

RANCANGAN MODEL PENGELOLAAN AIR BERSIH DALAM UPAYA PEMANFAATAN SUMBERDAYA AIR SECARA BERKELANJUTAN

Musfira

Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan,
Universitas Sains dan Teknologi Jayapura
email: fira.naja3@yahoo.com

Abstrak

Penelitian ini dilaksanakan di Kota Jayapura Provinsi Papua. Tujuan penelitian ini untuk membuat kebijakan dalam pengelolaan air bersih di Kota Jayapura yang saat ini dikelola oleh PDAM selaku Badan Usaha Milik Daerah (BUMD) agar dapat terus berkelanjutan dan terhindar dari krisis air bersih dengan menganalisis sumber dan ketersediaan air bersih, serta kebutuhan air bersih baik domestik maupun non domestik. Metode yang digunakan adalah dengan menganalisa sumber-sumber air dan ketersediaan air bersih di Kota Jayapura, menganalisa kebutuhan air bersih masyarakat Kota Jayapura dengan proyeksi perhitungan jumlah penduduk untuk tahun 2014 – 2034, jumlah pemakaian air domestik dan non domestik, dan metode sistem pemodelan dinamik dan Analisa Proses Hirarki (AHP) untuk menghasilkan kebijakan. Cara pengambilan sampel dilakukan dengan simple random sampling. Teknik pengumpulan data dilakukan dengan cara observasi, wawancara, kuesioner dan dokumentasi. Berdasarkan survei yang dilakukan untuk pengaliran air bersih masih dilakukan secara bergilir 2x dalam seminggu, 6 jam dalam sehari, bahkan ada yang sampai seminggu tidak dapat memperoleh air bersih terutama jika memasuki musim penghujan akibat kerusakan pipa, kebocoran, dan sebagainya. Dari hasil penelitian ini diketahui bahwa mulai tahun 2014 jumlah kebutuhan air bersih di Kota Jayapura sudah tidak dapat terpenuhi. Hal ini dibuktikan dengan kontinuitas pengaliran air bersih yang tidak dapat dinikmati 24 jam sehari, melainkan dengan cara bergiliran akibat jumlah ketersediaan air yang terus menurun dari tahun ke tahun.

Kata kunci: Kota Jayapura, Pengelolaan sumberdaya air, Berkelanjutan, AHP, PDAM, krisis air

1. PENDAHULUAN .

Di daerah perkotaan keberadaan air minum menjadi sangat penting mengingat kedinamisan aktivitas kehidupan masyarakat kota. Menurut Sumarman (2006), suatu sistem penyediaan air minum harus didesain sedemikian rupa agar dapat memenuhi tiga (3) K yaitu: (1) kuantitas; (2) kontinuitas; dan (3) kualitas. Kebutuhan air diperkirakan berdasarkan jumlah penduduk yang dilayani, pemakaian air per kapita dan kebutuhan air untuk non domestik (komersial, industri, sosial, dan sebagainya). Salah satu faktor dalam perkiraan kebutuhan air adalah fluktuasi pemakaian air. Dimana pemakaian air berubah-ubah setiap jamnya, demikian

juga dengan pemakaian air tiap hari juga berubah-ubah. Perbedaan pemakaian air ini disebabkan oleh pola perilaku dan kebiasaan masyarakat.

Kebutuhan akan penyediaan dan pelayanan air bersih dari waktu ke waktu semakin meningkat yang terkadang tidak diimbangi oleh kemampuan pelayanan. Peningkatan kebutuhan ini disebabkan oleh peningkatan jumlah penduduk, peningkatan derajat kehidupan warga serta perkembangan kota/kawasan pelayanan ataupun hal-hal yang berhubungan dengan peningkatan kondisi sosial ekonomi warga yang disertai dengan peningkatan jumlah kebutuhan air per kapita. Peningkatan kebutuhan air tersebut

jika tidak diimbangi dengan peningkatan kapasitas produksi air bersih akan menimbulkan masalah dimana air bersih yang tersedia tidak akan cukup untuk memenuhi kebutuhan masyarakat di wilayah tersebut.

Sebagai bagian dalam upaya peningkatan kualitas hidup manusia adalah dengan terpenuhinya kebutuhan air bersih. Dalam rangka meningkatkan kesejahteraan masyarakat dan mengantisipasi perkembangan daerah diperlukan ketersediaan air bersih yang cukup memadai dalam arti secara kuantitas dan kualitas, serta harus sesuai dengan harapan masyarakat, mengingat selama ini ketersediaan air bersih masih kurang dibandingkan dengan kebutuhan masyarakat.

Provinsi Papua merupakan Provinsi yang paling luas wilayahnya dari seluruh Provinsi di Indonesia. Luas Provinsi Papua \pm 410.660 Km² atau merupakan \pm 21% dari luas wilayah Indonesia. Lebih dari 75% masih tertutup oleh hutan-hutan tropis yang lebat, dengan \pm 80% penduduknya masih dalam keadaan semi terisolir di daerah pedalaman (bagian tengah Papua). Jumlah penduduk 2,3 Juta Jiwa dengan kepadatan penduduk 5,13 orang per Km². Secara geografis berada diantara garis meridian 0°19' – 10°45' LS dan antara garis bujur 130°45' – 141°48' BT yang membentang dari Barat ke Timur dengan silang 11° atau 1.200 Km.

Kota Jayapura merupakan wilayah perkotaan yang masyarakatnya belum dapat dikatakan menikmati air bersih secara merata dan memenuhi syarat kualitas. Padahal di Kota Jayapura banyak terdapat sumber air baik berupa mata air, sungai, dan danau. Hal ini dibuktikan dengan adanya sebagian masyarakat yang masih menggunakan air hujan dan air tanah yang kualitas airnya kurang memenuhi syarat untuk dikonsumsi. *Supply* air bersih di Kota Jayapura masih dapat dibidang jauh dari yang dibutuhkan. Yang diharapkan adalah air dapat mengalir selama 24 jam sehari tanpa berhenti. Namun debit air dari sungai yang menjadi sumber mata air mengalami penurunan drastis, sehingga volume air dalam intake-intake atau

bak penampungan pun sangat tidak memungkinkan dapat mengalir selama 24 jam sehari.

Sistem penyediaan air minum sebagian besar Kota Jayapura dilayani oleh pemerintah melalui PDAM (Perusahaan Daerah Air Minum), dan sebagian kecil lagi oleh Pihak Swasta dan pribadi. PDAM Jayapura merupakan instansi pemerintah yang bergerak di bidang penyedia jasa air minum, selain sebagai lembaga profit juga sebagai lembaga sosial. PDAM Jayapura yang bertugas menyediakan air bersih untuk wilayah Kota Jayapura dan Kabupaten Jayapura. PDAM sebagai BUMD yang bergerak di bidang penyediaan air bersih dituntut untuk mampu menyediakan air bersih untuk memenuhi kebutuhan air bersih. PDAM Jayapura yang berdiri sejak tahun 1890 yang melayani kebutuhan air bersih untuk Kota Jayapura. Menurut Direktur PDAM Jayapura terdahulu, Gading Butar-Butar, bahwa dewasa ini PDAM mengalami berbagai permasalahan untuk mampu memenuhi kebutuhan yang ada. Kuantitas air yang dihasilkan PDAM Kota Jayapura sudah tidak mampu melayani dengan optimal kebutuhan yang ada. Penyebab permasalahan ini muncul disebabkan meningkatnya jumlah pelanggan seiring peningkatan jumlah penduduk dan perkembangan wilayah.

Menurut Direktur PDAM Jayapura terdahulu, Gading Butar-Butar bahwa pada tahun 2030 Kota Jayapura diprediksi akan mengalami krisis air bersih. Ancaman krisis air tersebut disebabkan karena ketidak-adilan dan konflik, serta aktivitas perambahan dan pengrusakan hutan khususnya di wilayah Cagar Alam Cycloop cukup tinggi apabila kondisi ini terus dibiarkan dan tidak segera ditanggulangi, maka debit air akan semakin menurun. Apalagi bila tingkat perusakan hutan semakin besar maka dapat menimbulkan bencana kekeringan. Contoh yang bisa dilihat disini adalah mata air di Kali Anafri yang dulunya mampu menyediakan air sebanyak 200 L/det, tapi kini telah turun menjadi 71 L/det. Kondisi ini akan semakin bertambah parah dengan

semakin meningkatnya jumlah penduduk di wilayah Kota Jayapura yang tentunya akan berdampak pada peningkatan kebutuhan air bersih. Pada tahun 2006, Sungai Kampwoker masih mampu mensuplai kebutuhan air bersih bagi masyarakat Kota Jayapura sebanyak 30 L/M³, meski musim kemarau sekalipun. Namun setelah beberapa tahun, debit air mulai turun dratis mencapai 20 L/M³.

Sedangkan permintaan terhadap air bersih akan semakin meningkat dari waktu ke waktu akibat pertumbuhan penduduk yang tinggi yang disebabkan oleh tingginya laju migrasi dan urbanisasi, serta pesatnya pertumbuhan kegiatan ekonomi. Di lain pihak, eksploitasi sumberdaya air secara berlebihan (*over exploitation*) baik oleh rumah tangga maupun non domestik mengakibatkan kapasitas ketersediaan air bersih juga semakin menurun. Hal tersebut diperburuk dengan pesatnya pembangunan yang dilakukan di daerah tangkapan air (*water catchment area*). Untuk mencegah semakin parahnya degradasi sumberdaya air akibat banyak daerah resapan air yang sudah tidak dapat berfungsi dengan baik dan untuk menjamin keberlanjutan ketersediaan air bersih di Kota Jayapura, diperlukan pendekatan yang lebih menyeluruh dalam pengelolaan air.

Selama ini penyediaan air bersih oleh PDAM bagi penduduk Kota Jayapura dan Kabupaten Jayapura seringkali terkendala. Penyebab dari krisis ketersediaan air ini antara lain kebocoran pipa, debit dari sumber yang fluktuatif, dan lain sebagainya. Sumber air bersih untuk Kota Jayapura dan Kabupaten Jayapura ini berasal dari mata air dan sungai daerah *upstream* (hulu sungai). Sumber air bersih ini fluktuatif karena dipengaruhi oleh besarnya curah hujan. Apabila curah hujan menurun, maka debit air pada sumber air bersih ini akan menurun begitu pula sebaliknya apabila curah hujan meningkat maka debit air akan meningkat. Kondisi ini diperparah dengan semakin berkurangnya fungsi hutan. Beberapa tahun terakhir ini penjarahan hutan atau penebangan liar di kawasan hutan makin

marak terjadi dimana-mana seakan-akan tidak terkendali. Ancaman kerusakan hutan ini jelas akan menimbulkan dampak negatif yang luar biasa besarnya karena adanya efek domino dari hilangnya hutan, terutama pada kawasan-kawasan yang mempunyai nilai fungsi ekologis dan biodiversitas besar. Peran hutan sangat besar dalam menyokong kehidupan manusia, salah satu diantaranya dari kemampuan sebagai regulator air melalui berbagai proses dalam siklus hidrologi yang berlangsung di dalamnya.

Secara total masyarakat atau rumah tangga di Kota dan Kabupaten Jayapura yang rumahnya telah menikmati fasilitas jaringan air bersih yang disalurkan oleh PDAM Jayapura angkanya baru mencapai 58% (Ir. Ketty Kailola, 2015). Angka tersebut masih dibawah angka yang harus dicapai sebuah kabupaten/kota ketika akan memasuki era *Milenium Development Goal's* (MDGs) pada Tahun 2015 mendatang. Dimana persyaratan di dalam MDGs sendiri, mengharuskan minimal rumah tangga yang telah terlayani jaringan air bersih 68,67% (Gading Butar Butar dalam surat kabar *online* Tempo.co, Selasa, 24 Mei 2011). Dengan demikian bagaimana PDAM mempersiapkan pipa jaringan guna mengejar sisa persentase rumah tangga yang harus terlayani sebelum tahun 2015. Namun terkendala dengan program pelebaran jalan dari Sentani hingga kawasan Waena pada Tahun 2014 mendatang mengharuskan jaringan pipa PDAM yang ada di dalam jalur tersebut dipindahkan, sehingga diperlukan anggaran yang cukup besar untuk mengatasi hal tersebut.

Air saat ini sudah menjadi salah satu masalah. Hal ini dikarenakan air sudah menjadi suatu kebutuhan yang mulai langka. Terutama pada saat musim kemarau air bersih mulai langka. Banyak daerah yang mengalami kekeringan diakibatkan tidak adanya air. Musim penghujan juga menghadirkan permasalahan air yang baru bagi masyarakat. Hujan yang turun terus-menerus, mengakibatkan banjir. Banjir sendiri membuat masyarakat yang terkena dampak

banjir akan mengalami masalah kesulitan untuk mendapatkan air bersih.

Sumber daya air merupakan bagian dari sumber daya yang mempunyai sifat yang sangat berbeda dengan sumber daya alam lainnya. Air adalah sumber daya yang terbaru, bersifat dinamis mengikuti siklus hidrologi yang secara alamiah berpindah-pindah serta mengalami perubahan bentuk dan sifat. Tergantung dari waktu dan lokasinya, air dapat berupa zat padat sebagai es dan salju, dapat berupa air yang mengalir serta air permukaan. Berada dalam tanah sebagai air tanah, berada di udara sebagai air hujan, berada di laut sebagai air laut, dan bahkan berupa uap air yang didefinisikan sebagai air udara.

Dewasa ini permasalahan yang cenderung dihadapi oleh pemerintah maupun masyarakat dalam kaitannya dengan pemanfaatan sumberdaya air meliputi ; (1) adanya kekeringan di musim kemarau dan banjir di musim hujan; (2) persaingan dan perebutan air antara daerah hulu dan hilir atau konflik antara berbagai sektor; (3) penggunaan air yang berlebihan dan kurang efisien; (d) penyempitan dan pendangkalan sungai, danau karena desakan lahan untuk pemukiman dan industri; (e) pencemaran air permukaan dan air tanah ; (f) erosi sebagai akibat penggundulan hutan.

Permasalahan air yang semakin kompleks ini menuntut kita untuk mengelola sumberdaya air sehingga dapat menunjang kehidupan masyarakat dengan baik. Berdasarkan UU No 7/2004 tentang Sumberdaya Air, Pengelolaan sumber daya air adalah upaya merencanakan, melaksanakan, memantau, dan mengevaluasi penyelenggaraan konservasi sumber daya air, pendayagunaan sumber daya air, dan pengendalian daya rusak air.

Penelitian ini bertujuan untuk membuat model pengelolaan air bersih di Kota Jayapura sehingga pemanfaatan sumber air dapat berlangsung secara berkelanjutan.

2. KAJIAN LITERATUR

2.1. Air Bersih

Air adalah sumber daya alam yang mutlak diperlukan bagi kehidupan manusia dan dalam sistem tata lingkungan, air adalah unsur lingkungan. Kebutuhan manusia akan kebutuhan air selalu meningkat dari waktu ke waktu, bukan saja karena meningkatnya jumlah manusia yang memerlukan air tersebut, melainkan juga karena meningkatnya intensitas dan ragam dari kebutuhan akan air (Silalahi (2002) dalam Ariyanto (2007)).

Air bersih yaitu air yang digunakan untuk memenuhi kebutuhan sehari-hari dan akan menjadi air minum setelah dimasak terlebih dahulu. Menurut Permenkes No.492/Menkes/PER/IV/2010, tertanggal 19 April 2010 tentang Persyaratan Kualitas Air Minum yang dimaksud dengan air minum adalah air yang melalui proses pengolahan atau tanpa proses pengolahan yang memenuhi syarat kesehatan dan dapat langsung diminum. Sebagai batasannya, air bersih adalah air yang memenuhi persyaratan bagi sistem penyediaan air minum.

2.2. Pembangunan Berkelanjutan

Pembangunan berkelanjutan adalah: Pembangunan yang berdasarkan pada azas pertumbuhan ekonomi, pelestarian lingkungan hidup dan stabilitas social untuk meningkatkan kesejahteraan manusia, baik generasi saat ini maupun generasi mendatang tanpa menimbulkan kerusakan lingkungan hidup dan ekosistem (Prof. Dr.Ir. Suryono *dalam* materi kuliah, 2009).

Menurut UU nomor. 32 tahun 2009 tentang perlindungan pengelolaan lingkungan hidup, bahwa pembangunan berkelanjutan adalah: upaya sadar terencana yang memadukan aspek lingkungan hidup, social, dan ekonomi ke dalam strategi pembangunan untuk menjamin kebutuhan lingkungan hidup serta keselamatan, kemampuan, kesejahteraan, dan mutu hidup generasi masa kini dan generasi masa depan.

Menurut Djajadiningrat (2001) dalam Materi kuliah Prof Dr. Surjono H. Sutjahjo, bahwa pembangunan berkelanjutan adalah pembangunan yang memenuhi kebutuhan masa kini tanpa mengurangi kemampuan generasi mendatang. Kemudian menurut Bank Dunia bahwa untuk mendefinisikan keberlanjutan (*sustainability*) sebagai "memberikan/meninggalkan kepada generasi yang akan datang kesempatan sebanyak mungkin daripada yang telah kita miliki." Dengan mengartikan kesempatan sebagai kekayaan per kapita atau modal tentang hubungan antara pertumbuhan ekonomi dan pembangunan berkelanjutan.



Gambar 1 Konsep Pembangunan Berkelanjutan (sumber : Materi kuliah Prof. Dr. Surjono H. Sutjahjo)

2.3. Sistem

Pengertian sistem menurut Manetsch dan Park (1979) dalam Manalu (2012), merupakan suatu gugus dari elemen yang saling berhubungan dan terorganisir untuk mencapai suatu tujuan atau gugus dari tujuan. Pendekatan sistem (*system approach*) diartikan sebagai suatu metodologi penyelesaian masalah yang dimulai secara tentatif mendefinisikan atau merumuskan tujuan dan hasilnya adalah suatu sistem operasi yang secara efektif dapat digunakan untuk menyelesaikan permasalahan yang kompleks. Pendekatan sistem selalu mencari keterpaduan antar bagian melalui pemahaman yang utuh. Dalam pendekatan sistem umumnya ditandai oleh dua hal, yaitu:

(1) mencari semua faktor penting dalam mendapatkan solusi yang baik untuk menyelesaikan masalah; (2) dibuat suatu model kuantitatif untuk membantu keputusan secara rasional. Untuk dapat bekerja secara sempurna suatu pendekatan sistem mempunyai delapan unsur yang meliputi: (1) metodologi untuk perencanaan dan pengelolaan; (2) suatu tim yang multi disipliner; (3) pengorganisasian; (4) disiplin untuk bidang yang non kuantitatif; (5) teknik model matematik; (6) teknik simulasi; (7) teknik optimasi; dan (8) aplikasi komputer (Eriyatno. 1999 dalam Manalu (2012)).

Menurut Eriyatno (1999) dalam Manalu (2012), penyelesaian persoalan dengan pendekatan sistem harus memenuhi tiga karakteristik yaitu: (1) kompleks, dimana interaksi antar elemen cukup rumit; (2) dinamis, dalam arti faktor yang ada berubah menurut waktu dan ada pendugaan ke masa depan; dan (3) probabilistik yakni diperlukannya fungsi peluang dalam inferensi kesimpulan maupun rekomendasi.

Menurut Hardjomidjojo (2006) dalam Manalu (2012), untuk menyelesaikan persoalan dengan pendekatan sistem dapat dilakukan dengan tiga filosofi sistem yang dikenal dengan SHE, yaitu: **Sibernetik** (*goal oriented*) artinya dalam penyelesaian permasalahan tidak berorientasi pada permasalahan (*problem oriented*) tetapi lebih berorientasi pada tujuan); **Holistik** yaitu cara pandang yang utuh terhadap totalitas sistem, atau menyelesaikan permasalahan secara utuh, menyeluruh dan terpadu; dan **Efektifitas** artinya bahwa system yang dikembangkan tersebut harus dapat dioperasikan.

Suatu pendekatan sistem akan berjalan dengan baik jika terpenuhi kondisi-kondisi berikut: (1) tujuan sistem didefinisikan dengan baik dan dapat dikenali jika tidak dapat dikuantifikasikan; (2) prosedur pembuatan keputusan dalam sistem riil adalah tersentralisasi atau cukup jelas batasannya; dan (3) dalam perencanaan jangka panjang memungkinkan untuk dilakukan karena sistem adalah suatu gugus dari elemen yang saling berhubungan dan terorganisir untuk

mencapai suatu tujuan atau suatu gugus dari tujuan (Manetsch dan Park 1979 dalam Eriyatno 1999 dan Forrester 1976 dalam Nelwan dkk (2013)).

Menurut Pramudya (1989) dalam Agustina (2007), analisis sistem merupakan studi mengenai sistem atau organisasi dengan menggunakan azas-azas metode ilmiah, sehinggadapat dibentuk konsepsi dan model yang dapat digunakan sebagai dasar pengelolaan untuk mengadakan perubahan-perubahan struktur dan metode serta menentukan kebijakan, strategi, dan taktik. Winardi (1989) dalam Suwari (2010) menyatakan bahwa sistem harus dipandang secara *holistic* (keseluruhan), sehingga terjadi sebuah keseimbangan untuk pencapaian tujuan.

Suatu sistem mempunyai *input* (masukan) yang akan berproses untuk menghasilkan *output* (keluaran). Pada suatu sistem terdapat umpan balik yang berfungsi sebagai pengatur komponen-komponen sistem yang saling berinteraksi untuk mencapai tujuan. Sistem yang lebih besar dapat terdiri atas beberapa sub-sistem (sistem kecil) yang akan membentuk suatu hirarki.

Perubahan pada satu komponen dari suatu sistem akan mempengaruhi komponen lain dan biasanya akan menghasilkan umpan balik pada periode yang sama atau pada periode berikutnya. Perubahan tersebut dapat disebabkan oleh faktor internal (dari dalam sistem) maupun faktor eksternal (dari luar sistem). Karena pemikiran sistem selalu mencari keterpaduan antar bagian melalui pemahaman yang utuh, maka diperlukan suatu kerangka fikir baru yang terkenal pendekatan sistem (*system approach*). Dalam pendekatan sistem umumnya ditandai oleh 2 (dua) hal, yaitu: (1) mencari semua faktor penting dalam mendapatkan solusi yang baik untuk menyelesaikan masalah; (2) dibuat suatu model kuantitatif untuk membantu keputusan secara rasional. Untuk dapat bekerja secara sempurna suatu pendekatan sistem mempunyai delapan (8) unsur yang meliputi: (1) metodologi untuk perencanaan

dan pengelolaan; (2) suatu tim yang multidisipliner; (3) pengorganisasian; (4) disiplin untuk bidang yang non kuantitatif; (5) teknik model matematik; (6) teknik simulasi; (7) teknik optimasi; dan (8) aplikasi komputer (Eriyatno 1999 dalam Manalu (2012)).

2.4. Sistem Dinamik

Sistem dinamik merupakan sebuah pendekatan yang menyeluruh dan terpadu, yang mampu menyederhanakan masalah yang rumit tanpa kehilangan esensi atau unsur utama dari obyek yang menjadi perhatian (Muhammadi (2001) dalam Manalu (2012)). Metodologi sistem dinamik dibangun atas dasar tiga latar belakang disiplin ilmu, yaitu: manajemen tradisional, teori umpan balik atau *cybernetik*, dan simulasi komputer. Prinsip dan konsep dari ketiga disiplin ini dipadukan dalam sebuah metodologi untuk memecahkan permasalahan manajerial secara holistik, menghilangkan kelemahan dari masing-masing disiplin dan menggunakan kekuatan setiap disiplin untuk membentuk sinergi.

Validasi model sistem dinamik pada dasarnya adalah suatu proses membangun kepercayaan pada kegunaan model sebagai alat bantu analisis dan perancangan kebijakan. Dalam proses validasi ini, sebuah model tidak akan dapat dinyatakan valid secara absolut, jika tidak terdapat bukti bahwa model dapat mempresentasikan suatu realita dengan benar-benar mirip secara absolut, sehingga dengan melakukan proses pengujian model sistem dinamik terhadap bukti-bukti empiris akan meningkatkan kepercayaan seseorang terhadap model. Pengujian terhadap model sistem dinamik secara umum dapat dibagi menjadi tiga (3) kategori utama, sebagai berikut:

1. Validasi struktur, yaitu pengujian relasi antar variabel yang ada di dalam model, dan disesuaikan dengan keadaan pada sistem yang sebenarnya.
2. Validasi perilaku, yaitu pengujian terhadap kecukupan struktur model dengan melakukan penilaian terhadap perilaku yang dihasilkan model.

3. Validasi implikasi kebijakan, yaitu pengujian terhadap perilaku model terhadap berbagai rekomendasi kebijakan. Menurut Kholil (2005) dalam Manalu (2012), pengembangan model dinamik secara garis besar terdiri dari 4 tahap, yaitu:

1. Tahap seleksi konsep dan variabel. Pada tahap ini dilakukan pemilihan konsep dan variabel yang memiliki relevansi cukup nyata terhadap model yang akan dikembangkan. Dengan kerangka berfikir sistem (*system thinking*) dilakukan pemetaan pengetahuan (*cognitif map*), yang bertujuan untuk mengembangkan model abstrak dari keadaan yang sebenarnya. Kemudian dilanjutkan dengan penelaahan secara teliti dan mendalam terhadap asumsi-asumsi, serta konsistensinya terhadap variabel dan parameter berdasarkan hasil diskusi dengan pakar. Variabel yang dinyatakan tidak konsisten dan kurang relevan dibuang.

3. METODE PENELITIAN

Metode penelitian menggunakan metode *system dynamics*. Hubungan antar variabel disimulasikan dengan menggunakan perangkat lunak *Powersim 2.5d* (Anon (1996)). Simulasi menghasilkan persamaan Powersim, diagram simpal kausal, diagram alir, grafik waktu, dan tabel waktu. Hasil simulasi dianalisis secara kualitatif.

Variabel dalam *system dynamics*, menurut Ford (1999: 14-24) dikelompokkan dalam dua jenis yaitu *level (stock)* dan *rate*. *Level* menyatakan kondisi sistem pada setiap saat (*state variable system*). *Level* merupakan hasil akumulasi di dalam sistem, sedangkan *rate* menyatakan aktivitas sistem. *Level* adalah suatu besaran (*quantity*) yang berakumulasi terhadap waktu dan *rate* merupakan aktivitas atau pergerakan (*movement*) atau aliran yang berkontribusi terhadap perubahan per satuan waktu dalam *level*. Setiap variabel didefinisikan dalam suatu persamaan yaitu persamaan *level*, persamaan *rate*, persamaan *auxiliary* atau persamaan *konstanta*.

Data sekunder didapatkan dari pencatatan data selama lima (5) tahun yaitu 2010, 2011, 2012, 2013 dan 2014. Teknik pengumpulan data primer dilakukan dengan wawancara terbuka menggunakan daftar pertanyaan sebagai pedoman wawancara, dan pengamatan secara langsung untuk mendapatkan data distribusi air dan penggunaan air.

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 simulasi terhadap aktual. Model valid jika AME kurang dari 5%.
6. Analisis Kebijakan (Uji Sensivitas).

3.1 . Lokasi Penelitian

Penelitian dilaksanakan di Kota Jayapura. Kota Jayapura berada di wilayah Indonesia bagian Timur, tepatnya berada di bagian Utara dari Provinsi Papua pada $1^{\circ}28'17,26''-3^{\circ}58'0,82''$ LS dan $137^{\circ}34'10,6''-141^{\circ}0'8,22''$ BT. Kota Jayapura resmi ditetapkan sebagai wilayah administratif tanggal 14 September 1979 dan berubah status menjadi Kotamadya tahun 1993 berdasarkan Undang-undang Nomor 6 Tahun 1993 dengan 4 distrik, yaitu Distrik Jayapura Utara, Jayapura Selatan, Abepura, dan Muara Tami.

Kota Jayapura dengan luas 940 Km^2 (0.23 % dari luas daratan Provinsi Papua), terletak di tepian Teluk Humbolt atau Yos Sudarso pada ketinggian $<700 \text{ m}$ di atas permukaan laut (dpl). Kota Jayapura berdasarkan kedudukan lokasi memiliki batasan administrasi sebagai berikut : (1) Bagian Utara berbatasan dengan Lautan Pasifik; (2) Bagian Barat berbatasan dengan Distrik Sentani dan Distrik Depapre

(Kabupaten Jayapura); (3) Bagian Selatan berbatasan dengan Distrik Arso (Kabupaten Keerom); dan (4) Bagian Timur berbatasan dengan Negara Papua New Guinea (PNG)

Dalam perkembangannya, wilayah administrasi Kota Jayapura telah dimekarkan menjadi 5 distrik, yaitu: Jayapura Utara, Jayapura Selatan, Abepura, Heram, dan Muara Tami, serta terbagi menjadi 25 kelurahan dan 14 kampung.

3.2. Metode Pengumpulan data

3.2.1. Pengumpulan Data Primer

Data primer yang diambil di lapangan dalam penelitian ini dapat dilihat pada tabel 1 berikut ini:

Tabel 1. Jenis Data Primer

No.	Keterangan	Data
1.	Kondisi sosial	Mata pencaharian, jumlah keluarga dalam 1 kk, status tempat tinggal, lama bermukim, pemenuhan kebutuhan harian, pendidikan
2.	Fasilitas air bersih	Sambungan rumah (SR), hidran umum, kontinuitas pengaliran, kuantitas air dan kualitas, bak penampungan, pipa pendistribusian, meteran air
3.	Sumber air	Kondisi Sungai, air tanah, mata air, danau
4.	Penggunaan air	Masak, mencuci, mandi, dan sebagainya

Sumber: Penulis

1. Metode Observasi

Metode observasi dilakukan untuk mengkonfirmasi dan memperkuat hasil wawancara terkait dengan kondisi air

bersih baik kualitas, kuantitas maupun kontinuitas di wilayah penelitian. Metode ini memungkinkan untuk memahami situasi-situasi tertentu dan dapat mencatat kejadian atau peristiwa-peristiwa penting yang tidak mungkin diperoleh hanya melalui kuisisioner, wawancara dan data sekunder.

2. Metode Kuisisioner dan wawancara

Merupakan suatu cara pendataan dengan membuat daftar pertanyaan secara tertulis yang kemudian diisi oleh masyarakat baik secara lisan maupun tulisan. Kuisisioner yang disebarakan ditujukan pada masyarakat baik pelanggan maupun bukan pelanggan. Hasil kuisisioner yang didapat dijadikan dasar kondisi air bersih di Kota Jayapura.

Dalam proses penyebaran kuisisioner ini terlebih dahulu ditetapkan kriteria informan berdasarkan tujuan penelitian. Kriteria yang dimaksud adalah sebagai berikut:

- Orang yang ahli atau pakar di bidang penelitian ini;
- Orang yang memiliki pengalaman di bidang ini;
- Orang yang memiliki kompetensi dengan penelitian ini (Tokoh adat, LSM, dan lain-lain).

Data primer diperoleh dengan teknik *brainstorming*, wawancara dan diskusi, *depth interview* dengan berbagai kalangan mulai dari unsur rumah tangga, instansi terkait, PDAM selaku badan usaha milik daerah yang mengelola air sampai pendistribusiannya, serta ondoafi atau pemilik hak ulayat dan yang lainnya. Selanjutnya dilakukan penyebaran kuisisioner dengan dipandu saat pengisiannya sehingga dihasilkan data yang benar-benar sesuai dengan kondisi di lapangan.

3.2.2. Pengumpulan Data Sekunder

Data sekunder diperoleh berdasarkan kajian laporan, jurnal, ataupun data dari

instansi terkait antara lain: (1) Bappeda yaitu RTRW Kota Jayapura tahun 2013-2030; (2) Biro Pusat Statistik (BPS) seperti jumlah penduduk, jenis dan jumlah fasilitas, jumlah rumah tangga; (3) BLH Kota seperti data kualitas air; (4) PDAM seperti jumlah pelanggan (SR), jumlah produksi, debit air, cakupan daerah pelayanan; (5) buku seperti teori-teori penunjang penelitian, rumus-rumus perhitungan; (6) laporan seperti standar-standar kebutuhan air bersih; (7) jurnal seperti hal-hal yang diperlukan dalam pengelolaan air bersih.

3.3. Metode Analisa Data

Metode analisa data dilakukan untuk menganalisa data yang telah diperoleh baik data primer maupun sekunder guna pencapaian hasil akhir atau *output* yang diinginkan. Dalam tahap ini, analisa menitikberatkan pada interpretasi kondisi yang ada. Metode analisa yang digunakan berupa metode kualitatif dan kuantitatif. Analisa kualitatif ini bertujuan untuk menjelaskan hasil analisa kuantitatif secara deskriptif berdasarkan tinjauan pustaka sesuai dengan tujuan penelitian.

Metode analisis yang digunakan dalam penelitian ini adalah pemodelan dinamika sistem. Metode ini untuk menggambarkan persoalan yang kompleks dan dinamis serta menghasilkan rekomendasi kebijakan sehingga persoalan dapat diatasi dan sesuai dengan kondisi yang diinginkan. Metode ini menggambarkan keseluruhan interaksi yang terjadi pada suatu sistem dan memperlihatkan perilaku yang terjadi di dalam sistem tersebut.

Pemodelan dilakukan untuk memperhatikan perilaku sistem dalam menentukan kebijakan dan strategi model pengelolaan air bersih secara berkelanjutan di Kota Jayapura. Model yang digunakan berstandar pada pendekatan sistem dengan menggunakan *powersim*, karena pemikiran sistem selalu mencari keterpaduan (integritas) antar bagian melalui pemahaman yang utuh, maka diperlukan suatu kerangka fikir melalui pendekatan sistem.

Berdasarkan hasil identifikasi sistem dibuat model pengelolaan air bersih terutama yang berkaitan dengan diagram sebab akibat yang dirancang, maka dilakukan pemodelan sistem rancang bangun model dinamis menggunakan bantuan program *powersim* yang menterjemahkan diagram sebab akibat (*cause loop*) yang telah dirancang ke dalam program komputer. Ada beberapa tahapan yang harus dilakukan dalam pemodelan sistem dinamik, yaitu sebagai berikut:

1. Analisis Kebutuhan

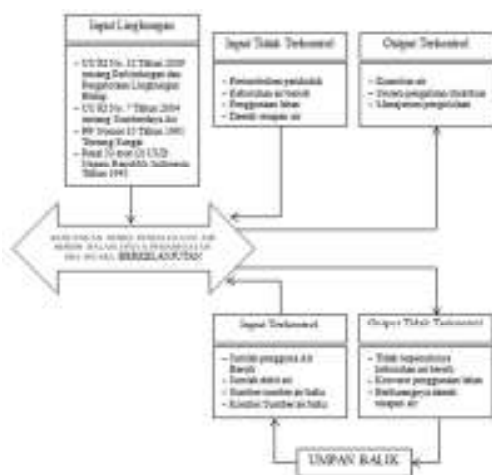
Dalam analisis kebutuhan perlu diketahui faktor yang menentukan dari pengembangan sistem pakar, yaitu resiko yang diterima oleh pemakai, resiko teknik didalam pertukaran informasi dan jawaban yang diberikan pemakai, ketersediaan sumberdaya manusia yang mendukung, dan *software* yang tersedia. (Marimin, 2004). Analisa kebutuhan merupakan tahap awal dari pengkajian sistem. Pada tahap analisa ini dinyatakan dalam kebutuhan-kebutuhan yang diperlukan, kemudian dilakukan tahapan yang mengarah pada pengembangan terhadap kebutuhan-kebutuhan. Tahap ini juga memberikan informasi mengenai tanggapan dari pengambil keputusan terhadap jalannya sistem.

2. Formulasi Permasalahan

Untuk mengetahui permasalahan secara rinci maka dilakukan analisis berbagai keinginan dan konflik kepentingan oleh masing-masing aktor/pelaku, yaitu: pemerintah/dinas terkait, PDAM, aparat hukum, ondoafi dan pemerhati lingkungan (masyarakat pengguna & organisasi). Formulasi permasalahan dilakukan atas dasar penentuan informasi yang telah dilaksanakan melalui identifikasi sistem secara bertahap. Karena formulasi permasalahan memberikan ilustrasi tentang kompleksitas permasalahan dalam hubungan dengan interaksi variabel baik di dalam maupun antar sistem. (Eriyatno, 1999).

3. Identifikasi Sistem

Identifikasi sistem merupakan suatu rantai hubungan antara pernyataan dari kebutuhan-kebutuhan dengan pernyataan masalah yang harus dipecahkan dalam rangka memenuhi kebutuhan tersebut. Tujuan identifikasi sistem tersebut adalah untuk memberikan gambaran tentang hubungan antara faktor-faktor yang saling mempengaruhi dalam kaitannya dengan pembentukan suatu sistem. Menurut Eriyatno (1998) identifikasi sistem dapat digambarkan dalam bentuk diagram sebab akibat dan diagram input output. Diagram sebab akibat merupakan interkoneksi antar peubah – peubah penting yang diturunkan dari identifikasi kebutuhan dan masalah yang telah diformulasikan pada suatu sistem tertutup (*closed-loop system*) untuk melihat interaksi antar komponen sistem terkait. Identifikasi sistem disajikan dalam bentuk diagram input output (*black box*) dalam gambar 2 berikut:



Gambar 2. Diagram Input Output

4. Pembuatan Model

Model pengelolaan air bersih secara berkelanjutan di Kota Jayapura dilakukan dengan menggunakan pendekatan system. Kedudukan model sistem sebagai informasi dasar dalam membuat skenario untuk melayani kebutuhan air bersih masyarakat Kota Jayapura.

5. Simulasi Model

Simulasi merupakan suatu aktivitas dimana pengkaji dapat menarik kesimpulan tentang perilaku sistem melalui penelaahan perilaku model. Simulasi model digunakan untuk melihat pola kecenderungan perilaku model berdasarkan hasil simulasi model dianalisis dan ditelusuri faktor-faktor yang menyebabkan terjadinya pola dan kecenderungan dan digambarkan dalam diagram sebab akibat (*cause loop diagram*).

Tahap berikutnya menjelaskan bagaimana mekanisme kejadian tersebut berdasarkan analisis struktur model. Hasil simulasi model dijadikan dasar merumuskan kebijakan yang diperlukan dalam perbaikan kinerja sistem.

6. Verifikasi dan Validasi Model

Suatu model dijalankan secara bebas apabila data maupun informasinya cocok. Karena itu, suatu model dikatakan valid jika struktur dasarnya menggambarkan perilaku yang polanya menggambarkan perilaku sistem nyata, atau mewakili dengan cukup akurat, data yang dikumpulkan sehubungan dengan sistem nyata atau asumsi yang dibuat berdasarkan referensi sesuai cara sistem nyata bekerja.

Verifikasi terhadap model yang disusun bertujuan meyakinkan program komputer dan implementasi dari model konseptualnya adalah benar. Verifikasi model ini menggunakan *software Powersim* untuk pemodelan sistem dinamis menghasilkan tingkat kesalahan yang relatif lebih sedikit bila dibandingkan menggunakan bahasa simulasi yang penggunaannya secara general. Proses verifikasi terhadap model komputer, selain dilakukan sebelum validasi model, juga dilakukan setelah proses validasi model. Di dalam proses tersebut dapat dilakukan secara iteratif termasuk merubah atau memodifikasi struktur model komputer untuk menghasilkan yang memuaskan dan diperoleh kesesuaian dengan tujuan dari penyusunan model yang diharapkan.

Sedangkan validasi terhadap model merupakan proses menguji substansi model, yaitu sejauhmana model komputer yang dibuat dalam lingkup aplikasinya memiliki kisaran akurasi yang memuaskan, konsisten dengan tujuan dari penerapan model tersebut. Menurut Sargent (1998), menjelaskan bahwa atribut yang digunakan dalam proses validasi sangat dipengaruhi oleh kondisi sistem yang digunakan dalam model tersebut, dengan kata lain apakah sistem dapat diobservasi atau sistem tidak dapat diobservasi. Sistem tersebut dapat diobservasi, bila memungkinkan data yang dikumpulkan di dunia nyata tentang perilaku operasional dari sistem yang dikaji.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Pemodelan Pengelolaan Air Bersih di Kota Jayapura

Sebagai sebuah entitas sumber daya alam, air juga tidak hanya bisa dipandang sebagai sumber penghidupan masyarakat dalam pemenuhan kebutuhan dasar (*livelihood*) sebagai air minum, namun juga sebagai faktor vital asupan dasar dalam menjaga keberlangsungan sumber mata pencaharian untuk pengairan (irigasi) pertanian. Pentingnya air bagi kehidupan manusia tak terkecuali dalam pengembangan ekonomi, dimana eksistensi harta tergantung pada eksistensi air. Hal ini karena air selain merupakan barang konsumsi yang dipergunakan manusia untuk minum dan kebutuhan rumah tangga ia juga memiliki andil dalam proses produksi banyak barang, baik secara langsung maupun tidak langsung di antaranya dalam produksi pertanian dan peternakan. Bahkan dalam pasal 33 ayat 3 UUD Negara Republik Indonesia, undang-undang ini menyatakan bahwa sumber daya air dikuasai oleh negara dan dipergunakan untuk sebesar-besarnya kemakmuran rakyat secara adil. Atas penguasaan sumber daya air oleh negara dimaksud, negara menjamin hak setiap orang untuk mendapatkan air bagi pemenuhan kebutuhan pokok sehari-hari dan

melakukan pengaturan hak atas air. Penguasaan negara atas sumber daya air tersebut diselenggarakan oleh Pemerintah dan/atau pemerintah daerah dengan tetap mengakui dan menghormati kesatuan-kesatuan masyarakat hukum adat beserta hak-hak tradisionalnya, seperti hak ulayat masyarakat hukum adat setempat dan hak-hak yang serupa dengan itu, sepanjang masih hidup dan sesuai dengan perkembangan masyarakat dan prinsip Negara Kesatuan Republik Indonesia.

Dalam upaya merancang kebijakan yang tepat dalam pengelolaan air bersih dalam upaya pemanfaatan sumberdaya air secara berkelanjutan di Kota Jayapura perlu dilakukan simulasi pengelolaan air bersih dengan menggunakan *powersim*. Dengan demikian akan diperoleh prediksi beberapa tahun ke depan berkaitan kondisi yang akan terjadi, sehingga akan lebih memudahkan untuk menentukan kebijakan yang akan diambil dalam upaya menghindari terjadinya krisis air bersih yang diprediksi akan terjadi tahun 2030 di Kota Jayapura dan mewujudkan pemanfaatan sumberdaya air secara berkelanjutan.

Model yang dibangun atau dikembangkan adalah pengelolaan air bersih dalam upaya pemanfaatan sumberdaya air secara berkelanjutan di Kota Jayapura. Pengembangan model dilakukan dengan menggunakan pendekatan sistem yang mencakup: (1) analisis kebutuhan; (2) rumusan masalah; (3) identifikasi sistem; (4) penyusunan model; (5) kalibrasi dan verifikasi model; dan (6) implementasi model melalui simulasi untuk mempelajari perilaku sistem.

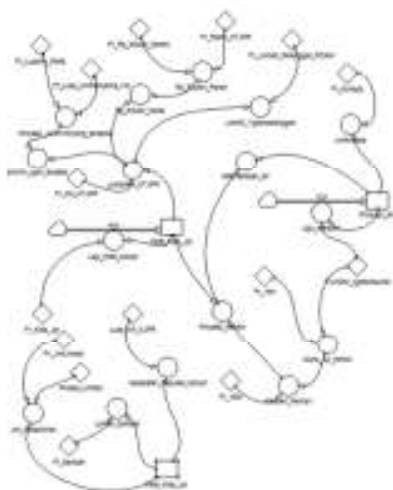
4.1.1. Model Simpal Kausal

Pengelolaan air bersih di Kota Jayapura dilakukan oleh PDAM sebagai Badan Usaha Milik Daerah (BUMD). Secara operasional tugas pelayanan dipercayakan kepada tim lapangan yang terdiri dari operator, pencatat meter, bagian teknik/mekanik dan humas/penagihan. Operator bersama-sama dengan pelaksana teknis/mekanis

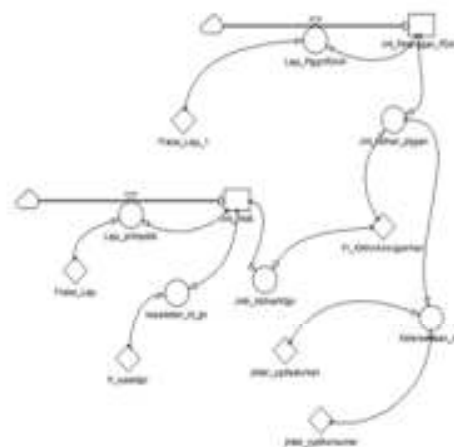
mengoperasikan mesin pompa dan pengelolaan jaringan perpipaan serta penyambungan jaringan bagi pelanggan baru yang telah disetujui oleh bagian pelayanan penyambungan baru.

Pencatat meter melaksanakan pencatatan angka meter pemakaian oleh pelanggan setiap bulan setiap tanggal yang telah ditetapkan dan membuat laporan tentang pencatatan sebagai acuan tagihan setiap bulan. Humas atau penagihan melakukan penagihan keterlambatan pembayaran pelanggan yang ditambahkan secara langsung setiap kali pelanggan membayar tagihan air tiap bulannya.

Model simpal kausal atau *Causal Loop Diagram (CLD)* sistem hubungan antara penduduk dan ketersediaan air bersih digambarkan pada Gambar 3 dan 4. Secara keseluruhan model simpal kausal terdapat 1 (satu) lup *reinforcing* (R) dan 6 (enam) lup *balancing* (B). Antar subsistem penduduk, subsistem konversi lahan dan subsistem ketersediaan air secara umum saling menyeimbangkan, artinya apabila salah satu subsistem tidak terkendali maka akan terjadi umpan balik sebab akibat secara negatif (berlawanan arah) sehingga akan menurunkan keberadaan salah satu subsistem dengan unsur-unsur penyusunnya.



Gambar 3. Sub Model Pengelolaan Air Bersih di Kota Jayapura



Gambar 4. Sub Model Penduduk dan Ketersediaan Air PDAM

4.2. Model Dinamis (*Stock Flow Diagram*)

Berdasarkan model simpal kausal diagram alir model dinamis hubungan sebab akibat umpan balik antara penduduk, kebutuhan lahan pemukiman dan jumlah sampah, seperti pada gambar 3 dan model dinamis hubungan sebab akibat umpan balik antara jumlah penduduk, kebutuhan air pelanggan, masyarakat Kota Jayapura dan ketersediaan air dalam gambar 4. Simulasi model yang menggambarkan perilaku model dinamis tersebut ditampilkan dalam grafik waktu (*time graph*) dan tabel waktu (*time table*) yang dijelaskan sebagai berikut:

1. Subsistem Penduduk dan PDAM

Berdasarkan asumsi bahwa tidak terjadi penambahan signifikan dari tahun ke tahun yang dapat menyebabkan guncangan penduduk sampai dengan tahun 2050. Begitupun dengan jumlah pelanggan PDAM, jumlah kebutuhan air bersih masyarakat Kota Jayapura keseluruhan dan jumlah kebutuhan air bersih yang terdaftar sebagai pelanggan PDAM. Akan tetapi jumlah ketersediaan air bersih dari tahun ke tahun terus mengalami defisit. Itu terlihat dari semakin besar jumlah minus ketersediaan

dari tahun ke tahun sedangkan jumlah penduduk terus bertambah. Dari hasil analisa dengan menggunakan powersim untuk ketersediaan air telah menjawab apa yang diprediksikan oleh Dirut. PDAM terdahulu bahwa Kota Jayapura akan mengalami krisis air bersih pada tahun 2030.

2. Subsistem Ketersediaan Lahan Pemukiman
Luas lahan yang diperuntukkan bagi pemukiman adalah tetap, konversi luas lahan tidak terbangun menjadi terbangun untuk pemukiman terus meningkat seiring dengan pertambahan kebutuhan rumah akibat meningkatnya jumlah penduduk dari tahun ke tahun di Kota Jayapura.
3. Subsistem Ketersediaan Air Bersih
Volume ketersediaan air bersih, pertambahan, dan konsumsi di Kota Jayapura tahun 2012 -2050 bahwa pertambahan air berdasarkan tambahan dari sistem alam dan PDAM, dan pengurangan air berdasarkan konsumsi, selisihnya tidak berarti, namun demikian ketersediaan air menurun tajam (*collapse*). Kenaikan pertambahan air disebabkan karena kenaikan produksi PDAM yang diasumsikan sebesar 34%, sedangkan pertambahan air alami relatif konstan karena dalam model ini curah hujan diasumsikan sebagai konstanta dan pengurangan lahan terbuka berdasarkan simulasi relatif kecil. Peningkatan konsumsi air relatif rendah disebabkan oleh peningkatan konsumsi domestik yang dipengaruhi kenaikan jumlah penduduk relatif rendah (angka kenaikan konsumsi domestik 5% dan angka pertumbuhan penduduk 4,10%). Demikian juga peningkatan konsumsi non domestik relatif rendah (laju kenaikan = 1%). Konsumsi dapat dipenuhi dari sistem alam dan produksi PDAM, namun demikian cadangan air bersih terus menurun dengan tajam.

4.3. Validasi

Validasi perlu dilakukan untuk mengetahui apakah model yang dikembangkan dapat dibenarkan dan diterima secara akademik atau tidak. Dalam penelitian ini dilakukan dua (2) pengujian validasi, yaitu sebagai berikut:

4.3.1. Validasi struktur

Validasi struktur dilakukan dengan tujuan untuk mendapatkan keyakinan sejauh mana kemiripan struktur model mendekati struktur nyata (Muhammadi (2001) dalam Manalu (2012)). Secara empirik bahwa penurunan jumlah ketersediaan air dipengaruhi oleh peningkatan jumlah penduduk. Penurunan ketersediaan air akan mempengaruhi kebutuhan. Sedangkan peningkatan jumlah penduduk akan mempengaruhi ketersediaan lahan terbuka. Dan ketersediaan lahan terbuka akan mempengaruhi ketersediaan air.

Berdasarkan hasil simulasi terhadap sub model dinamik ketersediaan air bersih memperlihatkan bahwa peningkatan jumlah penduduk diikuti oleh peningkatan total beban kebutuhan air dan ketersediaan lahan terbuka semakin berkurang secara eksponensial. Penelitian ini memperkuat simpulan dari Kodoatie dan Sjarief (2010) bahwa ketika suatu kawasan hutan menjadi pemukiman, maka penutup lahan kawasan ini akan berubah menjadi penutup lahan yang tidak mempunyai resistensi untuk menahan aliran. Yang terjadi ketika hujan turun, kecepatan air akan meningkat sangat tajam di atas lahan ini. Namun resapan air yang masuk ke dalam tanah relatif tetap kecuali lahannya berubah. Kuantitas totalnya tergantung dari luasan penutup lahan.

4.3.2. Validasi Kinerja (*Output Model*)

Menurut Barlas (1996), *output model* atau validasi kinerja yaitu sebagai pelengkap dalam metode berpikir sistem yang bertujuan untuk memperoleh keyakinan sampai sejauh mana kinerja model sesuai (*compatible*) dengan kinerja sistem nyata, sehingga memenuhi syarat sebagai model ilmiah yang taat fakta atau diterima secara akademik. *Output model* atau validasi kinerja dilakukan dengan cara membandingkan data hasil

keluaran model yang dibangun dengan data empiris untuk melihat sejauh mana perilaku kinerja model sesuai dengan data empiris. Menurut Muhammadi et al, (2001), uji statistik yang dapat digunakan dalam pengujian validasi kinerja model antara lain adalah absolute mean error (AME) dan absolute variation error (AVE) dengan batas penyimpangan < 10%.

Pengujian validitas kinerja ini dilakukan terhadap sub model ketersediaan air yaitu total ketersediaan lahan terbuka dan jumlah penduduk yang menjadi sumber utama terjadinya krisis air. Setelah melalui berbagai penyempurnaan baik secara struktur maupun fungsional, maka hasil simulasi terhadap ketiga sub model menunjukkan adanya kemiripan antara hasil simulasi dengan data empiris (aktual).

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis dalam penelitian ini dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Sumber air permukaan di Kota Jayapura sangat melimpah, akan tetapi ketersediaan air dari tahun ke tahun terus mengalami penurunan. Sehingga perlu dilakukan pelestarian sumber-sumber air permukaan melalui pengelolaan yang bijaksana dari segi regulasi pengelolaan yang berkaitan dengan manajerial, distribusi, dan penggunaan.
2. Kebutuhan air masyarakat sejak tahun 2014 sudah tidak dapat terpenuhi secara baik, karena ketersediaan air dari segi kuantitas yang terus menurun sehingga pendistribusiannya tidak dapat memenuhi syarat kontinuitas. Untuk persyaratan kualitas air bersih sudah memenuhi syarat. (Bisa dilihat dalam lampiran hasil uji laboratorium air bersih).
3. Aspek yang menjadi prioritas dalam pengelolaan air bersih di Kota adalah aspek lingkungan dengan faktor prioritasnya sumberdaya air, *stakeholder* yang paling berpengaruh adalah

pemerintah dengan prioritas alternatif kebijakan melalui perencanaan dan pembangunan pengelolaan jaringan pengairan. Antara analisa dengan menggunakan pemodelan dinamik dan AHP diperoleh hasil yang sama bahwa yang menjadi prioritas dalam pengelolaan air bersih adalah aspek lingkungan.

6. REFERENSI

- Agustina DV. 2007. *Analisa Kinerja Sistem Distribusi Air Bersih Pdam Kecamatan Banyumanik Di Perumnas Banyumanik* (Studi Kasus Perumnas Banyumanik Kel. Srandol Wetan). Program studi Manajemen Dan Rekayasa Infrastruktur. Magister Teknik Sipil. Tesis. Universitas Diponegoro. Semarang.
- Andika, RD dan Kamil, IM. *Pemodelan Sistem Jaringan Distribusi Air Minum. Studi Kasus Distrik Majasem Cirebon*. Jurnal Teknil Sipil dan Lingkungan, Institut Teknologi Bandung. Program Studi Teknik Lingkungan. Sekolah Pasca Sarjana ITB. Bandung.
- Budiman, U. N. *Permodelan Dinamika Ketersediaan Air Bersih Perpipaan Kota Cimahi dengan Skenario Intervensi Pada Sisi Penyediaan Dan Pada Sisi Permintaan*. Jurnal Perencanaan Wilayah dan Kota A SAPPK V1N2. Sekolah Arsitektur, Perencanaan dan Pengembangan Kebijakan ITB. Bandung.
- Imamah, N dan Dipareza A. *Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Minum Di Kabupaten Waropen Dan Pelabuhan Wapego*. Jurnal Teknik Lingkungan FTSP ITS. Surabaya.
- Kindler J. dan Russel, C.S. 1984. *Modeling Water Demands*. Academic Press Inc. London, hal 153.
- Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 51 Tahun 2004 Tentang Baku Mutu Air
- Krishna N. P. dan Putu Oktavia. *Pengelolaan Sumher Dana Air Terpadu Melalui Pengembangan Kebijakan Pembangunan Berkelanjutan di Cekungan*

- Bandung. Jurnal Perencanaan Wilayah dan Kota, Vol 18 No 2 Agustus 2007, hal 1- 32.
- Manalu, J. 2012. *Model Pengelolaan Teluk Youtefa Terpadu Secara Berkelanjutan*. Disertasi. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Nelwan C, Kekenusa JS, dan Langi Y. 2013. *Optimasi Pendistribusian Air Dengan Menggunakan Metode Least Cost Dan Metode Modified Distribution (Studi Kasus: PDAM Kabupaten Minahasa Utara)*. Jurnal Ilmiah Sains. Program Studi Matematika FMIPA Universitas Sam Ratulangi. Manado.
- Pangkung, YG. 2010. *Efektivitas Zeolit Alam Untuk Mengurangi Kesadahan Air Tanah Pada Simple Portable Water Treatment*. Tesis. Program Pascasarjana Jurusan Teknik Geologi. Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.
- Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia NO. 907/MENKES/SK/VII/2002 tertanggal 29 Juli 2002 yang berisi tentang syarat-syarat air layak minum.
- Purnomo, SS. 2001. *Sistem Unbundling Pada Pengelolaan Air Bersih di Tingkat Kota Maupun Kabupaten*. Jurnal Staff Pengajar Teknik Sipil Universitas Gunadarma.
- Salam, EU. 2013. *Sistem Deteksi Kebocoran Saluran Pipa Distribusi Air PDAM Dengan Metode Kecerdasan Buatan*. Jurnal Program Pascasarjana Universitas Hasanuddin Makassar.
- Suwarli. 2011. *Dinamika Perubahan Penggunaan Lahan Dan Strategi Pengalokasian Ruang Terbuka Hijau Berdasarkan Penganggaran Daerah Berbasis Lingkungan (Studi Kasus Kota Bekasi)*. Disertasi. Pascasarjana Program Studi Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- UU Nomor. 32 Tahun 2009 Tentang Perlindungan Pengelolaan Lingkungan Hidup.