

## MODEL DINAMIS KETERSEDIAAN AIR PADA BATANG ANTOKAN DALAM UPAYA PEMENUHAN BERBAGAI KEBUTUHAN

Sri Zahratul Aini<sup>1</sup>, Totoh Andayono<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang

<sup>2</sup>Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang

Email: [srizahratulaini@gmail.com](mailto:srizahratulaini@gmail.com), [totoh\\_andayono@ft.unp.ac.id](mailto:totoh_andayono@ft.unp.ac.id)

**Abstrak:** Air merupakan komponen yang penting bagi kehidupan. Kebutuhan air selalu terkait dengan kebutuhan pangan dan aktivitas pertumbuhan penduduk, pertumbuhan penduduk selalu meningkat sedangkan ketersediaan air yang semakin berkurang. Kecamatan Tanjung raya dan Lubuk Basung adalah salah satu daerah yang dilalui oleh sungai Batang Antokan dan termasuk kedalam Daerah Aliran Sungai Batang Antokan, dimana pertumbuhan penduduknya yang terus meningkat dari tahun ke tahun, namun ketersediaan air yang berasal dari Batang Antokan yang relatif terbatas. Untuk mengetahui apakah ketersediaan air memenuhi berbagai kebutuhan atau tidak untuk 20 tahun ke depan diperlukan pemodelan sistem dinamis yang dirancang menggunakan *software* Powersim Studio 10. Penelitian ini menggunakan pemodelan dengan pendekatan sistem dinamis *dynamic system* sedangkan metode yang digunakan adalah metode kuantitatif. Prosesnya dimulai dengan membaca literatur, mengumpulkan data, mengolah data, dan membuat model dinamis. Tujuan dari sistem pengelolaan air dinamis ini adalah untuk memprediksi kebutuhan dan ketersediaan air pada DAS Batang Antokan serta neraca keseimbangan stoknya selama 20 tahun, dari tahun 2022 hingga 2042. Hasil penelitian ini diperoleh Stabilitas neraca stok yang menandakan bahwa meskipun kebutuhan air meningkat, ketersediaan air yang ada masih cukup untuk mencakup kebutuhan tersebut tanpa kekurangan. Sistem pasokan air mampu mengakomodasi peningkatan kebutuhan air dalam jangka panjang, berkat stabilitas dalam ketersediaan air dan adanya neraca stok yang cukup besar.

**Kata Kunci :** Air Sungai, Berbagai Kebutuhan, Sistem Dinamis, Neraca Stok

**Abstract :** Water is an essential component of life. Water needs are always related to food needs and population growth activities, population growth is always increasing while the availability of water is decreasing. Tanjung Raya and Lubuk Basung Districts are one of the areas passed by the Batang Antokan river and are included in the Batang Antokan Watershed, where the population growth continues to increase from year to year, but the availability of water from Batang Antokan is relatively limited. To find out whether or not the availability of water meets various needs for the next 20 years, dynamic system modeling designed using Powersim Studio 10 software is needed. This study uses modeling with a dynamic system approach while the method used is a quantitative method. The process begins with reading literature, collecting data, processing data, and creating dynamic models. The purpose of this dynamic water management system is to predict the demand and availability of water in the Batang Antokan watershed and its stock balance for 20 years, from 2022 to 2042. The results of this study obtained the stability of the stock balance which indicates that even though the demand for water is increasing, the availability of existing water is still sufficient to cover these needs without shortage. The water supply system is able to accommodate the increase in water demand in the long term, thanks to the stability in water availability and the existence of a sizable stock balance.

**Keyword :** River Water, Various Needs, Dynamic Systems, Stock Balance

## PENDAHULUAN

Semua makhluk hidup di Bumi membutuhkan air untuk hidup. Air adalah kebutuhan mendasar bagi keberadaan manusia, dan aksesibilitasnya sangat penting untuk kelangsungan hidup dalam kegiatan sosial (Mugagga & Nabaasa, 2016). Semua makhluk hidup, termasuk manusia, membutuhkan air untuk hidup, yang menjadikannya bagian penting dari kehidupan (Zevri & Isma, 2021). Sumber air dapat berupa air hujan, air permukaan, dan air tanah. Masyarakat yang mewarisi pengetahuan, adat istiadat, dan budaya dari generasi ke generasi memanfaatkan sumber air lokal untuk memenuhi kebutuhan air dalam kehidupan sehari-hari. Pengelolaan sumber daya tersebut memungkinkan masyarakat untuk hidup berdampingan selaras dengan alam sekitar. Setiap daerah memiliki ketersediaan dan kebutuhan air yang berbeda-beda. Fokus pada penggunaan air sering diabaikan, membutuhkan tindakan untuk menyeimbangkan ketersediaan air dengan permintaan melalui pertumbuhan, konservasi, peningkatan, dan perlindungan (Priyionugroho, 2014).

Daerah aliran sungai (DAS) adalah wilayah yang terdiri dari sungai dan anak sungainya yang secara alami mengumpulkan, menyimpan, dan membuang air hujan ke danau dan lautan. Batas darat dan laut meliputi wilayah perairan yang masih terdampak aktivitas darat (Fitriyani, 2022). Menurut Peraturan Pemerintah No. 37 Tahun 2012, pengelolaan DAS adalah upaya manusia untuk mengatur hubungan timbal balik antara manusia dan sumber daya alam di DAS dan segala kegiatannya dalam rangka mewujudkan kelestarian dan keharmonisan ekosistem serta meningkatkan manfaat sumber daya alam bagi manusia secara berkelanjutan (Lestari dkk., 2021).

Peran tata kelola air dalam pembangunan berkelanjutan menjadi perhatian utama. Hal ini karena faktor lain seperti perubahan iklim, urbanisasi, perubahan praktik penggunaan lahan, dan peningkatan konsumsi merupakan tantangan baru bagi pengelolaan air (Damman dkk., 2023). Fluktuasi penggunaan air merupakan komponen penting dalam menghitung kebutuhan air, karena jumlah air yang digunakan setiap hari harus berubah tergantung pada kebiasaan masyarakat di suatu daerah (Oktavianto & Rosariawari, 2023).

Berdasarkan data dari situs resmi Pemerintah Kabupaten Agam, lokasi Kabupaten Agam berada di Provinsi Sumatera Barat, dengan luas 2.226.270 km<sup>2</sup>. Secara geografis, Kabupaten Agam terletak di 00°01'34"-00°28'43" Selatan dan 99°46'39"-

100°32'50" E. Terletak sekitar 0–1000 meter di atas permukaan laut. Kabupaten Agam memiliki 16 kecamatan dan 92 nagari. Luas wilayah Kabupaten Tanjung Raya adalah 244,03 km<sup>2</sup>, atau 10,93% dari luas Kabupaten Agam. Sementara itu, luas Kecamatan Lubuk Basung adalah 278,40 km<sup>2</sup> yang terdiri dari 5 kabupaten (BPS Kabupaten Agam, 2023).

Masyarakat di Kabupaten Tanjung Raya dan Lubuk Basung yang bekerja di bidang pertanian menanam tanaman pangan dan hortikultura seperti padi, kacang tanah, jagung, ubi jalar, dan singkong di lahan mereka. Selain itu, sebagian besar masyarakat terlibat di sektor perikanan karena kecamatan Tanjung Raya bergantung pada Danau Maninjau sebagai mata pencaharian utama mereka. Ada sungai yang berasal dari Danau Maninjau yang sering digunakan yang disebut sungai Batang Antokan. Batang Antokan dikembangkan sebagai tempat untuk keperluan akuakultur, menunjukkan pentingnya air dalam memenuhi berbagai kebutuhan sektor dengan Sungai Batang Antokan menjadi salah satu sumber daya air yang potensial.

Batang Antokan memiliki 13 Kawasan Irigasi yang memiliki kanal primer seluas 4.200 hektar, panjang kanal sekunder 23.215 meter dan kanal tersier 53.214 meter, dengan bangunan untuk 83 unit, 112 unit bangunan penyalahgunaan. Sub sub irigasi Batang Antokan dengan kondisi baik sebesar 24,03%, kondisi sedang sebesar 26,36%, dan kondisi rusak sebesar 49,61%. Sementara itu, luas budidaya perikanan di Batang Antokan adalah 706,6 Ha, antara lain 126,1 Ha kolam air tenang, 507 Ha kolam air berat, dan 10,5 Ha di sawah.

Daerah Aliran Sungai (DAS) Batang Antokan merupakan daerah tangkapan air Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) Maninjau. PLTA Maninjau memasok energi listrik ke 3 (tiga) provinsi, yaitu Sumatera Barat, Riau, dan Jambi. DAS Antokan juga digunakan untuk kepentingan masyarakat lainnya seperti irigasi, perikanan, domestik dan keperluan lainnya. DAS Antokan terletak di Kabupaten Agam, Provinsi Sumatera Barat, yang berasal dari Danau Maninjau dan memiliki hilir di Tiku, Kabupaten Tanjung Mutiara. Secara astronomi, DAS Antokan terletak di garis bujur 99°48'0"-100°13'0" E dan lintang 0°11'0"-0°25'0". Sungai ini mengalir melalui 3 kecamatan di Kabupaten Agam, yaitu Kecamatan Tanjung Raya, Lubuk Basung dan Tanjung Mutiara.

Karena kebutuhan air terus meningkat dan ketersediaan air, terutama air permukaan (sungai),

relatif konstan, upaya harus segera dilakukan untuk mengoptimalkan penggunaan air agar tidak terjadi kekurangan air. Untuk melakukan ini, prinsip keseimbangan air digunakan, yang menganalisis potensi ketersediaan air dan kebutuhan air di seluruh wilayah.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui ketersediaan atau potensi air di DAS Batang Antokan, untuk mengetahui kebutuhan air untuk berbagai manfaat di DAS Batang Antokan, dan untuk mengetahui neraca air di DAS Batang Antokan dari sekarang, 5 tahun hingga 20 tahun ke depan.

Sistem dinamis adalah penyederhanaan dan abstraksi sistem yang kompleks untuk memberikan representasi yang efektif. Selain itu, model dinamis digunakan untuk mensimulasikan skenario kebijakan berdasarkan asumsi yang dikembangkan secara logis (Harmini dkk., 2011). Pemodelan neraca air yang dilakukan melalui pendekatan sistem dinamis ini dapat memprediksi keseimbangan ketersediaan air dengan kebutuhan air di Batang Antokan hingga tahun 2042.

## METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif dan penyusunan model menggunakan pendekatan sistem dinamis, dimana objek penelitian akan disimulasikan untuk mendapatkan informasi yang dibutuhkan. Sebelum melakukan penelitian, dilakukan studi pustaka dan pengumpulan data sekunder yang diperlukan dan selanjutnya dilakukan model, simulasi, dan penerapan beberapa skenario pada model tersebut sehingga menghasilkan model dinamis yang dapat memprediksi keseimbangan ketersediaan air di Batang Antokan hingga tahun 2042.

Penelitian adalah semua proses alami penelitian, investigasi, dan eksperimen di suatu bidang untuk menemukan informasi atau prinsip baru. Tujuan dari penelitian adalah untuk memperluas pengetahuan dan teknologi (Hasnunidah, 2017). Penelitian ini menggunakan jenis penelitian kuantitatif, yaitu menganalisis data secara kuantitatif dan statistik dengan tujuan menguji hipotesis yang telah ditentukan dan kemudian menafsirkan hasil analisis untuk mencapai kesimpulan (Iqbal, 2020).

Tugas Akhir ini membahas pemodelan keseimbangan ketersediaan air di Batang Antokan (Zarkasih dkk., 2018). Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif, sedangkan pemodelan menggunakan model dinamis atau sistem dinamis.

Prosesnya dimulai dengan membaca literatur, mengumpulkan data, mengolah data, dan membuat model dinamis, sehingga diperoleh hasil simulasi model dinamis. Lokasi penelitian tugas akhir ini dilakukan di Daerah Aliran Sungai (DAS) Batang Antokan. Secara astronomi, DAS Antokan terletak di garis bujur  $99^{\circ}48'0''$ - $100^{\circ}13'0''$  E dan lintang  $0^{\circ}11'0''$ - $0^{\circ}25'0''$ . Sungai ini mengalir melalui 3 kecamatan di Kabupaten Agam, yaitu Kecamatan Tanjung Raya, Lubuk Basung dan Tanjung Mutiara.

Data yang dikumpulkan dan digunakan untuk proses analisis menggunakan perhitungan manual berupa data sekunder yang diperoleh dari instansi terkait. Data sekunder adalah data yang diambil dari instansi terkait seperti data dari PSDA Sumatera Barat meliputi data suhu, kecepatan angin, kelembaban udara dan data durasi penyinaran matahari (setahun) tahun 2022 dan data dari Badan Pusat Statistik (BPS) Kabupaten Agam termasuk data luas sawah tahun 2013-2022, data jumlah penduduk pada tahun 2013-2022, dan data luas lahan perikanan pada tahun 2013-2022. Setelah semua data diperoleh, maka dilakukan analisis untuk mendapatkan kebutuhan dan ketersediaan air. Analisis kebutuhan air di DAS Batang Antokan untuk berbagai manfaat termasuk kebutuhan air irigasi, domestik, dan perikanan tanpa melibatkan kebutuhan non-domestik. Dalam menganalisis debit andalan, digunakan Metode NRECA dengan luas tangkapan air  $478,90 \text{ Km}^2$ .

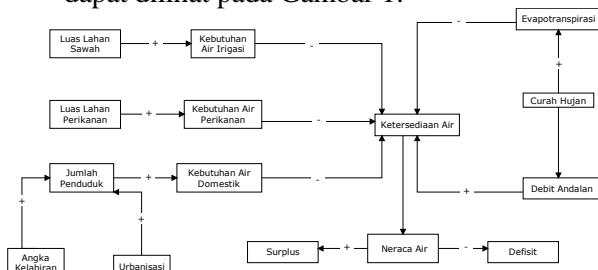
Pemodelan keseimbangan ketersediaan air yang dinamis ini akan dilakukan oleh *software* Studio Powersim 10. Berikut ini adalah penjelasan singkat tentang tahap pemodelan sistem dinamis dengan *software* Powersim Studio 10 (Susetyo & Laxmi, 2017).

1. Pembuatan *Causal Loop Diagram* (CLD), yaitu sebuah diagram yang dapat memvisualisasikan dan menganalisis dampak dan hubungan antar variabel dalam suatu sistem, membantu pemahaman terhadap dinamika sistem dan membantu dalam membuat keputusan yang lebih informasional.
2. Pembuatan Diagram *Input-Output (blackbox)*, yaitu sebuah diagram yang memuat komponen input dan output dari model dinamis yang dibuat.
3. *Stock Flow Diagram* (SFD), disebut juga dengan diagram stok dan aliran atau model dinamis yang dibuat.
4. Simulasi model awal, yaitu simulasi dari model yang telah dibuat dengan menampilkan diagram waktu dan tabel waktu (Sakti & Ikhwan, 2019).

## HASIL DAN PEMBAHASAN

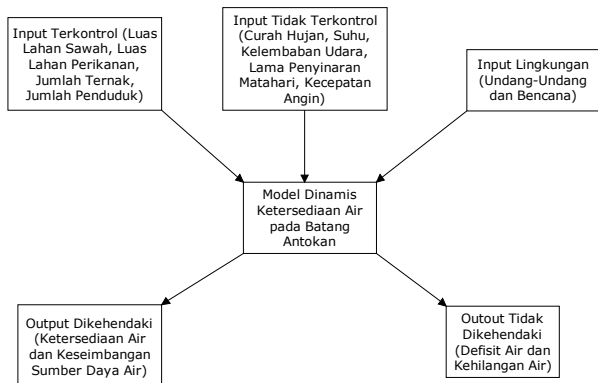
### Pemodelan sistem dinamis

1. Konseptualisasi sistem, persiapan konsep atau ide yang terkait dengan model yang akan dibuat. Selain itu, model tersebut juga dibatasi dengan membatasi variabel secara umum yang terdiri dari aspek pelanggan, kapasitas pengolahan, dan pasokan air. Aspek ini membentuk beberapa subsistem yang saling berhubungan, di mana ada interaksi timbal balik antara satu variabel dan variabel lainnya.
2. *Causal Loop Diagram* (CLD), menggambarkan hubungan kausal antara berbagai variabel dalam suatu sistem, sehingga CLD disebut juga diagram sebab-akibat. CLD membantu dalam memahami bagaimana perubahan dalam satu variabel dapat memengaruhi variabel lain selama periode waktu tertentu. Dalam CLD, ada tanda (+) yang berarti bahwa satu komponen meningkatkan nilai komponen lain. Sedangkan tanda (-) berarti komponen tersebut menurunkan nilai komponen lain dalam sistem. Model dinamis CLD pengelolaan air bersih terpadu di Kota Padang dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. *Causal Loop Diagram*

3. Diagram *input-output (blackbox)*, ada input dan output yang terkontrol (dapat dikontrol) dan *input* yang tidak terkontrol (tidak dapat dikendalikan). Diagram *input-output* model dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. *Blackbox*

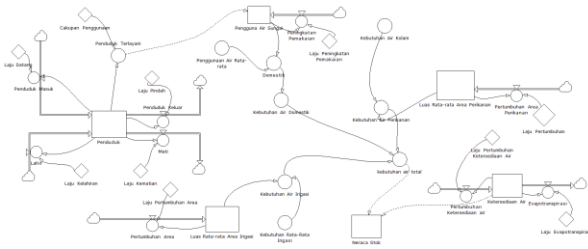
4. *Stock Flow Diagram* (SFD), adalah diagram alur sistem dinamis yang dibuat dan memiliki struktur input seperti di bawah ini:

- a. Submodel Populasi
  - 1) Populasi 2022 (82.953 jiwa)
  - 2) Tingkat kelahiran (12,26%)
  - 3) Tingkat kematian (6,5 %)
  - 4) Tingkat migrasi masuk (15,34%)
  - 5) Tingkat migrasi keluar (15,97%)
- b. Submodel Kebutuhan Air Domestik
  - 1) Pengguna air sungai (24.886 orang)
  - 2) Peningkatan tingkat pemanfaatan (2%)
  - 3) Konsumsi air rata-rata (54.75 )
- c. Submodel Kebutuhan Air Perikanan
  - 1) Rata-rata luas kawasan perikanan (1.912,4406 Ha)
  - 2) Tingkat pertumbuhan kawasan perikanan konstan (0%)
  - 3) Kebutuhan air kolam rata-rata (1.792,15 m<sup>3</sup>/Ha/tahun)
- d. Submodel Kebutuhan Air Irigasi
  - 1) Luas rata-rata area irigasi (4.894,78 Ha)
  - 2) Tingkat pertumbuhan area irigasi (1,73%)
  - 3) Kebutuhan air irigasi rata-rata (53.295,84 m<sup>3</sup>/Ha/tahun)
- e. Submodel Ketersediaan Air
  - 1) Debit andalan (561.972.000 m<sup>3</sup>/tahun)
  - 2) Tingkat evapotranspirasi (0,01%)
  - 3) Tingkat pertumbuhan ketersediaan air (0,5%)

SFD juga disebut aliran stok dan diagram aliran, yang dapat mewakili secara lebih rinci sistem yang sebelumnya dijelaskan melalui diagram sebab-akibat. Diagram stok dan alur memberikan gambaran yang lebih lengkap dan terperinci tentang bagaimana sistem beroperasi dari waktu ke waktu, dengan fokus pada keterkaitan antara variabel dan dampaknya terhadap akumulasi dan laju aktivitas sistem.

SFD akan memaparkan lima submodel tersebut, yaitu submodel populasi, submodel kebutuhan air domestik, submodel kebutuhan air perikanan, submodel kebutuhan air irigasi dan submodel ketersediaan air bersih secara rinci. Diagram Aliran Stok yang dibuat

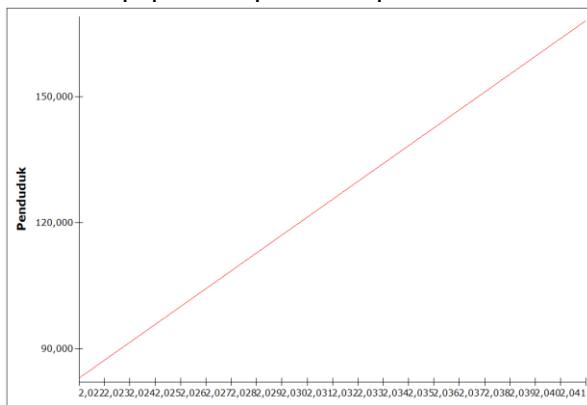
menggunakan perangkat lunak Powersim Studio 10 dapat dilihat pada Gambar 3.



**Gambar 3. Stock Flow Diagram**

5. Simulasi Model Awal

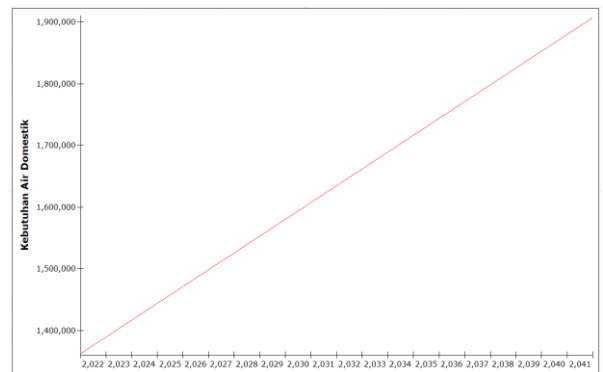
Simulasi model adalah proses pengujian model awal yang mewakili sistem dinamis yang telah dibuat. Grafik hasil simulasi model awal submodel populasi dapat dilihat pada Gambar 4.



**Gambar 4. Hasil Simulasi Proyeksi Populasi**

Berdasarkan informasi dari tabel di atas, pada tahun 2022 penduduk Kabupaten Lubuk Basung sebanyak 82.953 jiwa dengan angka kelahiran 12,26%, angka kematian 6,5%, migrasi masuk 15,34% dan migrasi keluar 15,97%. Hasil proyeksi 20 tahun ke depan, tepatnya pada tahun 2042, menunjukkan bahwa jumlah penduduk Lubuk Basung akan mencapai 168.063 jiwa.

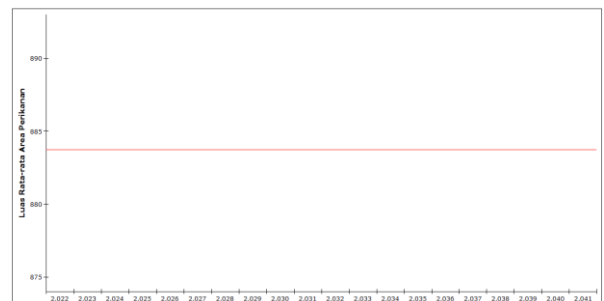
Peningkatan jumlah penduduk yang signifikan secara langsung akan berujung pada peningkatan penggunaan air, terutama untuk kebutuhan rumah tangga seperti kebutuhan rumah tangga. Faktor utama yang mendorong peningkatan konsumsi air adalah meningkatnya kebutuhan individu, perubahan gaya hidup, dan urbanisasi. Hal ini terjadi karena meningkatnya permintaan air akibat banyaknya masyarakat yang menggunakan air untuk berbagai keperluan seperti mandi, mencuci, membersihkan rumah, dan menyiram tanaman. Bagan waktu konsumsi domestik atau proyeksi permintaan air ditunjukkan pada Gambar 5.



**Gambar 5. Hasil Simulasi Proyeksi Kebutuhan Air Domestik**

Berdasarkan hasil simulasi proyeksi kebutuhan air domestik Batang Antokan, pada tahun 2022 tercatat sebesar 1.362.503,03 m<sup>3</sup>/tahun dan akan terus meningkat hingga tahun 2042, yaitu sebesar 1.907.504,24 m<sup>3</sup>/tahun. Jumlah permintaan air domestik dipengaruhi oleh pertumbuhan penduduk yang tinggi, limbah yang dibuat oleh konsumen, baik disengaja maupun tidak disengaja, dan lain sebagainya. Selain itu, konsumsi air semakin meningkat karena standar hidup yang lebih tinggi dan perubahan gaya hidup masyarakat, seperti penggunaan peralatan elektronik yang lebih banyak dan kebiasaan mandi yang lebih lama.

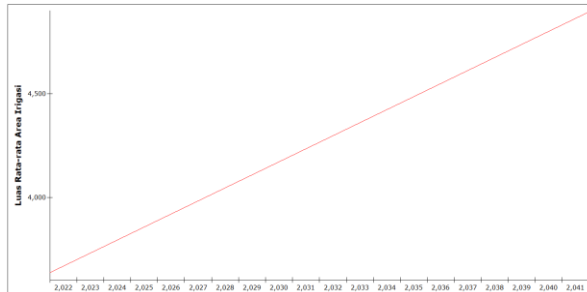
Selain kebutuhan air domestik di atas, Batang Antokan juga dimanfaatkan sebagai sumber air di sektor perikanan. Hasil simulasi permintaan air perikanan menunjukkan peningkatan yang sangat kecil namun stabil setiap tahunnya, dengan peningkatan sebesar 0,01 setiap tahunnya, dari 1.583.776,72 m<sup>3</sup> pada tahun 2022 menjadi 1.583.776,92 m<sup>3</sup> pada tahun 2042. Hasil simulasi proyeksi kebutuhan air perikanan Batang Antokan ditunjukkan pada Gambar 6.



**Gambar 6. Hasil Simulasi Proyeksi Kebutuhan Air Perikanan**

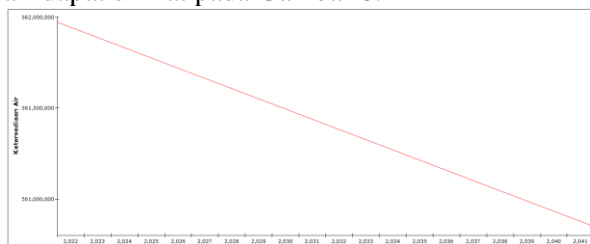
Selain kebutuhan domestik dan perikanan di atas, Batang Antokan juga dijadikan sebagai sumber irigasi bagi masyarakat sekitar. Hasil simulasi proyeksi kebutuhan air irigasi Batang Antokan, pada tahun 2022 tercatat sebesar

193.812.453,99 m<sup>3</sup>/tahun dan akan terus meningkat hingga tahun 2042, yaitu sebesar 260.871.563,08 m<sup>3</sup>/tahun. Peningkatan jumlah kebutuhan air irigasi dipengaruhi oleh laju pertumbuhan sawah yang meningkat sebesar 1,7%. Berikut ini adalah grafik proyeksi konsumsi waktu atau kebutuhan air irigasi Batang Antokan yang ditunjukkan pada Gambar 7.



**Gambar 7. Simulasi Proyeksi Kebutuhan Air Irigasi**

Pemenuhan kebutuhan air di atas perlu disimulasikan serta ketersediaan air di DAS Batang Antokan. Nilai evapotranspirasi meningkat dari 56.197,20 m<sup>3</sup>/tahun pada 2022 menjadi 61.704,53 m<sup>3</sup>/tahun pada 2042. Ini menunjukkan peningkatan yang konsisten dalam jumlah air yang hilang dari tanah dan tanaman setiap tahun. Ketersediaan air juga menunjukkan peningkatan setiap tahun. Pertumbuhan ketersediaan air menunjukkan pola pertumbuhan yang stabil. Setiap tahunnya, pertumbuhan ketersediaan air meningkat, mulai dari 280.986.000,00 m<sup>3</sup>/tahun pada tahun 2022 menjadi 308.522.628,00 m<sup>3</sup>/tahun pada tahun 2042. Sehingga nilai ketersediaan air akan meningkat dari 561.972.000,00 m<sup>3</sup>/tahun pada tahun 2022 menjadi 617.045.256,00 m<sup>3</sup>/tahun pada tahun 2042. Hal ini menunjukkan bahwa meskipun ada peningkatan evapotranspirasi, jumlah total ketersediaan air juga meningkat secara bertahap. Grafik proyeksi ketersediaan air dapat dilihat pada Gambar 8.



**Gambar 8. Simulasi Proyeksi Ketersediaan Air**

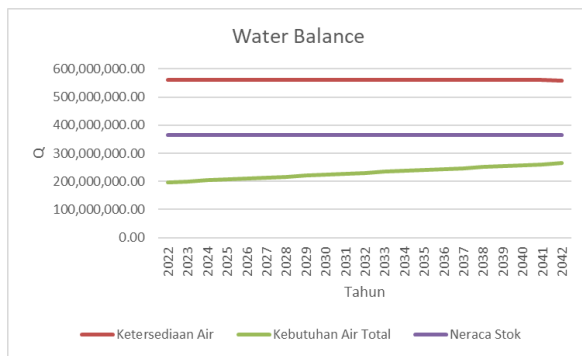
Hasil simulasi model awal sistem pengelolaan air bersih terintegrasi di Kota Padang dapat dirangkum pada Tabel 1.

**Tabel 1. Hasil Simulasi Model Awal**

Tahun	Kebutuhan Air Total (m <sup>3</sup> /tahun)	Ketersediaan Air (m <sup>3</sup> /tahun)	Neraca Stok (m <sup>3</sup> /tahun)
2022	196.758.733,74	561.972.000,00	365.213.266,26
2023	200.138.939,25	561.915.802,80	365.213.266,26
2024	203.519.144,76	561.859.605,60	365.213.266,26
2025	206.899.350,28	561.803.408,40	365.213.266,26
2026	210.279.555,79	561.747.211,20	365.213.266,26
2027	213.659.761,31	561.691.014,00	365.213.266,26
2028	217.039.966,82	561.634.816,80	365.213.266,26
2029	220.420.172,34	561.578.619,60	365.213.266,26
2030	222.571.367,12	561.522.422,40	365.213.266,26
2031	223.800.377,85	561.466.225,20	365.213.266,26
2032	227.180.583,36	561.410.028,00	365.213.266,26
2033	230.560.788,88	561.353.830,80	365.213.266,26
2034	233.940.994,39	561.297.633,60	365.213.266,26
2035	237.321.199,91	561.241.436,40	365.213.266,26
2036	240.701.405,42	561.185.239,20	365.213.266,26
2037	244.081.610,94	561.129.042,00	365.213.266,26
2038	247.461.816,45	561.072.844,80	365.213.266,26
2039	250.842.021,97	561.016.647,60	365.213.266,26
2040	257.602.433,00	560.960.450,40	365.213.266,26
2041	260.982.638,52	560.904.253,20	365.213.266,26
2042	264.362.844,03	560.848.056,00	365.213.266,26

Berdasarkan tabel di atas, dapat dilihat bahwa kebutuhan air total di tahun 2022 adalah 196.758.733,74 m<sup>3</sup>/tahun dan meningkat menjadi 264.362.844,03 m<sup>3</sup>/tahun pada tahun 2042. Ketersediaan Air tetap konstan sepanjang periode, yaitu 561.972.000 m<sup>3</sup>/tahun pada tahun 2022, dan sedikit menurun menjadi 560.848.056,00 m<sup>3</sup>/tahun pada tahun 2042. Penurunan tahunan rata-rata ketersediaan air ini sangat kecil, menunjukkan ketersediaan air relatif stabil.

Neraca Stok tetap konstan pada angka 365.213.266,26 m<sup>3</sup>/tahun selama seluruh periode. Ini menunjukkan bahwa meskipun kebutuhan air terus meningkat, ketersediaan air masih cukup untuk mencakup kebutuhan tersebut, dengan surplus yang konsisten. Hal ini menunjukkan bahwa meskipun total permintaan air meningkat, ketersediaan air yang ada masih cukup untuk memenuhi kebutuhan dengan surplus yang sama setiap tahunnya. Grafik neraca keseimbangan ketersediaan air dapat dilihat pada Gambar 9.



**Gambar 9. Kurva Neraca Keseimbangan Ketersediaan Air**

Berdasarkan kurva di atas, dapat terlihat jelas bagaimana kebutuhan air terus meningkat, sementara ketersediaan air tetap konstan dan neraca stok tetap sama. Kurva ini akan menunjukkan perbedaan yang semakin besar antara kebutuhan dan ketersediaan air seiring waktu, yang dapat mengindikasikan potensi masalah di masa depan jika tidak ada intervensi atau perubahan dalam pengelolaan air. Stabilitas neraca stok ini menandakan bahwa meskipun kebutuhan air perikanan, irigasi, dan domestik meningkat, ketersediaan air yang ada masih cukup untuk mencakup kebutuhan tersebut tanpa kekurangan.

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil temuan penelitian di atas, maka penulis dapat menyimpulkan hasil penelitian bahwa:

1. Proyeksi ketersediaan air Batang Antokan Ketersediaan air mengalami sedikit penurunan pada tahun 2022 di angka 561.972.000,00 m<sup>3</sup> /tahun menjadi 560.848.056,00 m<sup>3</sup> /tahun pada tahun 2042.
2. Hasil simulasi proyeksi kebutuhan air total Batang Antokan, tahun 2022 tercatat sebesar 196.758.733,74 m<sup>3</sup>/tahun dan akan terus meningkat hingga tahun 2042 yaitu sebesar 264.362.844,03 m<sup>3</sup>/tahun.
3. Neraca stok air atau water balance, yang merupakan selisih antara ketersediaan air dan kebutuhan air total, tetap konstan pada 365.213.266,26 m<sup>3</sup> setiap tahun.

## DAFTAR PUSTAKA

Damman, S., Schmuck, A., Oliveira, R., Koop, S. (Stef) H. A., Almeida, M. do C., Alegre, H., & Ugarelli, R. M. (2023). Towards a water-smart society: Progress in linking theory and practice. *Utilities Policy*, 85(October). <https://doi.org/10.1016/j.jup.2023.101674>

Fitriyani, N. P. V. (2022). Analisis Debit Air di Daerah Aliran Sungai ( DAS ).

*Ilmuteknik.org*, 2(2), 1–10.

Harmini, H., Asmarantaka, R. W., & Atmakusuma, J. (2011). Model Dinamis Sistem Ketersediaan Daging Sapi Nasional. *Jurnal Ekonomi Pembangunan: Kajian Masalah Ekonomi dan Pembangunan*, 12(1), 128. <https://doi.org/10.23917/jep.v12i1.211>

Hasnunidah, N. (2017). Metodologi Penelitian Pendidikan. *Metodologi Penelitian Pendidikan*, 1–97.

Iqbal, M. (2020). Metode Mixed Methods. *Skripsi*, 45–69.

Kabupaten Agam, B. P. S. (2023). *Agam dalam Angka: 2023*. xl+ 358 hal.

Lestari, F., Susanto, T., & Kastamto, K. (2021). Pemanenan Air Hujan Sebagai Penyediaan Air Bersih Pada Era New Normal Di Kelurahan Susunan Baru. *SELAPARANG Jurnal Pengabdian Masyarakat Berkemajuan*, 4(2), 427. <https://doi.org/10.31764/jpmb.v4i2.4447>

Mugagga, F., & Nabaasa, B. B. (2016). The centrality of water resources to the realization of Sustainable Development Goals (SDG). A review of potentials and constraints on the African continent. *International Soil and Water Conservation Research*, 4(3), 215–223. <https://doi.org/10.1016/j.iswcr.2016.05.004>

Oktavianto, A. A., & Rosariawari, F. (2023). Analisis Fluktuasi Pemakaian Air Bersih di Pemukiman Desa. *INSOLOGI: Jurnal Sains dan Teknologi*, 2(3), 543–549. <https://doi.org/10.55123/insologi.v2i3.1940>

Priyionugroho, A. (2014). Analisis kebutuhan air irigasi (studi kasus pada daerah irigasi Sungai Air Keban Daerh Kabupaten Empat Lawang). *Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan*, 1(1), 457–470.

Sakti, B., & Ikhwan, J. (2019). Model Sistem Dinamik Ketersediaan Lahan Terbangun Di Provinsi Bengkulu. *PARETO: Jurnal Ekonomi dan Kebijakan Publik*, 2(2), 1–15.

Susetyo, & Laxmi. (2017). Model Dinamis Pengelolaan Air Bersih Terpadu. *Jurnal Kreatif*, 05(1), 35–47.

Zarkasih, M. R., Rohat, D., & Nur, D. M. (2018). Evaluation of Availability and Level of Water Requirement in the Sub of Cikeruh Flash. *Jurnal Geografi Gea*, 18(1), 72. <https://doi.org/10.17509/gea.v18i1.9867>

Zevri, A., & Isma, F. (2021). Studi Keseimbangan Air (Water Balanced) Daerah Aliran Sungai Asahan. *Teras Jurnal*, 11(1), 1. <https://doi.org/10.29103/tj.v11i1.308>