

## ANALISIS KEBIJAKAN PERSEDIAAN AIR BERSIH DI KABUPATEN PONOROGO DENGAN PENDEKATAN SISTEM DINAMIS

Isna Nugraha<sup>1)</sup> & Dwi S. Donoriyanto<sup>2)</sup>

<sup>1, 2)</sup> Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik & Sains,  
Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur  
Jl. Raya Rungkut Madya, Gunung Anyar, Surabaya 60294

e-mail: [isna.nugraha.ti@upnjatim.ac.id](mailto:isna.nugraha.ti@upnjatim.ac.id)<sup>1)</sup>, [dwisukama.ti@upnjatim.ac.id](mailto:dwisukama.ti@upnjatim.ac.id)<sup>2)\*)</sup>

### ABSTRAK

*Air bersih merupakan kebutuhan pokok manusia yang vital untuk kelangsungan hidup dan kesejahteraan. Kabupaten Ponorogo sebagai salah satu daerah di Indonesia turut menghadapi tantangan dalam memastikan ketersediaan air bersih bagi penduduknya. Permasalahan kebijakan dalam pengelolaan persediaan air bersih di Kabupaten Ponorogo tidak dapat dipandang sebelah mata, melainkan memerlukan pemahaman mendalam dengan pendekatan yang holistik dan dinamis. Penelitian ini bertujuan untuk melakukan analisis mendalam terhadap kebijakan persediaan air bersih di Kabupaten Ponorogo dengan menggunakan pendekatan sistem dinamis. Melalui pendekatan ini, diharapkan dapat diidentifikasi poin-poin kritis dalam sistem yang memerlukan perhatian lebih, serta merumuskan kebijakan yang berkelanjutan dan mampu mengatasi tantangan yang terus berkembang dalam mengelola persediaan air bersih. Dari hasil penelitian didapat bahwa penambahan sumber air atau pengeboran sumber dapat meningkatkan persediaan air bersih di untuk memenuhi kebutuhan masyarakat Ponorogo. Selain itu dengan menerapkan kebijakan hemat air yaitu dengan mengurangi kebutuhan air per orang juga dapat meningkatkan persediaan air yang ada. Sebelum adanya kebijakan penambahan sumber air atau pengeboran sumber yaitu sebesar 3,29 juta m<sup>3</sup>. Sedangkan sesudah ditambah 8 sumber air maka naik sebesar 4,30 juta m<sup>3</sup>.*

**Kata Kunci:** Air, Kebijakan, Sistem Dinamis, Vensim

### ABSTRACT

*Clean water is a fundamental and vital necessity for human survival and well-being. Ponorogo Regency, as one of the regions in Indonesia, faces challenges in ensuring the availability of clean water for its residents. Policy issues in managing the supply of clean water in Ponorogo Regency cannot be underestimated; instead, they require a profound understanding with a holistic and dynamic approach. This research aims to conduct an in-depth analysis of the clean water supply policy in Ponorogo Regency using a dynamic system approach. Through this approach, it is expected to identify critical points in the system that require more attention and formulate sustainable policies capable of addressing the evolving challenges in managing the supply of clean water. The research findings indicate that the addition of water sources or drilling new wells can increase the supply of clean water to meet the needs of the Ponorogo community. Additionally, implementing water-saving policies, such as reducing water consumption per person, can also enhance the existing water supply. Before the implementation of policies to add water sources or drill new wells, the supply was 3.29 million m<sup>3</sup>. After adding eight water sources, it increased to 4.30 million m<sup>3</sup>.*

**Keywords:** Water, Policy, Dynamic System, Vensim

## I. PENDAHULUAN

Perkembangan wilayah suatu daerah akan menyebabkan peningkatan kebutuhan air sejalan dengan pertumbuhan penduduk. Pemenuhan kebutuhan pangan dan kegiatan sehari-hari penduduk selalu terkait erat dengan kebutuhan akan air. Meskipun kebutuhan tersebut tak dapat dihindari, namun perlu diprediksi dan direncanakan penggunaannya dengan sebaik mungkin. Seringkali, terjadi ketidakseimbangan antara ketersediaan dan kebutuhan air. Untuk mencapai keseimbangan di masa depan, diperlukan upaya pengkajian komponen-komponen kebutuhan air dan efisiensi penggunaan air (Sun & Yang, 2019).

Air memiliki peran besar dalam kehidupan manusia dan ekosistem. Bagi manusia, air berfungsi sebagai sumber air minum dan berperan dalam proses transportasi zat-zat makanan serta melarutkan berbagai zat yang dibutuhkan oleh tubuh. Selain itu, air juga memainkan peran penting dalam pertumbuhan tanaman. Namun, keterbatasan jumlah air yang dapat dimanfaatkan manusia menjadi masalah yang perlu diatasi. Peningkatan jumlah penduduk berkontribusi pada peningkatan konsumsi air bersih, sehingga pengelolaan sumber daya air yang efektif diperlukan untuk memanfaatkan jumlah air yang terbatas dengan sebaik-baiknya (Naderi et al., 2021).

Air merupakan sumber daya alam yang unik dan penting untuk kelangsungan hidup manusia, termasuk dalam produksi pangan, pembangunan ekonomi, kesejahteraan, dan kesehatan. Pertumbuhan populasi dan peningkatan standar hidup berdampak pada peningkatan permintaan air, yang dapat mengakibatkan eksploitasi sumber daya air, deforestasi, dan perubahan lahan untuk perkembangan pemukiman dan industri. Sementara itu, perubahan iklim yang terkait dengan pemanasan global juga diprediksi akan mempengaruhi pola curah hujan dan ketersediaan air (Ghasemi et al., 2017).

Permasalahan sumber daya air melibatkan banyak variabel dan hambatan, memerlukan penggunaan model optimasi terpadu dan metode simulasi untuk mengestimasi dampak sosio-ekonomi dan lingkungan akibat kebijakan pengelolaan air (Wei et al., 2016). Model tersebut dapat berupa model matematis dan kuantitatif yang mencakup aspek penggunaan air, pengolahan air, pertumbuhan penduduk, dan kebijakan pemerintah dalam menyuplai air kepada masyarakat (Sun et al., 2017).

Kebutuhan air bersih mencakup jumlah air yang dibutuhkan oleh rumah tangga, industri, kota, dan sektor lainnya. Kebutuhan ini dapat dibagi menjadi dua kategori, yaitu kebutuhan air domestik dan non-domestik. Kebutuhan air domestik melibatkan penggunaan air untuk keperluan rumah tangga seperti minum, memasak, mandi, mencuci pakaian, dan keperluan lainnya. Sementara kebutuhan air non-domestik mencakup penggunaan air untuk kantor, tempat ibadah, niaga, dan sektor lainnya.

Air bersih merupakan kebutuhan pokok manusia yang vital untuk kelangsungan hidup dan kesejahteraan. Kabupaten Ponorogo sebagai salah satu daerah di Indonesia turut menghadapi tantangan dalam memastikan ketersediaan air bersih bagi penduduknya. Permasalahan kebijakan dalam pengelolaan persediaan air bersih di Kabupaten Ponorogo tidak dapat dipandang sebelah mata, melainkan memerlukan pemahaman mendalam dengan pendekatan yang holistik dan dinamis.

Analisis kebijakan menjadi langkah kritis untuk mengidentifikasi permasalahan, mengevaluasi keberhasilan kebijakan yang telah diterapkan, dan merumuskan rekomendasi yang tepat untuk perbaikan. Dalam konteks ini, pendekatan sistem dinamis menjadi kerangka kerja yang relevan untuk menggambarkan kompleksitas interaksi antara berbagai variabel yang memengaruhi persediaan air bersih di Kabupaten Ponorogo.

Pendekatan sistem dinamis mengakui bahwa sistem sosial, ekonomi, dan lingkungan adalah entitas yang saling terkait dan saling memengaruhi (Dewi, 2019). Oleh karena itu, analisis kebijakan persediaan air bersih harus mempertimbangkan aspek-aspek ini secara simultan, mengingat dampak kebijakan satu sektor dapat berdampak pada sektor lainnya.

Selain itu, karakter dinamis dari permasalahan persediaan air bersih memerlukan pemahaman tentang bagaimana variabel-variabel seperti pertumbuhan penduduk, perubahan

iklim, dan kebijakan pengelolaan sumber daya air berinteraksi dan berkembang seiring waktu (Zhou et al., 2021). Pendekatan sistem dinamis memungkinkan peneliti untuk memodelkan dinamika kompleks ini, membantu dalam memprediksi dampak kebijakan jangka panjang, serta merancang strategi yang adaptif dan responsif (Utoyo & Suryadi, 2017).

Dengan demikian, penelitian ini bertujuan untuk melakukan analisis mendalam terhadap kebijakan persediaan air bersih di Kabupaten Ponorogo dengan menggunakan pendekatan sistem dinamis. Melalui pendekatan ini, diharapkan dapat diidentifikasi poin-poin kritis dalam sistem yang memerlukan perhatian lebih, serta merumuskan kebijakan yang berkelanjutan dan mampu mengatasi tantangan yang terus berkembang dalam mengelola persediaan air bersih. Dengan adanya penelitian ini diharapkan PDAM Kab. Ponorogo mendapat gambaran tentang persediaan air bersih yang ada di Ponorogo. Selain itu pemerintah diharapkan memberi kebijakan agar dapat menanggulangi defisit air.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### A. Air

Air merupakan sumber daya alam yang unik karena ketersediaan air bersih memegang peranan penting bagi kelangsungan hidup manusia, di antaranya untuk memproduksi pangan, pengembangan ekonomi dan kesejahteraan serta kesehatan manusia. Populasi yang meningkat dan peningkatan standar hidup manusia akan menambah permintaan air sehingga terjadi eksploitasi manusia terhadap air tanah, air permukaan, hutan, dan lahan pertanian untuk dijadikan tempat tinggal maupun pembangunan industri. Eksploitasi tersebut menyebabkan kekeringan pada musim kemarau, dan menimbulkan banjir pada musim hujan. Sementara peningkatan industri dan rendahnya kontrol pemerintah akan mengakibatkan limbah pabrik yang tidak didaur ulang mencemari air. Di samping itu, perubahan iklim akibat pemanasan global yang terjadi akhir-akhir ini diduga juga akan mempengaruhi curah hujan dan ketersediaan air (Koushali et al., 2015)

### B. Model

Model merupakan representasi dari sistem nyata. Sebuah model dapat dikatakan baik apabila perilaku model tersebut dapat menyerupai sistem yang sebenarnya. Dalam membangun sebuah model akan sangat dipengaruhi oleh subjektivitas seseorang maka perlu adanya penyempurnaan yang dilakukan secara terus-menerus dengan menggali informasi dan potensi yang relevan (Dwi Astanti & Ristyowati, 2016). Salah satu dasar utama dalam mengembangkan model adalah menemukan variabel-variabel yang penting dan tepat. Penemuan variabel tersebut sangat erat hubungannya dengan pengkajian hubungan-hubungan yang terdapat diantara variabel (Nugraha et al., 2022).

Salah satu dasar utama dalam mengembangkan model adalah menemukan variabel-variabel yang penting dan tepat. Penemuan variabel tersebut sangat erat hubungannya dengan pengkajian hubungan-hubungan yang terdapat diantara variabel (Setiafindari et al., 2017).

Menurut Sterman (2000), adapun langkah-langkah dari proses pemodelan adalah sebagai berikut :

- Perumusan masalah dan pemilihan batasan dunia nyata. Tahap ini meliputi kegiatan pemilihan tema yang akan dikaji, penentuan variabel kunci, rencana waktu untuk mempertimbangkan masa depan yang jadi pertimbangan serta seberapa jauh kejadian masa lalu untuk mempertimbangkan masa depan yang jadi pertimbangan serta seberapa jauh kejadian masa lalu dari akar masalah tersebut dan selanjutnya mendefinisikan masalah dinamisnya.
- Formulasi hipotesis dinamis dengan menetapkan hipotesis berdasarkan pada teori perilaku terhadap masalah dan membangun peta struktur kausal melalui gambaran

model mental pemodel dengan bantuan alat-alat seperti causal loop diagram dan stock flow diagram.

Formulasi pada model sendiri dapat dilakukan dengan cara memahami dan menguji konsistensi model apakah sudah sesuai dengan tujuan dan batasan yang dibuat. Setelah model dibuat maka selanjutnya dilakukan tahap verifikasi. Pada tahap verifikasi dilakukan pengecekan terhadap model yang telah dibuat, apakah model sudah sesuai dengan yang diinginkan, masuk akal, dan apakah formulasi maupun satuannya sudah konsisten. Selanjutnya, model sistem disimulasikan kemudian validasi hasil simulasi model dilakukan untuk memastikan bahwa model yang dibuat benar-benar dapat merepresentasikan kondisi riil sistem.

### C. Sistem Dinamis

He & Li (2019) dalam penelitiannya menyatakan bahwa teori sistem dinamis (SD) didirikan oleh Jay W. Forrester di Massachusetts Institute of Technology yang merupakan sintesis dari ilmu sistem dan simulasi komputer. Teori sistem dinamis merupakan model yang didasarkan pada hubungan sebab akibat dan metode yang menekankan pada pemodelan dari suatu sistem, integrasi, koneksi, perkembangan, dan dinamika. Menurut Kim et al., (2018) sistem dinamis merupakan pendekatan sistem yang dicapai melalui keterkaitan antar variabel, menganalisis perubahan dalam sistem untuk memperkirakan tren di masa yang akan datang, serta merupakan metode nonlinier yang menggunakan data kuantitatif dan kualitatif yang dimungkinkan untuk menganalisis dinamika sistem yang kompleks dengan karakteristik umpan balik. Sedangkan Setiafindari (2017) berpendapat bahwa metode sistem dinamis mampu meningkatkan pemahaman tentang perilaku struktur kebijakan suatu sistem. Metode ini menitikberatkan pada pengambilan kebijakan dan bagaimana kebijakan tersebut menentukan tingkah laku permasalahan yang dimodelkan oleh sistem secara dinamik. Ciri-ciri permasalahan yang dapat dimodelkan dengan sistem dinamik memiliki ciri yang bersifat dinamis (berubah terhadap waktu) dan memiliki setidaknya satu umpan balik (*feedback*). Konseptualisasi sistem digunakan untuk menggambarkan secara umum mengenai simulasi sistem dinamis yang akan dilakukan. Selanjutnya, model konseptual diterjemahkan menjadi model sistem dinamis melalui stock and flow diagram (Alfani et al., 2023).

### D. Causal Loop Diagram

Menurut Sapiri et al., (2016) dalam sistem dinamik, unsur-unsur sistem dan interaksi diantara keduanya penting untuk memahami perilaku sistem. Salah satu cara efektif untuk menggambarkan secara grafis hubungan umpan balik antar elemen adalah dengan menggunakan *causal loop diagram*. *Causal loop diagram* dapat menggambarkan elemen mana yang mempengaruhi elemen lain dalam sistem dinamis (Kristianto & Nadapdap, 2021). *Causal loop diagram* menjelaskan perilaku sistem dengan menunjukkan sekelompok node yang saling berhubungan dengan panag dan *loop feedback* yang dibuat oleh koneksi (Mawengkang, 2020). *Causal loop diagram* dapat digunakan untuk menggambarkan hubungan variabel kualitatif dan kuantitatif dalam suatu sistem. Variabel kuantitatif adalah sesuatu yang dapat diukur, sedangkan variabel kualitatif merupakan elemen tidak berwujud yang tidak memiliki pengukuran langsung, seperti motivasi dan moral. Variabel dapat berupa kondisi, tindakan, atau keputusan, yang dapat mempengaruhi atau dipengaruhi oleh variabel lain dalam suatu sistem. Dalam bukunya *System Dynamics Modelling and Simulation*, Bala et al., (2017) menyatakan bahwa *causal loop diagram* mengidentifikasi putaran umpan balik utama dari sistem. *causal loop diagram* digunakan untuk menggambarkan mekanisme sebab-akibat dasar yang dihipotesiskan untuk menghasilkan mode acuan perilaku sistem dari waktu ke waktu. Hubungan antara satu variabel dan berikutnya dalam loop dapat berupa positif atau negatif. Hubungan yang positif berarti jika satu variabel meningkat, variabel lainnya juga meningkat.

### E. Stock Flow Diagram

*Stock flow diagram* sebagai konsep sentral dalam teori sistem dinamik. *Stock* adalah akumulasi atas pengumpulan dan karakteristik keadaan sistem. *Stock* digabungkan dengan *rate* atau *flow* aliran aktivitas. *Stock* adalah akumulasi atau integrasi dari *flow*. *Flow* yang masuk ke *stock* adalah tingkat perubahan *stock*. Diagram alir (*stock flow diagram*) menggambarkan struktur dari sebuah model sedangkan hasil simulasinya berupa grafik yang menggambarkan perilaku (*behaviour*) dari sistem. *Stock* atau yang dikenal sebagai level dapat dikategorikan sebagai *output* yang akan dihasilkan dari diagram aliran tersebut. Simbol level tersebut dapat berupa output jumlah kendaraan, jumlah penduduk, jumlah tahun dan sebagainya. Sedangkan untuk simbol aliran merupakan identitas proses yang akan mempengaruhi simbol level tersebut, sehingga menghasilkan output simbol level. Secara sederhana, dapat dilihat bahwa dalam diagram alir tersebut terdapat proses aliran yang menghasilkan suatu kondisi baru mengenai objek yang diteliti (Zhi, 2018).

### F. Verifikasi dan Validasi Model

Verifikasi Model adalah proses menentukan apakah model simulasi merefleksikan model konseptual dengan tepat. Verifikasi dari suatu model bertujuan untuk menjamin kebenaran suatu model secara matematis dan konsisten secara logika.

Validasi adalah suatu tindakan yang membuktikan bahwa suatu proses/metode dapat memberikan hasil yang konsisten sesuai dengan spesifikasi yang telah ditetapkan dan terdokumentasi dengan baik. Validasi Model adalah proses menentukan apakah model konseptual merefleksikan sistem nyata dengan tepat. validasi adalah sebuah proses menentukan apakah model konseptual merepresentasikan system nyata dengan tepat atau tidak (Nugraha et al., 2020).

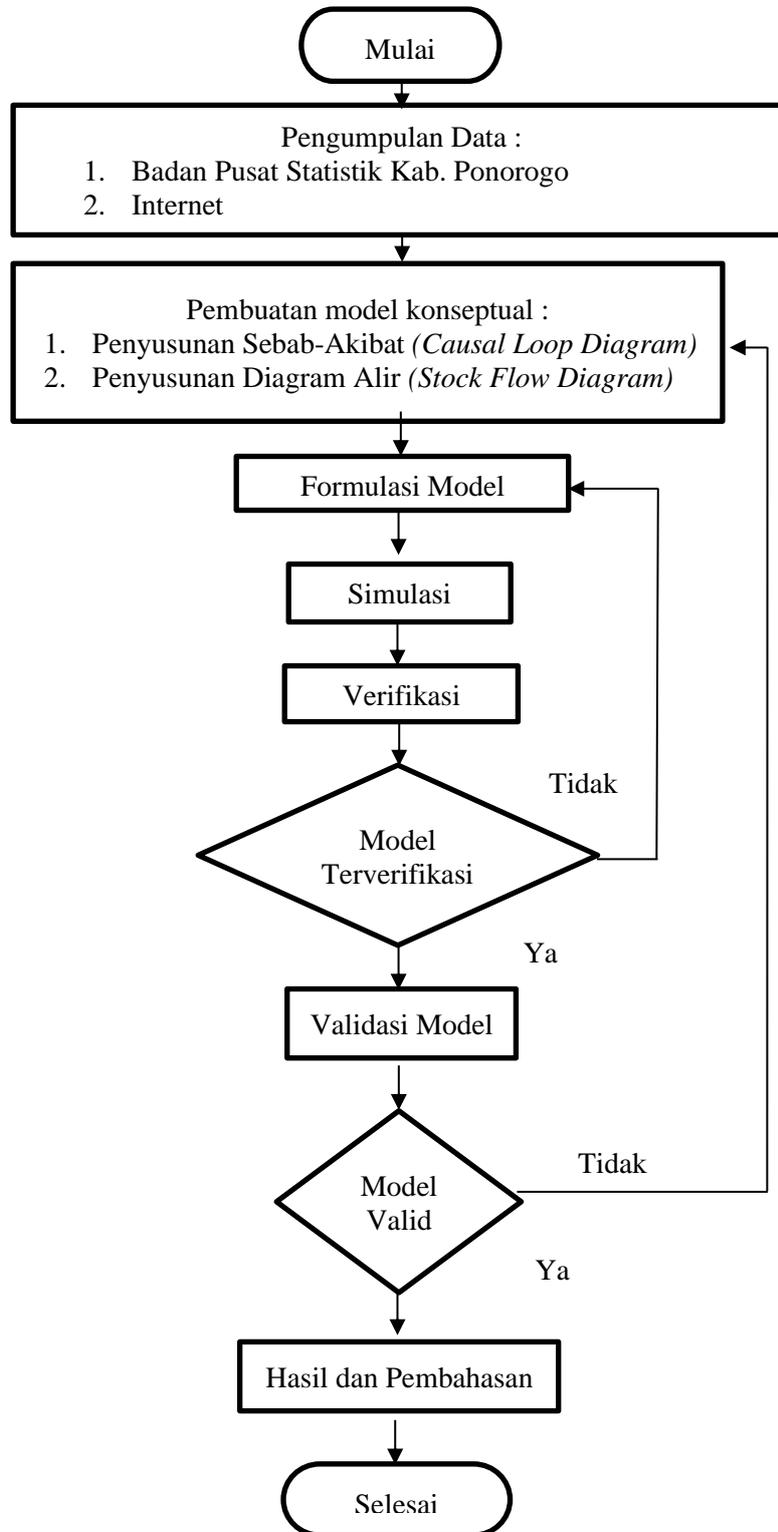
### G. Vensim

Vensim merupakan *software* yang dikembangkan oleh Ventana System, ketika mereka memutuskan untuk berhenti membuat ulang *software* lama dan mulai membuat bahasa simulasi sendiri (Sapiri, et al. 2016). Vensim merupakan suatu perangkat pemodelan visual yang dapat digunakan untuk melakukan konseptualisasi, simulasi, analisis, dan optimasi model sistem dinamis. Vensim PLE (*Personal Learning Edition*) menawarkan suatu cara yang sederhana dan fleksibel dalam membangun model simulasi dari diagram sebab akibat (*causal loop diagram*) dan diagram alir (*stock flow diagram*). Perangkat lunak vensim berhasil diterapkan untuk mensimulasikan efektivitas penerapan berbagai kebijakan dalam suatu permasalahan (Fariza, 2022).

Vensim merupakan suatu perangkat pemodelan visual yang membolehkan Anda untuk melakukan konseptualisasi, dokumentasi, simulasi, analisis, dan optimasi model sistem dinamis. Vensim adalah salah satu alat perangkat lunak yang menggunakan sistem dinamis untuk memodelkan dan memberikan solusi pada masalah. Vensim PLE sendiri menawarkan pembangunan model simulasi dengan diagram sebab akibat *loop* atau (*causal loop diagram*) diagram alir stok (*stock flow diagram*) dengan konsep yang sederhana dan fleksibel (He & Li, 2019). Dengan menghubungkan kata-kata dengan tanda panah, keterkaitan antar variabel sistem dimasukkan dan dicatat sebagai hubungan kausal. Anda dapat menganalisis model yang telah Anda buat melalui proses *building*, melihat pada penyebab dan penggunaan suatu variabel, dan juga pada *loop* yang melibatkan variabel.

### III. METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penyelesaian permasalahan ini adalah metode sistem dinamis, Adapun langkah-langkah ditampilkan pada gambar 1 berikut :

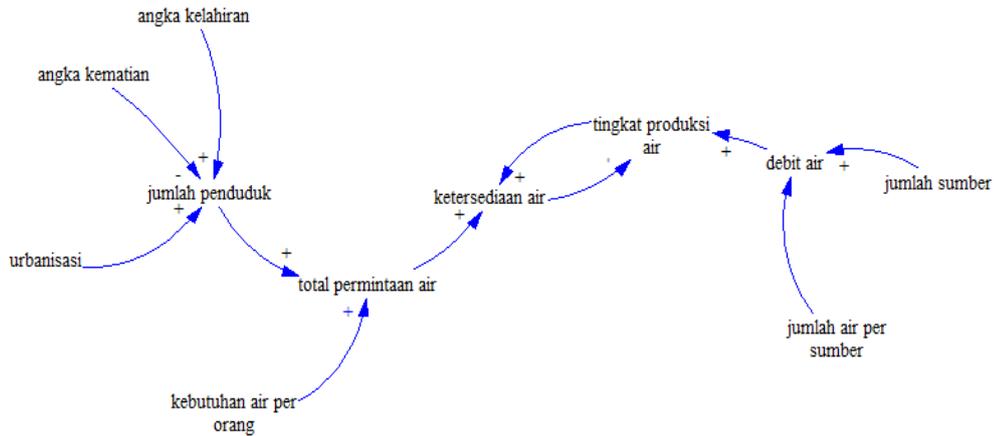


Gambar 1. Flowchart Langkah-langkah penelitian

#### IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

##### A. Penyusunan Diagram Sebab-Akibat (Causal loop diagram)

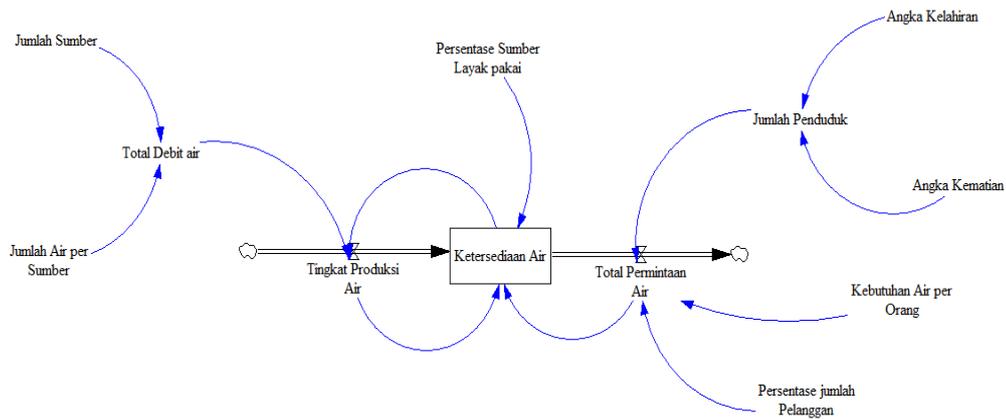
*Causal loop diagram* menggambarkan hubungan sebab akibat antar variabel yang berpengaruh dalam penelitian ini. Terdapat dua jenis umpan balik dalam *causal loop diagram*, yaitu umpan balik positif (+) dan umpan balik negatif (-). Umpan balik positif menunjukkan bahwa suatu variabel menimbulkan pertambahan dalam variabel lainnya, sedangkan umpan balik negatif jika suatu variabel mengakibatkan pengurangan pada variabel lainnya. Berikut adalah *causal loop diagram* dalam penelitian ini.



Gambar 2. Causal Loop Diagram

##### B. Penyusunan Diagram Alir (Stock Flow Diagram)

Pada *stock flow diagram* menggambarkan variabel yang berpengaruh terhadap dinamika perubahan



Gambar 3. Stock Flow Diagram

C. Formulasi Model

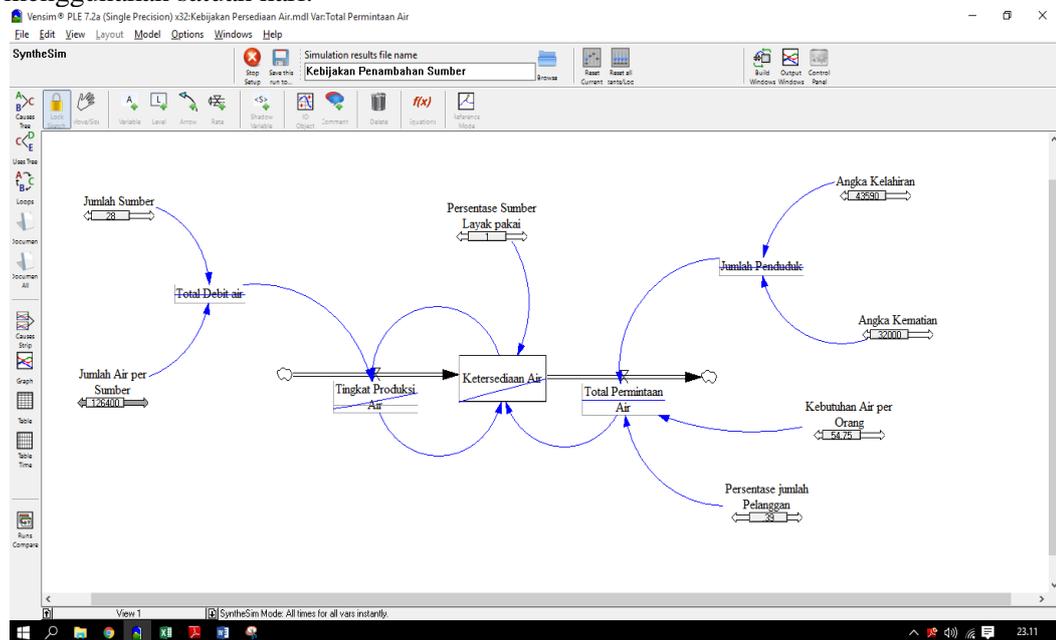
Formulasi model matematis dilakukan dengan cara memasukkan keterkaitan antar variabel menjadi suatu persamaan matematis. Berikut merupakan beberapa contoh formulasi model:

TABEL 1  
FORMULASI MODEL

No.	Variable	Unit
1	Angka Kelahiran	Orang
2	Angka Kematian	Orang
3	Persentase Sumber Layak Pakai	Dmnl
4	Jumlah Penduduk	Angka kelahiran-Angka kematian
5	Kebutuhan Air per Orang	m <sup>3</sup>
6	Ketersediaan air	m <sup>3</sup>
7	Tingkat Produksi air	m <sup>3</sup>
8	Total Permintaan Air	m <sup>3</sup>
9	Jumlah Air per Sumber	m <sup>3</sup> /Sumber
10	Jumlah Sumber	Sumber

D. Simulasi Model

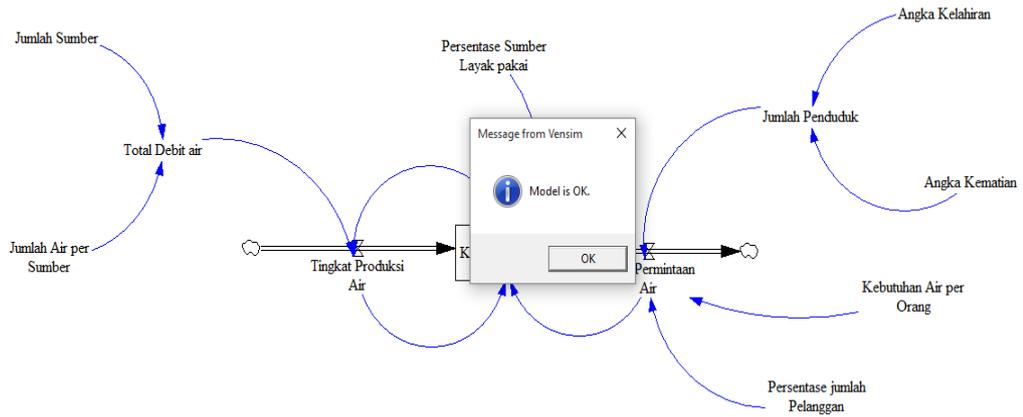
Simulasi model dilakukan menggunakan bantuan *software* VENSIM. Simulasi model dilakukan pada kondisi *exsiting* dengan rentang waktu 500 hari dan dijalankan dengan menggunakan satuan hari.



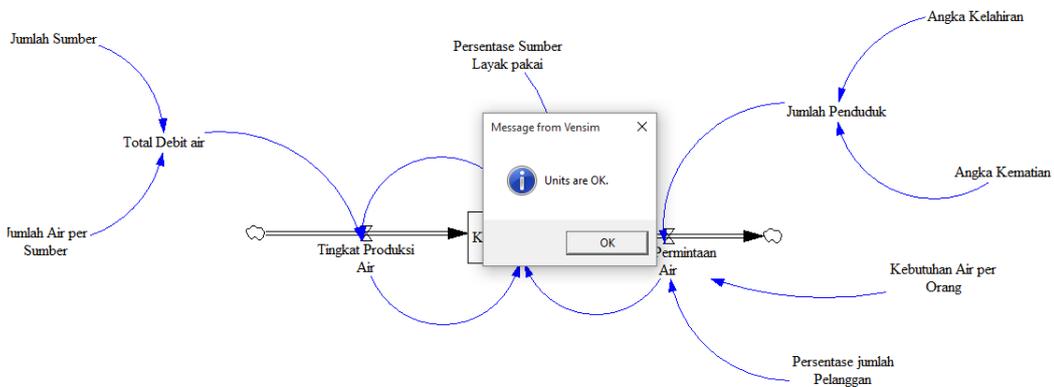
Gambar 4. Simulasi Software Vensim

### E. Verifikasi Model

Verifikasi model dilakukan untuk mengetahui apakah model yang dibuat berjalan sesuai dengan persepsi pembuatan model. Verifikasi model dilakukan dengan cara memeriksa formulasi (equation) dan satuan (unit) pada variabel. Tujuan dilakukan verifikasi unit adalah untuk mengetahui agar satuan konversi yang digunakan pada variabel model yang dibuat sesuai dengan satuan yang seharusnya. Proses verifikasi model dilakukan dengan menggunakan bantuan software VENSIM yaitu menggunakan fitur *Check Model* untuk verifikasi struktur model dan fitur *Units Check* untuk verifikasi unit variabel.



Gambar 5. Verifikasi Struktur Model



Gambar 6. Verifikasi Unit Model

### F. Validasi Model

Validasi model adalah pemeriksaan apakah simulasi sistem yang dibuat menggambarkan sistem yang nyata. Berikut ini gambar 6 validasi model yang telah dilakukan.

t-Test: Paired Two Sample for Means		
	Variable 1	Variable 2
Mean	9877604	12911902
Variance	2,7102E+13	4,63E+13
Observations	5	5
Pearson Correla	1	
Hypothesized M	0	
df	4	
t Stat	-4,242664455	
P(T<=t) one-tail	0,006617674	
t Critical one-ta	2,131846786	
P(T<=t) two-tail	0,013235348	
t Critical two-ta	2,776445105	

Gambar 7. Validasi Model

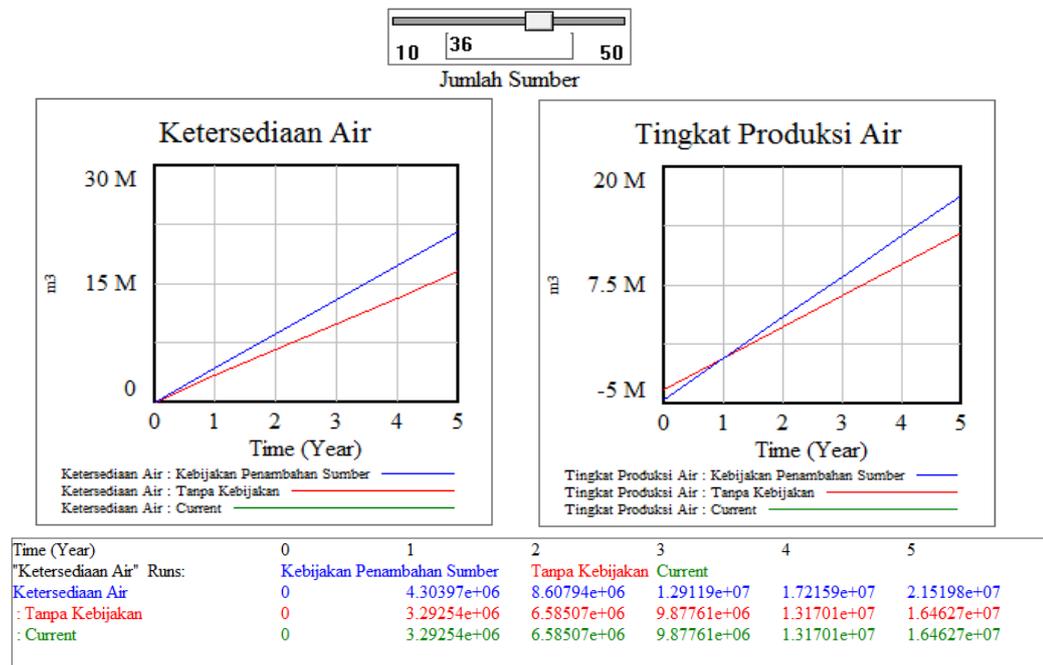
Dari Hasil Dari Hasil validasi model menggunakan *software Microsoft Excel* sebagai uji statistiknya, dapat dilihat pada gambar 6 validasi data yang diinputkan adalah data simulasi ketersediaan beras dan data aktual ketersediaan beras dengan nilai  $P = 0,0132$  artinya jika  $P \text{ value} < \alpha (0,05)$  maka  $H_0$  diterima, yang artinya model dapat dinyatakan valid.

### G. Analisa Skenario Kebijakan

Analisa Skenario kebijakan adalah analisa berdasarkan kebijakan atau alternatif yang akan diterapkan dengan melihat perkembangan dari tahun ke tahun menggunakan simulasi sistem dinamis yang dimodelkan sesuai dengan keadaan *real* atau nyata (Ahmadi et al., 2017).

#### 1) Skenario Penambahan Jumlah Sumber

Skenario dilakukan dengan meningkatkan Jumlah Sumber



Gambar 6. Skenario Peningkatan Jumlah Sumber

Simulasi di atas adalah simulasi sebelum adanya kebijakan penambahan sumber air dan sesudah penambahan 8 sumber air. Jadi simulasi di atas menunjukkan jumlah ketersediaan air dan tingkat produksi beras dari tahun 0 sampai 5 meningkat. Dari tabel hasil tersebut dapat dilihat peningkatannya. Sebelum adanya kebijakan penambahan sumber air, ketersediaan air yaitu sebesar 3,29 juta m<sup>3</sup>. Sedangkan sesudah ditambah 8 sumber maka ketersediaan naik sebesar 4,30 juta m<sup>3</sup>.

## V. KESIMPULAN

Dari hasil rancangan model simulasi analisis Persediaan Air Bersih didapatkan hasil yaitu dengan penambahan sumber air atau pengeboran sumber. Penambahan sumber air atau pengeboran sumber di Kabupaten Ponorogo. Sebelum adanya kebijakan penambahan sumber air atau pengeboran sumber yaitu sebesar 3,29 juta m<sup>3</sup>. Sedangkan sesudah ditambah 8 sumber air maka naik sebesar 4,30 juta m<sup>3</sup>. Dengan kebijakan tersebut maka dapat meningkatkan persediaan air bersih di untuk memenuhi pelanggan PDAM serta masyarakat Ponorogo.

## DAFTAR PUSTAKA

- Ahmadi, A., Bandonu, A., & Safrudin, N. (2017). DAMPAK TEKNOLOGI INFORMASI TERHADAP KETAHANAN NASIONAL MASYARAKAT DI KABUPATEN BANGKALAN: SEBUAH PENDEKATAN MODEL SISTEM DINAMIK. *JOURNAL ASRO*, 8, 1-14.
- Alfani, A. M., Donoriyanto, D. S., & Nugraha, I. (2023). Penerapan Sistem Dinamis dalam Menganalisis Tarif Tol Krian-Legundi-Manyar-Bunder. *Briliant: Jurnal Riset dan Konseptual*, 8(3), 704-714.
- Badan Pusat Statistik Kab. Ponorogo. 2020. Ponorogo dalam angka 2020 : BPS Kabupaten Ponorogo.
- Bala, B. K. (2017). *System Dynamics Modelling and Simulation*. Springer Nature.
- Dewi, E. (2019). Analisis kebijakan swasembada beras dalam upaya peningkatan ketahanan pangan. *Jurnal Agribis*, 5(2), 29-42.
- Dwi Astanti, Y., & Ristyowati, T. (2016). Pengembangan Model Simulasi Sistem Dinamis Keseimbangan Jumlah Input-Output Mahasiswa. *Jurnal OPSI FTI UPN" Veteran" Yogyakarta*, 9(1), 69-75.
- Ghasemi, A., Saghafian, B., & Golian, S. (2017). System dynamics approach for simulating water resources of an urban water system with emphasis on sustainability of groundwater. *Environmental Earth Sciences*, 76, 1-15.
- He, S. K., & Li, J. (2019). A study of urban city traffic congestion governance effectiveness based on system dynamics simulation. *Int. Ref. J. Eng. Sci*, 8, 37-47.
- Kim, H. H., Jeon, J. W., & Yeo, G. T. (2018). Forecasting model of air passenger demand using system dynamics. *Journal of Digital Convergence*, 16(5), 137-143.
- Koushali, H. P., Moshtagh, R., & Mastoori, R. (2015). Water resources modelling using system dynamic in Vensim. *Journal of Water Resource and Hydraulic Engineering*, 4(3), 251-256.
- Kristianto, A. H., & Nadapdap, J. P. (2021). Dinamika Sistem Ekonomi Sirkular Berbasis Masyarakat Metode Causal Loop Diagram Kota Bengkulu. *Sebatik*, 25(1), 59-67.
- Mawengkang, H. (2020). Analisis Keputusan Menggunakan Pendekatan Model Causal Loop Diagram (CLD) Model Dinamik untuk Perencanaan Wisata Syariah Berkelanjutan. *Jurnal Mantik*, 4(3), 2288-2291.
- Naderi, M. M., Mirchi, A., Bavani, A. R. M., Goharian, E., & Madani, K. (2021). System dynamics simulation of regional water supply and demand using a food-energy-water nexus approach: Application to Qazvin Plain, Iran. *Journal of environmental management*, 280, 111843.
- Nugraha, I., Rahmawati, N., Syamsiah, Y. A., & Alfani, A. M. (2022). Government Policy Analysis to Develop the Krian-Manyar-Gresik Toll in order to Reduce Traffic Jam using A Dynamic System Approach. *PROZIMA (Productivity, Optimization and Manufacturing System Engineering)*, 6(1), 29-40.
- Nugraha, I., Sutopo, W., Hisjam, M., & Oktyajati, N. (2020, October). The Dynamic Simulation

- Model of Local Soybean Competitiveness Policy to Support the Soybean Price Stabilization. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* (Vol. 943, No. 1, p. 012046). IOP Publishing.
- Sapiri, H., Zulkepli, J., Ahmad, N., Abidin, N. Z., & Hawari, N. N. (2016). Introduction To System Dynamics Modelling And Vensim Software. Kedah: UMM PRESS (University Utara Malaysia).
- Setiafindari, W., Anggara, A., & Masril, M. (2017). Transportation mode selection using system dynamics approach. *International Journal of Software Engineering and Its Applications*, 11(4), 51-60.
- Sun, B., & Yang, X. (2019). Simulation of water resources carrying capacity in Xiong'an New Area based on system dynamics model. *Water*, 11(5), 1085.
- Sun, Y., Liu, N., Shang, J., & Zhang, J. (2017). Sustainable utilization of water resources in China: A system dynamics model. *Journal of cleaner production*, 142, 613-625.
- Sterman, J. (2002). System Dynamics: systems thinking and modeling for a complex world.
- Utoyo, F., & Suryadi, A. (2017). SIMULASI KETERSEDIAAN BERAS DI KOTA SURABAYA DENGAN PENDEKATAN SISTEM DINAMIS. *Tekmapro: Journal of Industrial Engineering and Management*, 12(1), 71-80.
- Wei, T., Lou, I., Yang, Z., & Li, Y. (2016). A system dynamics urban water management model for Macau, China. *Journal of Environmental Sciences*, 50, 117-126.
- Zhi, X. (2018, March). Analysis and Forecast of Railway Passenger Volume Using System Dynamics. In *2018 2nd International Conference on Electrical Engineering and Automation (ICEEA 2018)* (pp. 233-237). Atlantis Press.
- Zhou, X., Wang, F., Huang, K., Zhang, H., Yu, J., & Han, A. Y. (2021). System dynamics-multiple objective optimization model for water resource management: A case study in Jiaying City, China. *Water*, 13(5), 671.