dengan zona pengaliran PDAM

Keenam zona pengaliran tersebut bisa dijelaskan sebagai berikut:

- Mata air Kota Batu melayani zona 6 yang meliputi Kelurahan Loji, Gunung Batu dan sekitarnya, namun sewaktu-waktu juga membantu pengaliran di zona 3.
- Mata air Tangkil, 53% melayani zona 1 yang mencakup pelanggan di Kelurahan Katulampa, Tajur dan sekitarnya, sedangkan 47% lainnya untuk melayani zona 4 melalui reservoir Padjajaran.
- Mata air Bantar Kembang, 14% melayani zona 2 (Cipaku) dan 86% yang lain untuk membantu melayani pelanggan zona 3 melalui reservoir Cipaku.
- IPA Dekeng melayani zona 4 yang meliputi pelanggan di Kelurahan Babakan, Sempur dan sekitarnya.
- IPA Cipaku melayani zona 3 meliputi para pelanggan yang berada di Kelurahan Empang, Batu Tulis dan sekitarnya.

Konseptualisasi Sistem

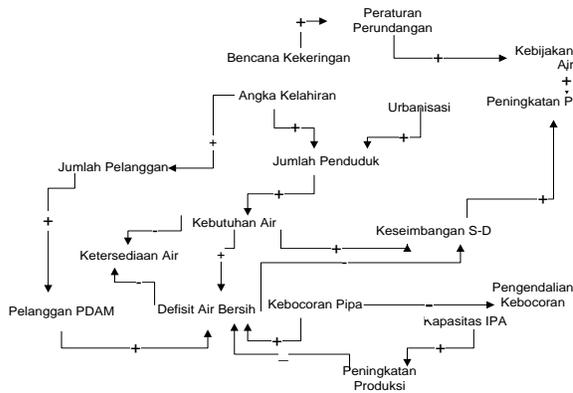
Untuk mempermudah perumusan model, penulis membatasi model dengan cara membatasi variabel yang digunakan secara umum menjadi aspek pelanggan, kapasitas pengolahan, dan pasokan air berdasarkan hasil penetapan variabel sebelumnya. Ketiga aspek inilah yang akan membentuk subsistem-subsistem tersendiri yang memiliki hubungan timbal balik antar satu variabel dengan variabel lainnya. Dapat dilihat pada Gambar 1 bahwa diagram umpan balik memiliki banyak umpan balik (*feedback loop*) yang bernilai negatif. Hal ini menandakan bahwa model secara umum memiliki sifat seimbang dalam proses pencapaian tujuan. Apabila sistem tidak seimbang, maka akan berakibat pada satu atau lebih variabel yang terus meningkat atau menurun tanpa ada batasnya. Secara umum interaksi antar komponen sistem dan aktivitasnya, baik yang bersifat alamiah maupun buatan, termasuk di dalamnya aktivitas ekonomi masyarakat dan layanan pemerintah yang saling mempengaruhi, dapat digambarkan pada skema berikut.



Gambar 5.1. Kerangka Umum Pengelolaan Sumberdaya Air

Causal Loop Diagram

Diagram sebab-akibat yang menggambarkan aliran informasi antar komponen sistem disajikan pada Gambar 5.2.



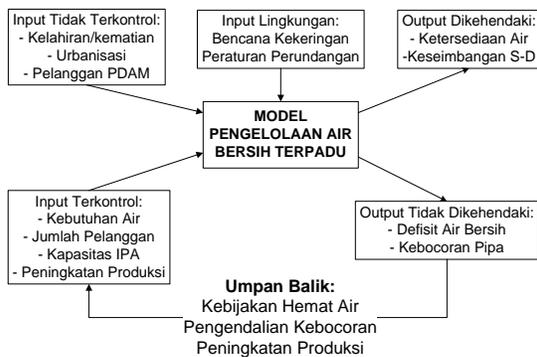
Gambar 5.2. Diagram Sebab-Akibat

Pada diagram tersebut terdapat tanda ‘ + ‘ yang berarti komponen satu meningkatkan nilai komponen lainnya, sebaliknya tanda ‘ - ‘ berarti mengurangi nilai komponen sistem tersebut.

Diagram Input/Output

Diagram input-output merupakan tahapan penting yang seyogyanya dibuat sebagai basis pengembangan pemodelan sistem dinamis (Gambar 5.3). Komponen

input apa saja yang mempengaruhi pemodelan sistem, baik input tidak terkontrol maupun input terkontrol, adakah input lingkungan (bencana kekeringan dan peraturan perundangan) yang juga mempengaruhi serta apa out yang dikehendaki dan yang tidak dikehendaki yang dapat dijadikan sebagai sarana koreksi dan umpan balik terhadap input terkontrol. Nampak dalam skema tersebut bahwa input tidak terkontrol di antaranya angka kelahiran/kematian, arus urbanisasi, jumlah pelanggan PDAM dsb; sedangkan input terkontrol meliputi kebutuhan air, kapasitas IPA (Instalasi Pengolah Air), dan peningkatan produksi. Pemodelan dinamik ini menghasilkan output dikehendaki berupa ketersediaan air dan keseimbangan *Supply-Demand* serta output tidak dikehendaki berupa defisit air dan kebocoran pipa yang selanjutnya menjadi masukan untuk kebijakan penghematan air, pengendalian kebocoran dan peningkatan produksi air bersih.



Gambar 5.3. Diagram Input-Output

Penyusunan Model Dinamis

Pendekatan sistem ditempuh melalui beberapa tahapan, yaitu: analisis kebutuhan sistem, formulasi masalah, identifikasi sistem, penyusunan sistem, simulasi (skenario optimis, moderat dan pesimis) dan verifikasi/validasi. Metode analisis yang digunakan adalah analisis sistem menggunakan model dinamik (Muhammadi, *et al.*, 2001). Tahap permodelan sistem dinamik (Muhammadi, *et al.*, 2001) adalah: Analisis Kebutuhan, Perumusan Permasalahan, Diagram Input-Output, Identifikasi Sistem, Penyusunan Model, Simulasi Model, dan Validasi Model. Model dinamik dibuat dengan menggunakan perangkat lunak Powersim Studio Enterprise 2005.

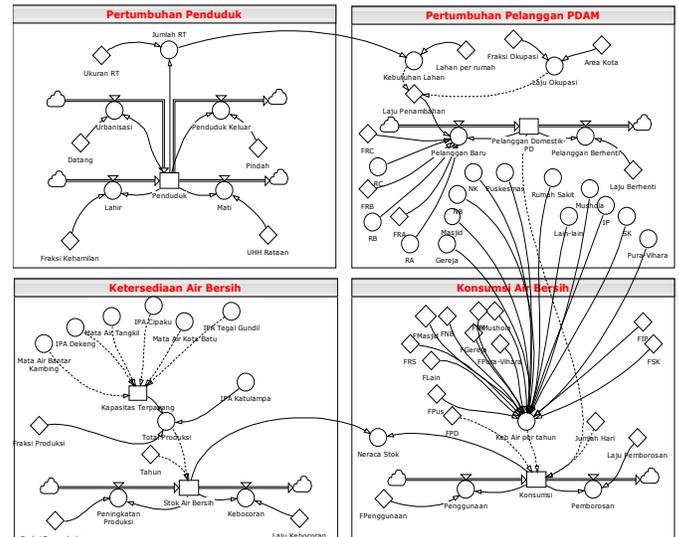
Struktur Input

Secara umum rancangan pemodelan dibagi menjadi empat sub model, yaitu: (1) sub model penduduk, (2) sub model pelanggan PDAM, (3) sub model konsumsi air bersih dan (4) sub model ketersediaan air bersih, dengan masing-masing komponen sub model yang disertai dengan struktur input data sebagaimana disajikan pada Tabel 5.1.

Tabel 5.1. Struktur Input

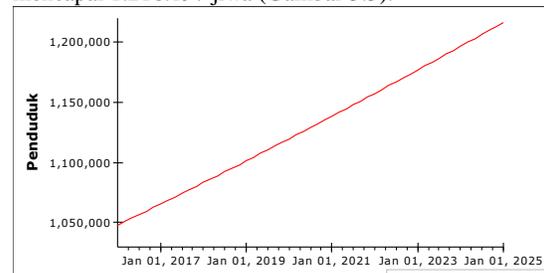
<p>1. Sub Model Penduduk:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Jumlah Penduduk - Laju Kelahiran (% per tahun) - Laju Kematian (% per tahun) - Laju Urbanisasi (% per tahun) - Laju Migrasi Keluar (% per tahun) - Jumlah Anggota RT (Jiwa) - Jumlah RT (KK) <p>2. Sub Model Pelanggan PDAM</p> <ul style="list-style-type: none"> - Laju Pertumbuhan Perumahan (%) - Laju Pemasangan SR (%) - Laju Pertambahan Pelanggan Baru (%) - Laju Pelanggan Berhenti (%) - Jumlah Pelanggan PDAM (SR) <p>3. Sub Model Konsumsi Air Bersih</p> <ul style="list-style-type: none"> - Kebutuhan Air Bersih (l/kapita/hari) 	<ul style="list-style-type: none"> - Konsumsi Air Bersih (m³/hari) - Laju Penggunaan (%) - Fraksi Penggunaan - Laju Pemborosan (%) - Fraksi Pemborosan - Neraca Stok (m³): Stok Air Bersih - Konsumsi Air Bersih <p>4. Sub Model Ketersediaan Air Bersih</p> <ul style="list-style-type: none"> - Kapasitas Terpasang (Bantar Kambing, Dekeng, Tangkil, Cipaku, Kota Batu, Tegal Gundul) - Stok Air Bersih - Produksi PDAM - Laju Kebocoran - Laju Peningkatan Produksi - IPA Katulampa - Fraksi Penambahan
--	---

Model dinamis tersebut ditampilkan dalam grafik waktu (*time graph*) dan tabel waktu (*time table*) yang dijelaskan sebagai berikut.



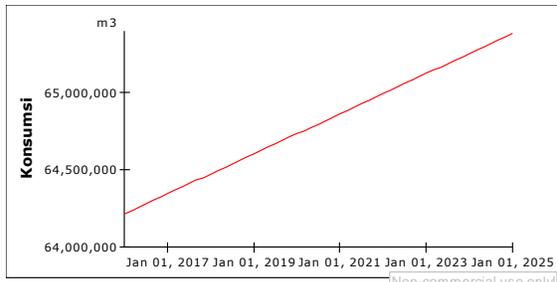
Gambar 5.4. Model Dinamis

Pertumbuhan penduduk Kota Bogor relatif tinggi, yaitu dengan angka kelahiran sebesar 3% per tahun dan tingkat urbanisasi sebesar 0,2 %/tahun yang menyebabkan jumlah penduduk saat ini mencapai 1.030.720 jiwa dan diproyeksikan pada tahun 2025 mencapai 1.216.197 jiwa (Gambar 5.5).



Gambar 5.5. Grafik Proyeksi Pertumbuhan Penduduk (2015-2025)

Peningkatan jumlah penduduk tersebut secara langsung akan menyebabkan peningkatan kebutuhan air bersih untuk berbagai aktivitas, baik aktivitas domestik (MCK dan keperluan rumah tangga) atau aktivitas don domestik seperti kegiatan komersial dan industri, kegiatan sosial kemasyarakatan, dan kebutuhan air untuk berbagai sektor baik yang terkait dengan sarana umum (masjid, musholla dan tempat ibadah), sarana khusus (sekolah) serta kebutuhan air pada berbagai aktivitas lainnya. Berdasarkan hasil simulasi, dapat diketahui bahwa konsumsi air bersih di Kota Bogor saat ini mencapai 57.1 juta m³/tahun dan akan terus meningkat hingga mencapai 70.8 juta m³/tahun pada tahun 2025 (periksa Gambar 5.6).

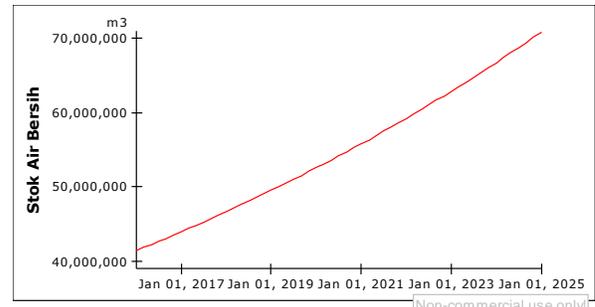


Gambar 5.6. Proyeksi Konsumsi Air Bersih

Jumlah Pelanggan PDAM saat ini diperkirakan mencapai 96.200 SR dan diperkirakan akan terus meningkat hingga 107.535 pada tahun 2025. Kondisi ini perlu diantisipasi oleh PDAM Tirta Pakuan yang mewakili Pemerintah Kota Bogor sebagai operator pelayanan air bersih untuk memenuhi kebutuhan air bersih masyarakat. Bila dilihat dari kapasitas terpasang saat ini hanya sekitar 39 juta m³/tahun maka masih sangat jauh untuk dapat memenuhi kebutuhan masyarakat (Periksa Gambar 4.3). Berdasarkan hasil analisis, saat ini capai MDG's di Kota Bogor baru mencapai 65%. Beberapa skenario ke depan dapat saja terjadi, misalnya bila PDAM tidak mencoba untuk meningkatkan kapasitas produksinya dengan membangun IPA baru, atau upaya lainnya dalam rangka memenuhi kebutuhan air bersih masyarakat, maka kondisi defisit akan semakin memburuk, sebagaimana kondisi saat ini yang mengalami defisit layanan sebesar 22,8 juta m³/tahun. Oleh karenanya diperlukan beberapa upaya, di antaranya:

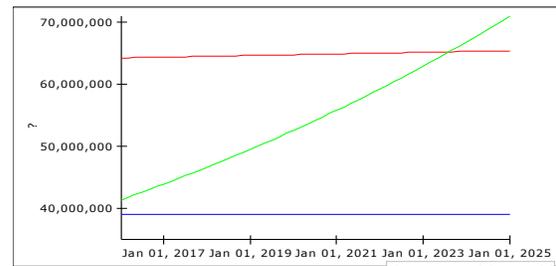
- (1) Menekan angka kebocoran dari 20% saat ini menjadi kurang dari 12%.
- (2) Upaya meningkatkan jangkauan layanan melalui berbagai program perpipaan swadaya masyarakat dan sebagainya sehingga diharapkan dapat meningkatkan produksi mencapai 18% per tahun.
- (3) Upaya Kampanye penghematan penggunaan air bersih agar laju konsumsi air bersih dapat lebih ditekan.
- (4) Memanfaatkan air bersih PDAM hanya benar-benar untuk keperluan Rumah Tangga yang utama, sedangkan keperluan lainnya dapat memanfaatkan air sumur atau air permukaan.

Dengan demikian upaya untuk meningkatkan produksi dalam rangka mengimbangi konsumsi yang semakin meningkat dapat dilakukan. Peningkatan produksi yang perlu direncanakan sebagaimana Gambar 5.7.



Gambar 5.7. Proyeksi Stok dan Ketersediaan Air Bersih

Berdasarkan target produksi dengan penyediaan stok air yang terprogram, maka posisi neraca air bersih dapat diproyeksikan (Gambar 5.8).



Gambar 5.8. Neraca Kesetimbangan stok air bersih

Berdasarkan gambar tersebut, nampak bahwa simulasi model penyediaan air bersih dengan berbagai rekomendasi program sebagaimana dimaksud di muka akan mampu mengimbangi tingkat konsumsi air bersih pada tahun 2023 pada taraf kebutuhan konsumsi air bersih sebesar 65 juta m³. Berdasarkan grafik tersebut, nampak bahwa capaian target MDG's 100% akan terlampaui pada tahun 2023.

Skenario Optimis

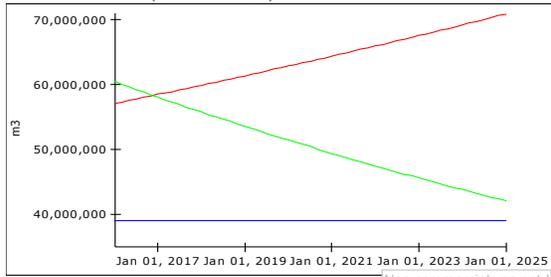
Skenario optimis dilakukan dengan hanya mengandalkan pemaksimalan produksi pada kapasitas terpasang saat ini (sebesar 40%) dan membiarkan tingkat kebocoran sebesar 18% serta mengembangkan program air bersih hingga 14% per tahun, maka diproyeksikan Kota Bogor masih akan mengalami defisit air bersih pada Tahun 2017 sebesar 423,7 ribu m³/tahun dan bahkan defisit tersebut semakin parah hingga pada tahun 2025 mencapai 28,7 juta m³/tahun (Tabel 5.2).

Tabel 5.2. Hasil simulasi dengan skenario optimis

Time	Penduduk	PD (SR)	Konsumsi (m3)	Kap Terpasang (m3)	Neraca Stok (m3)	Stok Air Bersih (m3)
Jan 01, 2015						
Jan 01, 2016	1,047,874	96,200	57,082,940.56	39,004,416	3,336,953.94	60,419,894.50
Jan 01, 2017	1,065,363	97,414	58,466,704.32	39,004,416	-423,681.93	58,043,022.39
Jan 01, 2018	1,083,143	98,639	59,884,012.30	39,004,416	-4,124,357.70	55,759,654.60
Jan 01, 2019	1,101,220	99,876	61,335,677.64	39,004,416	-7,769,564.90	53,566,112.74
Jan 01, 2020	1,119,599	101,124	62,822,533.21	39,004,416	-11,363,670.08	51,458,863.13
Jan 01, 2021	1,138,285	102,383	64,345,432.07	39,004,416	-14,910,920.98	49,434,511.09
Jan 01, 2022	1,157,282	103,653	65,905,247.95	39,004,416	-18,415,452.45	47,489,795.50
Jan 01, 2023	1,176,596	104,936	67,502,875.78	39,004,416	-21,881,292.25	45,621,583.53
Jan 01, 2024	1,196,233	106,230	69,139,232.15	39,004,416	-25,312,366.57	43,826,865.58
Jan 01, 2025	1,216,198	107,535	70,815,255.90	39,004,416	-28,712,505.46	42,102,750.44

Non-commercial use only

Pada skenario optimis, kondisi defisit akan terjadi pada tahun 2017 dan memiliki kecenderungan yang terus menurun. Hal ini mengindikasikan perlunya upaya serius yang perlu dilakukan stakeholder air bersih agar dapat merubah *trend* pertumbuhan negatif yang menunjukkan kecenderungan defisit yang semakin besar (Gambar 5.3).



Gambar 5.3. Skenario Optimis

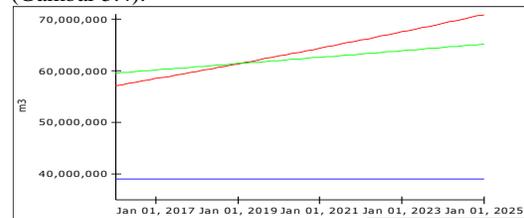
Skenario Moderat

Skenario moderat dilakukan dengan memaksimalkan produksi pada kapasitas terpasang saat ini (sebesar 50%) dan membiarkan tingkat kebocoran sebesar 15% serta mengembangkan program air bersih hingga 16% per tahun, maka diproyeksikan Kota Bogor tidak akan mengalami defisit air bersih pada Tahun 2020 sebesar 847,4 ribu m3/tahun dan bahkan defisit tersebut semakin parah hingga pada tahun 2025 mencapai 5,7 juta m3/tahun (Tabel 5.3).

Tabel 5.3. Hasil simulasi dengan skenario moderat

Time	Penduduk	PD (SR)	Konsumsi (m3)	Kap Terpasang (m3)
Jan 01, 2015				
Jan 01, 2016	1,047,874	96,200	57,082,940.56	39,004,416
Jan 01, 2017	1,065,363	97,414	58,466,704.32	39,004,416
Jan 01, 2018	1,083,143	98,639	59,884,012.30	39,004,416
Jan 01, 2019	1,101,220	99,876	61,335,677.64	39,004,416
Jan 01, 2020	1,119,599	101,124	62,822,533.21	39,004,416
Jan 01, 2021	1,138,285	102,383	64,345,432.07	39,004,416
Jan 01, 2022	1,157,282	103,653	65,905,247.95	39,004,416
Jan 01, 2023	1,176,596	104,936	67,502,875.78	39,004,416
Jan 01, 2024	1,196,233	106,230	69,139,232.15	39,004,416
Jan 01, 2025	1,216,198	107,535	70,815,255.90	39,004,416

Beberapa upaya untuk mengatasi kondisi defisit air bersih telah dilakukan dengan beberapa program kegiatan yang dapat meningkatkan parameter input sebagaimana telah dijelaskan di muka dengan langkah-langkah moderat. Hasilnya adalah terjadinya pergeseran kurva defisit menjadi tahun 2018 dan dengan kecenderungan defisit yang tidak terlalu besar (Gambar 5.4).



Gambar 5.4. Skenario Moderat

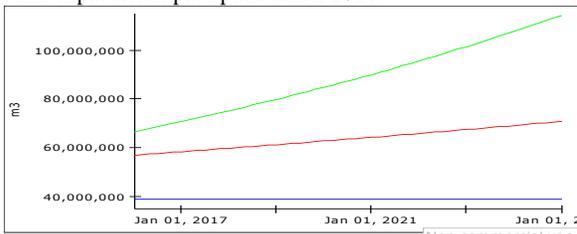
Skenario Pesimis

Skenario pesimis dilakukan dengan memaksimalkan produksi pada kapasitas terpasang saat ini (sebesar 60%) dan membiarkan tingkat kebocoran sebesar 12% serta mengembangkan program air bersih hingga 18% per tahun, maka diproyeksikan Kota Bogor tidak akan mengalami defisit air bersih (Tabel 5.4).

Tabel 5.4. Hasil simulasi dengan skenario pesimis

Time	Penduduk	PD (SR)	Konsumsi (m3)	Kap Terpasang (m3)	Neraca Stok (m3)	Stok Air Bersih (m3)
Jan 01, 2015						
Jan 01, 2016	1,047,874	96,200	57,082,940.56	39,004,416	9,661,930.96	66,744,871.52
Jan 01, 2017	1,065,363	97,414	58,466,704.32	39,004,416	12,384,321.75	70,851,026.07
Jan 01, 2018	1,083,143	98,639	59,884,012.30	39,004,416	15,325,779.57	75,209,791.87
Jan 01, 2019	1,101,220	99,876	61,335,677.64	39,004,416	18,501,031.95	79,836,709.59
Jan 01, 2020	1,119,599	101,124	62,822,533.21	39,004,416	21,925,742.77	84,748,275.99
Jan 01, 2021	1,138,285	102,383	64,345,432.07	39,004,416	25,616,570.62	89,962,002.69
Jan 01, 2022	1,157,282	103,653	65,905,247.95	39,004,416	29,591,230.69	95,496,478.64
Jan 01, 2023	1,176,596	104,936	67,502,875.78	39,004,416	33,868,560.61	101,371,436.39
Jan 01, 2024	1,196,233	106,230	69,139,232.15	39,004,416	38,468,590.27	107,607,822.42
Jan 01, 2025	1,216,198	107,535	70,815,255.90	39,004,416	43,412,615.96	114,227,871.86

Pada skenario pesimis, terjadi perubahan signifikan di mana produksi air bersih menjadi di atas kebutuhan rata-rata tahunan (surplus) sebagaimana disajikan pada Gambar 5.5. Namun demikian upaya untuk mewujudkan hal ini relatif tidak mudah, karena secara paralel perlu menekan kebocoran di bawah 12%/tahun, program penghematan air bersih, peningkatan kapasitas produksi melalui pembangunan IPA baru atau pengelolaan sumber-sumber air bersih konvensional lainnya (Non PDAM) dengan pipanisasi swadaya. Dengan langkah ini, pencapaian MDG's akan dapat terlampaui pada tahun 2017.



Gambar 5.5. Skenario Pesimis

Perancangan Sistem Aplikasi

Analisis Kebutuhan

Sistem dashboard memiliki bagian-bagian yang disesuaikan dengan kebutuhan dari pengguna seperti kebutuhan fungsional, kebutuhan pengguna, serta analisis *input* serta *output*.

Analisis Kebutuhan Fungsional

Analisis kebutuhan fungsional adalah fungsi-fungsi yang ada di dalam sistem dashboard disesuaikan dengan kebutuhan pokok dari pengguna. Fungsi-fungsi yang dibangun yaitu :

- a. Manajemen data ketersediaan air bersih, kebutuhan air bersih, produksi air bersih oleh PDAM, serta nilai dari dampak-dampak lingkungan yang mempengaruhi yaitu pertumbuhan penduduk, pencemaran lingkungan, faktor kebijakan dan lain-lain.
- b. Kontrol data yang mempengaruhi target MDG
- c. Menampilkan grafik hasil dari data serta kontrol data.

Analisis Kebutuhan Pengguna

Analisis kebutuhan pengguna ialah analisis yang menekankan pengguna yang langsung menggunakan sistem dashboard serta kebutuhan yang diperlukan ketika menggunakannya. Penelitian ini penggunaannya ialah dari pihak PDAM, Pemerintah, Masyarakat, dan BBWS. Pengguna membutuhkan nilai target MDG yang dipengaruhi dari data nilai lainnya.

Analisis Masukan dan Keluaran Sistem

Analisis masukan dan keluaran sistem dashboard ini adalah data merupakan masukan sistem, sedangkan tampilan grafik ataupun *pie chart* merupakan tampilan keluaran sistem.

Perancangan UML

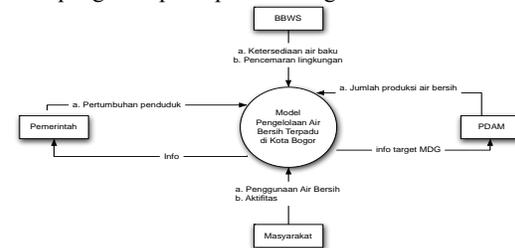
List Actor

List Actor pada Tabel merupakan keterangan pengguna yang secara langsung menggunakan sistem dashbord, akan tetapi dalam penelitian ini semua aktor yang ada akan diwakili oleh *abstract actor* yaitu admin, agar mengurangi *usecase* yang berulang.

Aktor	Keterangan
Masyarakat	Aktor yang memiliki data penggunaan air bersih, aktifitas, dan nilai sosio-ekonomi
BBWS	Aktor yang mengawasi ketersediaan sumber air, dan pencemarannya.
PDAM	Aktor yang memiliki data produksi air bersih,
Pemerintah	Aktor yang memiliki data pertumbuhan penduduk
Abstract actor	
Admin	Aktor yang akan menginputkan semua data

Context Diagram

Context Diagram atau diagram konteks pada Gambar menggambarkan proses yang terdapat dalam sistem dashboard. Aktor yang terlibat atau menggunakan sistem adalah masyarakat, BBWS, PDAM dan Pemerintah. Setiap aktor memberikan data mengenai aktifitas yang terjadi, dimana aktifitas tersebut akan mempengaruhi pencapaian nilai target MDG's.



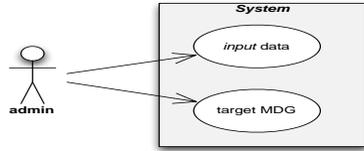
List Use Case

Usecase pada penelitian ini adalah *input* data yang mempengaruhi nilai MDG. Nilai MDG akan diproses disesuaikan dengan kebutuhan perhitungan yang ada. Penggunaan *usecase* dapat dilihat pada Tabel

Usecase	Keterangan	Actor
Input Data	Memasukan data seperti nilai pertumbuhan penduduk, nilai pencemaran lingkungan, nilai ketersediaan sumber air, jumlah produksi	Admin
Info MDG	Menampilkan target MDG	

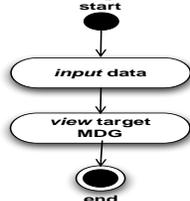
Usecase Diagram

Diagram pada Gambar ialah diagram yang menggambarkan kebutuhan *user* terhadap sistem dashbord yang dibangun.



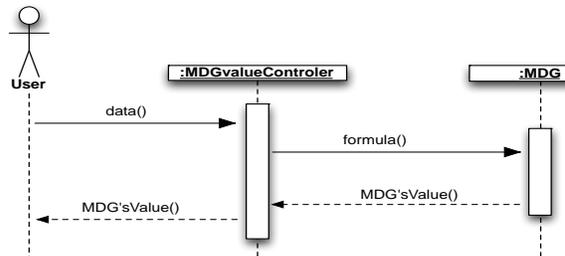
Activity Diagram

Kegiatan *user* dalam menggunakan sistem dashboard berdasarkan *usecase* yang telah ditentukan yaitu aktifitas *input data*, dan aktifitas menampilkan target MDG. Aktifitas *input data* dilakukan oleh admin yang berperan sebagai *abstract actor*. Aktifitas ini memasukan nilai yang mempengaruhi target MDG yang ingin dicapai akan tampil dalam sistem.



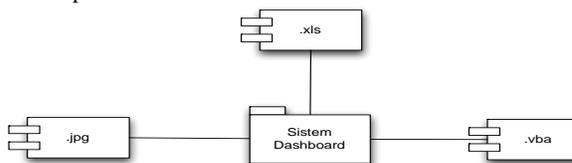
Sequence Diagram

Tahapan proses yang ada dalam sistem dashboard, yaitu dengan cara *user* memasukan data nilai yang akan mempengaruhi nilai MDG. Data nilai akan disimpan berdasarkan atributnya dan data nilai kemudian akan di formulasi dengan model sehingga hasil yang didapatkan sesuai dengan target yang diharapkan atau tidak. Tahapan proses tersebut dapat digambarkan dalam bentuk *sequence diagram* yang dapat dilihat pada Gambar.



Component Diagram

Model sistem dashboard dalam penelitian ini memiliki komponen yang saling melengkapi sehingga sistem dapat berjalan sesuai dengan kebutuhan. *Component Diagram* yang dirancang dalam penelitian ini dapat dilihat pada Gambar.



Deployment Diagram

Sistem dashboard yang telah dibangun akan dikonfigurasi dan diimplementasikan ke komputer dan disesuaikan dengan kebutuhan pengguna. Rancangan penempatan sistem dapat dilihat pada Gambar.

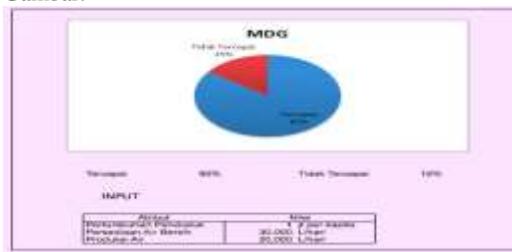


Prototype System

Penelitian ini membuat *prototype dashboard system* menggunakan aplikasi *spreadsheet* yaitu Microsoft Excel dengan bahasa pemrograman *Visual Basic for Application*. Prototipe tampilan memasukan data serta keluaran dalam bentuk grafik dalam sistem dashboard penelitian ini dapat dilihat pada Gambar



Prototipe tampilan sistem dashboard ini akan memberikan informasi nilai target MDG dimana nilai target dipengaruhi dari atribut yang telah ditentukan. Nilai atribut didapatkan dari hasil input data yang telah dilakukan, disesuaikan dengan kategori atribut tersebut. Tampilan prototipe sistem dapat dilihat pada Gambar.



IV. PENUTUP

Berdasarkan hasil penelitian, diperoleh simpulan sebagai berikut.

- (1) Model dinamis sistem ketersediaan air bersih di Kota Bogor menggambarkan bahwa jumlah penduduk meningkat secara cepat, yang diperkuat dengan arus urbanisasi (migrasi masuk), mengakibatkan kebutuhan air bersih juga meningkat sehingga mempengaruhi ketersediaannya yang dalam hal ini menjadi tanggungjawab Pemerintah Kota Bogor cq. PDAM Tirta Pakuan.
- (2) Prediksi perilaku model hubungan sebab akibat umpan balik subsistem penduduk dan peningkatan pelanggan dengan subsistem ketersediaan air bersih sampai dengan tahun 2025 menunjukkan bahwa akan terjadi krisis air bersih di Kota Bogor dengan pencapaian MDG's baru sekitar 65% pada tahun 2016.
- (3) Intervensi model dengan faktor perilaku penduduk terhadap air, diprediksikan dapat meningkatkan ketersediaan air bersih. Peningkatan perilaku hemat sebesar 25% per tahun, upaya peningkatan produksi melalui partnership dengan berbagai pihak (seperti perpipaan swadaya dsb), upaya mengatasi kebocoran air PDAM yang saat ini dapat mencapai 20%).

Beberapa saran yang dapat disampaikan adalah:

- (1) Penelitian ini masih memerlukan penguatan data sebagai baseline di dalam pemodelan, di antaranya data kebutuhan air bersih khususnya untuk industri, terminal, stasiun, hotel, rumah makan dan beberapa sektor lainnya.
- (2) Perancangan sistem yang telah dibuat dapat dilanjutkan dan lebih didetilkkan untuk terbangunnya sistem aplikasi pengelolaan air bersih terpadu di Kota Bogor.

Rekomendasi disampaikan sebagai bahan perencanaan kebijakan pengelolaan air bersih, terkait dengan dampak negatif krisis air bersih dan upaya untuk mengakselerasi kemungkinan pencapaian hasil positif ditinjau dari aspek penyediaan, permintaan, dan aspek kebijakan pemerintah. Rekomendasi yang dapat diajukan sebagai implikasi dari temuan-temuan yang telah disimpulkan dalam penelitian ini yaitu :

- (1) Menumbuhkan kesadaran dan peningkatan pengetahuan, kebiasaan baik, serta kreativitas penduduk secara individu maupun kelompok dan badan usaha berkaitan dengan penghematan penggunaan air serta perilaku dan upaya-upaya positif yang dapat menurunkan konsumsi air.
- (2) Mempertahankan laju pertumbuhan penduduk maksimal sebesar 2% per tahun melalui pengendalian migrasi masuk/urbanisasi.
- (3) Meningkatkan kapasitas produksi PDAM dengan kenaikan minimal sebesar 10% per tahun.
- (4) Mengembangkan sumber-sumber air bersih alami dengan mengelola hujan dan memperluas daerah parkir air, serta mengelola air permukaan. serta meningkatkan jumlah sumur-sumur resapan.
- (5) Mengupayakan kebijakan yang berkaitan dengan pengelolaan sumberdaya air bersih secara terpadu, efektif dan efisien.

V. DAFTAR PUSTAKA

- Andani, I.G. 2012. Peningkatan Penyediaan Air Bersih Perpipaan Kota Bogor Dengan Pendekatan Pemodelan Dinamika Sistem. Program Studi Sarjana Perencanaan Wilayah dan Kota, Sekolah Arsitektur, Perencanaan dan Pengembangan Kebijakan, ITB
- Apostolidis, N.; Hertle, H.; Young, R. 2011. Water recycling in Australia. *Water*, 3, 869–881.
- Badan Pusat Statistik. 2015. Kota Bogor Dalam Angka Tahun 2015. BPS-Kota Bogor.
- Chu, J.Y.; Chen, J.N.; Wang, C.; Fu, P. 2004. Wastewater reuse potential analysis: Implications for China's water resources management. *Water Res*, 38, 2746–2756.
- Djawa D. R. 2011. Analisis Kehilangan Energi Air Pada Pipa Penyaluran Sarana Air Bersih Menggunakan Pompa Hidraulik Di BTN Kolhua Kota Kupang, Universitas Nusa Cendana, Kupang.
- Eriyatno. 2003. Ilmu Sistem; Meningkatkan Mutu dan Efektivitas Manajemen. IPB Press. Bogor.
- Hartrisari. 2007. Sistem Dinamik, Konsep Sistem dan Permodelan untuk Industri dan Lingkungan. Seameo-Biotrop. Bogor.
- Kurniadi, U. 2015. Kota Bogor Diprediksi Alami Krisis Air Bersih Tahun 2017. Direktur PDAM Tirta Pakuan. Kompas.com. (Sumber: <http://regional.kompas.com/read/2015/08/05/16410041/Kota.Bogor>)
- Mizunoya, T.; Sakurai, K.; Kobayashi, S.; Piao, S.; Higano, Y. 2006. A simulation analysis of synthetic environment policy: Effective utilization of biomass resources and reduction of environmental burdens in Kasumigaura basin. *Stud. Reg. Sci.*, 36, 355–374.
- Muhammadi, Aminullah, M.E dan Soesilo B.. 2001. Analisis Sistem Dinamis: Lingkungan Hidup, Sosial, Ekonomi, Manajemen. UMJ Press. Jakarta.
- Pandey, V.P.; Babel, M.S.; Shrestha, S.; Kazama, F. 2011. A framework to assess adaptive capacity of the water resources system in Nepalese river basins. *Ecol. Indic.*, 11, 480–488.
- Pemerintah RI. 2004. Undang Undang Republik Indonesia Nomor 7 tahun 2004 tentang Sumber Daya Air. Jakarta.
- Permana, R. 2011. Perancangan Aplikasi Dashboard WMS Berbasis Web Service Menggunakan Teknologi .Net Web Service dan PHP. Universitas Sebelas Maret. Surakarta.
- Rosenberg, D., Scot Kendall. 1999. Use Case Driven Object Modeling with UML : A Practical Approach. Addison-Wesley Professional. USA.
- The Water Dialogues Indonesia. 2009. Review for Private Sector Participation In Water and Sanitation in Indonesia (With A Particular Emphasis On Review on Drinking Water Supply with and Without Public Private Scheme in Indonesia). Final Report.
- Triweko, R.W. 2014. Ketahanan Air Untuk Indonesia: Pandangan Akademisi. Guru Besar Teknik dan Manajemen Sumber Daya Air Universitas Katolik Parahyangan, Bandung.
- UN-Water, Water Security & the Global Water Agenda: A UN-Water Analytical Brief, UNU-INWEH, Ontario, Canada, 2013.
- Wibowo, H.,E. Harsono dan F. Setiawan. 2010. Evaluasi Ketersediaan Air Baku Untuk Air Bersih Domestik Di Jabodetabek. Pusat Penelitian Limnologi - LIPI. Prosiding Seminar Nasional Limnologi V.