
ANALISIS KEBUTUHAN AIR BERSIH BERDASARKAN JUMLAH PENDUDUK DI DESA GEDANGKULUT KAB. GRESIK MELALUI PENDEKATAN SISTEM DINAMIS

Ratih Angellina dan Aulia Ulfah Farahdiba

Program Studi Teknik Lingkungan, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jawa Timur

Email: auliaulfah.tl@upnjatim.ac.id

ABSTRAK

Kebutuhan air bersih selalu meningkat seiring dengan bertambah banyaknya jumlah penduduk di suatu wilayah. Desa Gedangkulut adalah wilayah pedesaan yang terletak pada Kecamatan Cerme, Gresik. Hingga saat ini, wilayah Desa Gedangkulut masih belum mendapatkan distribusi dari jaringan pipa PDAM Kabupaten Gresik sehingga masyarakat hanya memanfaatkan air bersih yang berasal telaga serta air tanah untuk sumber air bersih untuk kehidupan sehari-harinya. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui prediksi kebutuhan air bersih berdasarkan jumlah penduduk di Gedangkulut melalui sistem dinamis. Perangkat lunak sistem dinamis yang digunakan adalah Vensim PLE. Berdasarkan analisis melalui sistem dinamis, kebutuhan air penduduk Desa Gedangkulut tahun 2021 adalah 120.056 m³ meningkat sebesar 187.070 m³ pada tahun 2081.

Kata kunci: *Sistem Dinamis, Kebutuhan Air, Vensim PLE*

ABSTRACT

Clean water needs always increases along with increasing number of people in an area. Gedangkulut Village is a rural area located in Cerme District, Gresik. Until now, the Gedangkulut Village area still has not received distribution from the Gresik Regency PDAM pipe network so that location only uses clean water from the lake and ground water for clean water sources for their daily lives. The purpose of this study was to determine the prediction of clean water needs based on the population in Gedangkulut through a dynamic system. The dynamic system software used is Vensim PLE. Based on the analysis through a dynamic system, the water demand of the residents of Gedangkulut Village in 2021 is 120,056 m³ an increase of 187,070 m³ in 2081.

Keywords: *Dynamic System, Water Demand, Vensim PLE*

PENDAHULUAN

Kebutuhan air bersih meningkat seiring dengan berkurangnya air bersih yang tersedia pada suatu wilayah (Berhanu et al., 2017). Faktor penyebabnya adalah akibat dari populasi manusia yang selalu bertambah, berkurangnya wilayah untuk resapan air, dan eksploitasi sumber air (Suheri et al., 2019). Desa Gedangkulut adalah salah satu wilayah pedesaan di Kecamatan Cerme, Kabupaten Gresik. Total luas wilayah desa tersebut adalah sebesar ± 474 ha dengan jumlah penduduk sekitar 5431 jiwa pada tahun 2020. Hingga saat ini wilayah tersebut belum ada distribusi jaringan pipa air bersih PDAM Kabupaten Gresik sehingga untuk kebutuhan sehari-harinya dalam menggunakan air, masyarakat memanfaatkan telaga khusus (embung) serta air tanah. Perlu diketahui proyeksi dan dinamika untuk kebutuhan air masyarakat Desa Gedangkulut yang dibutuhkan untuk kehidupan sehari-hari. Vensim PLE adalah *software* yang digunakan untuk membentuk model simulasi kebutuhan air bersih masyarakat Desa Gedangkulut. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui prediksi kebutuhan air bersih berdasarkan jumlah penduduk di Gedangkulut.

Kondisi Suplai Air Eksisting

Tabel -1: Kondisi suplai air eksisting

Karakteristik	Dusun Gedangkulut		Dusun Jenggolok	Dusun Sawahan
	Embung	Sumur bor	Embung	Embung
Sumber Air	Embung	Sumur bor	Embung	Embung
Koordinat	7°12'00.60"S 112°31'53.39"E	7°11'58.08"S 112°31'44.46"E	7°12'27.33"S 112°32'05.67"E	7°12'21.94"S 112°31'32.17"E
Kedalaman	4 m	112 m	5 m	5 m
Kondisi (Kualitas secara fisik)	Sedikit keruh	Jernih	Sedikit keruh	Sedikit keruh kejijauan
Kondisi Ketika Musim Kemarau (Kontinuitas)	Kering	Berkurang, tidak kering	Berkurang, tidak kering	Kering
Kegunaan	Mandi dan mencuci konvensional			
Pengambilan	Konvensional dengan jeriken	Distribusi melalui HU	Konvensional dengan jeriken	Konvensional dengan jeriken
Pengolahan	Tidak ada	Tidak ada	Tidak ada	Tidak ada

Proyeksi Penduduk

Perhitungan proyeksi penduduk dibedakan menjadi 3 metode, yaitu :

a. Metode Aritmatika

Metode ini beranggapan laju perubahan penduduk suatu wilayah adalah konstan dan tidak meningkat secara signifikan (Steel & Mcghee, 1960).

$$P_n = P_o + r \cdot dn \quad (1)$$

Keterangan :

P_n : jumlah penduduk pada tahun proyeksi (jiwa)

P_o : jumlah penduduk pada awal tahun dasar (jiwa)

r : rata-rata pertambahan penduduk (jiwa/tahun)

n : kurun waktu proyeksi (tahun)

r : selisih pertambahan penduduk

d : banyak data

b. Metode Geometrik

Dalam metode ini, data dari perkembangan penduduk bertambah secara berganda. Rumus matematis metode geometrik yaitu :

$$Y_n = P_t(1 + r)^n \quad (2)$$

Keterangan :

Y_n : Total penduduk di tahun ke-n

P_t : Total penduduk di akhir tahun data

n : Interval waktu

r : Persentase pertumbuhan penduduk (%)

t : Interval waktu tahun ($n - 1$)

c. Metode Least Square

Metode ini digunakan ketika data pertumbuhan penduduk suatu wilayah cenderung berbentuk garis linier dan datanya tidak selalu bertambah. Rumus matematis metode least square yaitu :

$$Y_n = a + b \quad (3)$$

Keterangan :

Y_n : Total penduduk di tahun yang akan datang

a : Konstanta

b : Koef laju pertumbuhan penduduk

Prediksi Air Yang Dibutuhkan

Untuk menghitung banyaknya air yang dibutuhkan oleh sebuah wilayah digunakan persamaan dengan melakukan perkalian antara total jumlah penduduk dengan standar kebutuhan air sesuai kriteria daerah (Suheri et al., 2019). Standar air yang dibutuhkan penduduk berdasarkan kriteria daerah dibedakan menjadi 5, yaitu (Kementrian PUPR, 1996) :

Tabel -2: Standar Kebutuhan Air Berdasarkan Kriteria Daerah

	Kebutuhan Air (l/org/hari)
Kota Metropolitan	> 150
Kota Besar	120 - 150
Kota Sedang	90 - 120
Kota Kecil	80 - 120
Desa	60 - 80

Pemodelan Sistem Dinamis

Sistem dinamis adalah metode yang dapat difungsikan sebagai pembentuk struktur dan perkiraan perilaku juga umpan balik sistem dalam bentuk terpadu. Metode ini sudah dipakai peneliti terdahulu dalam membentuk pemodelan sebuah pengelolaan air dari aspek kualitas maupun kuantitas.

Software Vensim

Vensim PLE (*Personal Learning Edition*) adalah sebuah konfigurasi yang dirancang untuk membuat model simulasi sistem dinamis dari diagram simpal kausal serta diagram stok dan flow.

METODE PENELITIAN

Deskripsi Wilayah Penelitian

Penelitian dilaksanakan di wilayah Desa Gedangkulut, Kecamatan Cerme, Kabupaten Gresik. Secara administratif lokasi ini terdiri dari 3 dusun, yaitu : Dusun Gedangkulut, Dusun Sawahan, dan Dusun Jenggolok.

Metode Pengumpulan Data

1. Data primer:
 - Observasi langsung di lapangan atas sarana dan prasarana air bersih perdesaan dengan diambil titik koordinat lokasi menggunakan GPS dan didokumentasikan
 - Wawancara dengan perangkat desa setempat dan warga pengguna air bersih
 - Sampling Sumber Air (mengacu pada SNI 06-2412-1991)
2. Data sekunder:
 - Peta lokasi penelitian
 - Letak geografis dan administratif
 - Data kependudukan
 - Curah hujan, suhu, & kelembaban

3. Data untuk *Running Software Vensim*:
 - Data jumlah penduduk
 - Standar kebutuhan air

Metode Pengolahan dan Analisis Data

1. Proyeksi Jumlah Penduduk

Metode ini sesuai digunakan untuk menghitung proyeksi penduduk pada daerah dengan perkembangan penduduk yang selalu bertambah secara konstan. Rumus matematis metode aritmatika yaitu:

$$P_n = P_o + r \cdot dn \quad (4)$$

$$r = (\Sigma r)/(d-1) \quad (5)$$

2. Prediksi Kebutuhan Air

Berikut ini persamaan yang digunakan dalam perhitungan proyeksi kebutuhan air bersih:

$$Q_y = d_y \times P_y \quad (6)$$

Keterangan :

Q_y : Air yang dibutuhkan (m³/detik)

d_y : Standar kebutuhan air

P_y : Jumlah penduduk

3. Formulasi Model

Berdasarkan data analisis kebutuhan air bersih akan terlihat kebutuhan-kebutuhan yang sejalan maupun yang tidak sehingga dapat menimbulkan terjadinya ketidaksesuaian pada tujuan yang dimaksud.

4. Identifikasi Sistem

Di langkah ini pendekatan yang dilakukan yaitu dengan membuat penyusunan *causal loop diagram* yang selanjutnya di interpretasikan dalam bentuk konsep diagram *input - output*.

5. Pemodelan Sistem

Pemodelan dilakukan setelah elemen model dimasukkan nilainya sehingga jika proses running berhasil dilakukan maka diperoleh elemen hasil yang diinginkan

6. Validasi Sistem

Validasi untuk pemodelan sistem dinamik dapat dilakukan dengan menggunakan uji validasi AME (*Absolute Means Error*) dan AVE (*Absolute Variance Error*) dengan menggunakan data jumlah penduduk. Berikut adalah persamaannya menurut Muhammadi, et al (2001) dalam Malaka (2015):

$$AME = \frac{\bar{S} - \bar{A}}{\bar{A}} \times 100\% ; \quad \bar{S} = \frac{\sum Si}{N} ; \quad \bar{A} = \frac{\sum Ai}{N}$$

$$AVE = \frac{Ss - Sa}{Sa} \times 100\% ; \quad Ss = \frac{\sum (Si - \bar{S})^2}{N} ; \quad Sa = \frac{\sum (Ai - \bar{A})^2}{N}$$

Keterangan :

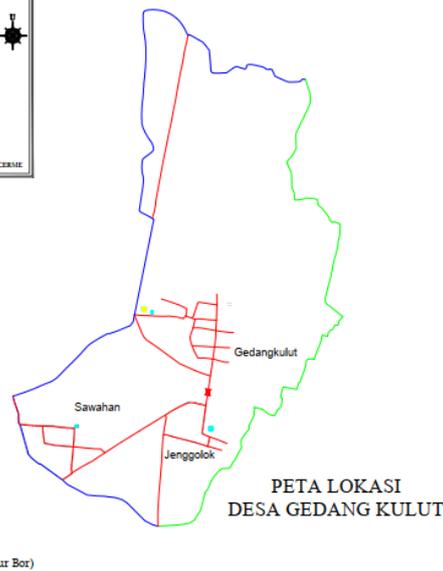
S : Nilai simulasi

A : nilai aktual

N : nilai interval waktu pengamatan

Ss : nilai standar deviasi simulasi

Sa : nilai standar deviasi actual



Gambar-1: Peta Lokasi Penelitian

Batas penyimpangan yang dapat di terima adalah maksimal 10 %.

HASIL DAN PEMBAHASAN
Kondisi Umum Wilayah Penelitian

Desa Gedangkulut adalah sebuah desa yang berada di kecamatan Cerme, Kabupaten Gresik. Desa Gedangkulut terletak pada 7,18° - 7,21° LS dan 112,52° - 112,54° BT yang secara geografis terletak disebelah selatan Kabupaten Gresik dengan luas wilayah sebesar 474 ha.

Tabel-3:Tata Guna Lahan

Wilayah	Luas (ha)
Pemukiman	115
Persawahan	240
Tambak	54
Fasilitas Umum	65
Total	474

Tabel-4:Data Jumlah Penduduk Desa Gedangkulut

No	Dusun	Jumlah Penduduk Tahun (jiwa)				
		2016	2017	2018	2019	2020
1	Gedan gkulut	3397	3429	3476	3484	3530
2	Sawah an	1150	1161	1177	1179	1195
3	Jenggo lok	680	686	695	697	706
Total		5227	5276	5348	5360	5431

Curah Hujan, Suhu, dan Kelembaban

Dari data 5 tahun terakhir didapatkan curah hujan rata-rata sebesar 60 mm/tahun. Suhu udara rata-rata di wilayah tersebut berkisar antara 28,2 °C – 28,5 °C dengan rata-rata suhu sebesar 28,4 °C serta kelembaban udara berkisar 79 – 83 % dengan rata-rata kelembaban 81 %.

Kependudukan

Laju pertumbuhan penduduk dipengaruhi oleh tingkat kelahiran, kematian, imigrasi dan emigrasi.

Pemodelan Sistem Dinamis

1. Formulasi model

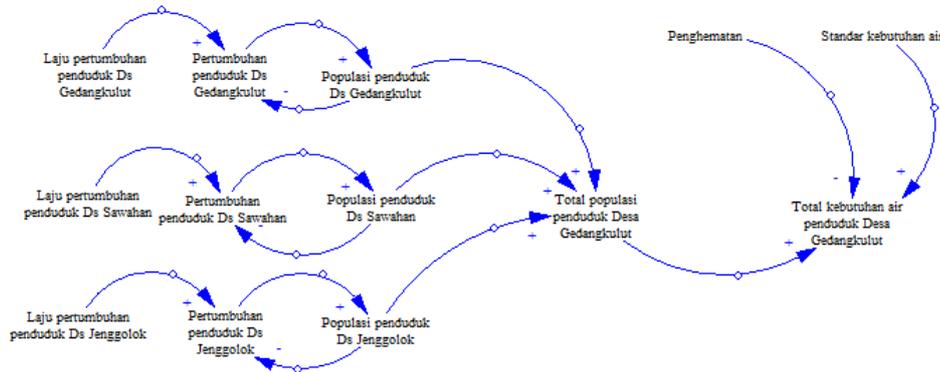
Berdasarkan analisis kebutuhan dan ketersediaan air bersih di Desa Gedangkulut saat ini maka permasalahannya dapat diformulasikan sebagai berikut:

- 1) Jumlah penduduk Desa Gedangkulut terus meningkat setiap tahun.

2) Sarana dan prasarana air bersih yang belum seimbang dengan pertumbuhan penduduk yang terus meningkat.

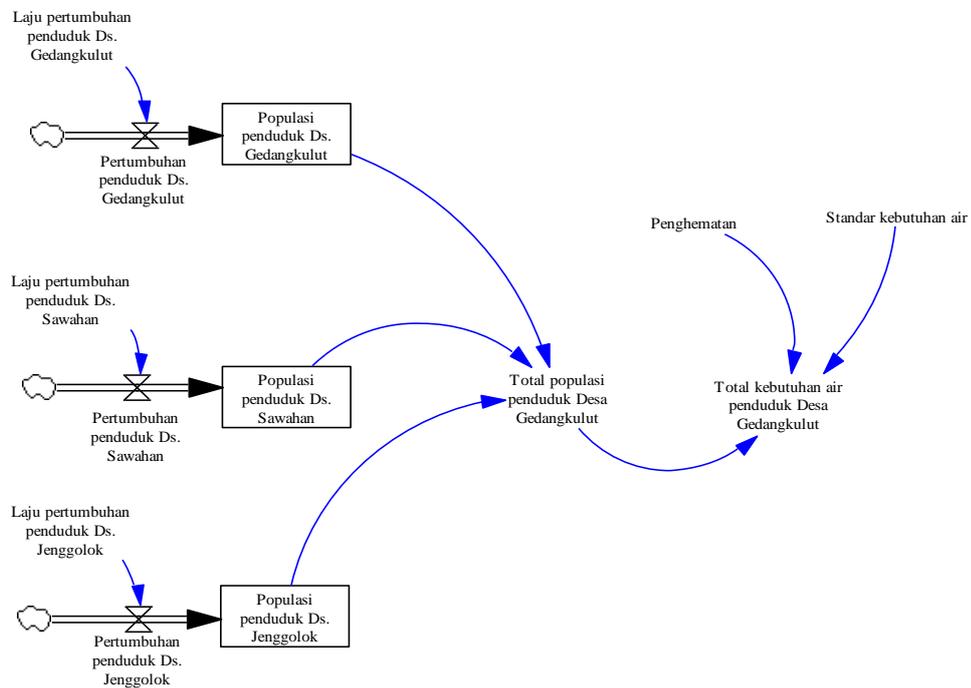
3) Desa Gedangkul belum mendapat pelayanan air bersih dari PDAM dan air bersih yang digunakan hanya bersumber dari embung serta air tanah.

2. Identifikasi sistem



Gambar-2: CLD Kebutuhan Air

3. Pemodelan Sistem Kebutuhan Air dan Ketersediaan Air di Desa Gedangkul



Gambar-3: SFD Kebutuhan Air

4. Validasi Model

1) Uji validasi struktural dimana suatu model dikatakan valid jika infrastruktur sistem yang direpresentasikan dalam bentuk diagram, unit pengukuran, dan persamaan yang mendasarinya secara akurat merepresentasikan hubungan

sebab-akibat yang ada di dalam model. Hasil simulasi model yang dibuat menunjukkan adanya kesamaan dengan keadaan nyatanya, laju pertumbuhan penduduk sangat berpengaruh terhadap peningkatan total kebutuhan air penduduk di Desa Gedangkul. Kesimpulannya, sistem

kebutuhan air tersebut dapat dikatakan valid secara struktur karena hasil *running* dapat menginterpretasikan keadaan nyata.

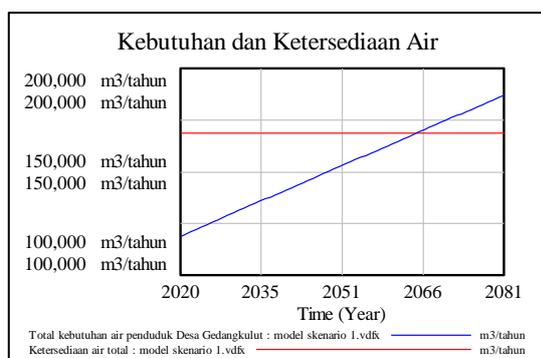
- Uji validasi nilai menggunakan pendekatan AME (*Absolute Means Error*) dan AVE (*Absolute Variance Error*) dengan batas penyimpangan maksimal dari uji validasi nilai ini adalah sebesar 10%.

Tabel-5:Tabel Uji Validasi Nilai

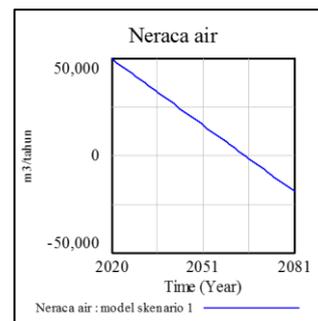
Penduduk Ds Gedangkulut	
AME	0,001
AVE	0,07
Penduduk Ds Sawahan	
AME	0
AVE	0,05
Penduduk Ds Jenggolok	
AME	0,0003
AVE	0,04

5. Hasil *running* model

Hasil simulasi model pada tahun 2021 jumlah kebutuhan air penduduk Desa Gedangkulut adalah sebesar 120.056 m³/tahun dan terus meningkat hingga 187.070 m³/tahun di tahun 2081. Hasil simulasi neraca air menunjukkan nilai surplus air sebesar 48.438 m³/tahun di tahun 2021 dan mulai terjadi defisit air sebesar -706 m³/tahun pada tahun 2065. Dibawah ini adalah grafik hasil *running* simulasi modelnya:



Gambar-4: Simulasi Model Jumlah Kebutuhan Air



Gambar-6: Simulasi Hasil Neraca Air

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis dan simulasi model maka dapat disimpulkan bahwa : Prediksi kebutuhan air penduduk Desa Gedangkulut berdasarkan standar kebutuhan air di wilayah pedesaan selalu meningkat seiring dengan bertambahnya jumlah penduduk. Berdasarkan hasil perhitungan, kebutuhan air penduduk Desa Gedangkulut di tahun 2021 adalah 120.056 m³ dan meningkat sebesar 187.070 m³ pada tahun 2081. Kebutuhan air tersebut meningkat hingga 1,6 kali dalam jangka waktu 60 tahun.

DAFTAR PUSTAKA

Agustiar, I. (2019). Perencanaan Jaringan Pipa Air Bersih Desa Gedang Kulut Kecamatan Cerme Kabupaten Gresik. *Unigres*, 08, 1–9.

Almamalik, L. (2004). *Tutorial Pengenalan Software Vensim PLE* (pp. 1–11). Docplayer. <https://docplayer.info/66678080-Tutorial-pengenalan-software-vensim-ple.html>

Arifani, D. (2008). *Dampak Perubahan Penggunaan Lahan Terhadap Keseimbangan Tata Air Di Kawasan Bandung Utara*. <https://digilib.itb.ac.id/index.php/gdl/download/58171>

Badan Pengembangan Sumber Daya Manusia Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. (2013). *Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Republik Indonesia Nomor 12/PRT/M/2013*.

Badan Pengembangan Sumber Daya Manusia Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. (2015a). *Modul 10: Prasarana Air Baku Air Minum Sumber Air Mata Air*. 16, 1–20. https://simantu.pu.go.id/epel/e dok/016e2_Modul_10_Perencanaan_Air_Baku_dari_Air_Hujan.pdf

- Badan Pengembangan Sumber Daya Manusia Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. (2015b). *Modul 7: Prasarana Air Baku Air Minum Sumber Air Mata Air*. 16, 1–20. https://simantu.pu.go.id/epel/edok/016e2_Modul_10_Perencanaan_Air_Baku_dari_Air_Hujan.pdf
- Badan Standarisasi Nasional. (1991). *SNI 06-2412-1991 “Metode Pengambilan Contoh Kualitas Air.”* 48.
- Berhanu, B. M., Blackhurst, M., Kirisits, M. J., Jamarillo, P., & Carlson, D. (2017). Feasibility of Water Efficiency and Reuse Technologies as Demand-Side Strategies for Urban Water Management. *Journal of Industrial Ecology*, 21(2), 320–331.
- Bonita, R. (2015). *Studi Water Balance Air Tanah di Kecamatan*. 4(1).
- Fortunella, A. et al. (2015). Model Simulasi Sistem Produksi Dengan Sistem Dinamik Guna Simulation Model Of Production System With System Dynamic To. *Jurnal Universitas Brawijaya*, 3(2), 256–267. <http://jrmsi.studentjournal.ub.ac.id/index.php/jrmsi/article/view/197>
- Ghafiqie, A. (2012). Universitas Indonesia Pengembangan Model Sistem Dinamis Untuk Menganalisa Kontribusi Mrt Jakarta Terhadap Pad Dki Jakarta. *Universitas Indonesia Library*, 1–82. <http://lib.ui.ac.id/file?file=digital/20309768-T31003 - Pengembangan model.pdf>
- Kementerian PUPR. (2000). *Tata cara perencanaan teknik sumur resapan air hujan untuk lahan pekarangan*. Jakarta : Indonesia
- Kementrian Lingkungan Hidup. (2007). *Cara Pembuatan Sumur Resapan*. Jakarta : Indonesia
- Kementrian PUPR. (1996). Modul Proyeksi Kebutuhan Air Dan Identifikasi Pola Fluktuasi Pemakaian Air. *Perencanaan Jaringan Pipa Transmisi Dan Distribusi Air Minum*, 1–16. https://bpsdm.pu.go.id/center/pelatihan/upload/s/edok/2018/11/920dd_2._Proyeksi_Kebutuhan_Air_dan_Identifikasi_Pola_Fluktuasi_Pemakaian_Air.docx.pdf
- Kementrian PUPR. (2017). *Modul Pengantar Konservasi Sumber Daya Air*. 3, 1–21. <http://repository.warmadewa.ac.id/20/1/161-311-1-SM.pdf>
- Lantara, D., Malik, R., & Nur, T. (2016). Pengembangan Model Sistem Dinamik Terhadap Ketersedi An Air Bersih Di Kabupaten Kutai Timur. *Journal of Industrial Engineering Management UMI*, 1(2), 16–20. <https://jurnal.teknologiindustriumi.ac.id/index.php/JIEM/article/view/79>
- Lesmana Rian Andhika. (2019). Model Sistem Dinamis: Simulasi Formulasi Kebijakan Publik (Dynamic System Model: Simulation Method in Formulation Public Policy). *Simulation Method in Formulation Public Policy, Vol. 10*(25), 1–14.
- Malaka, H. (2015). Pemodelan Kebutuhan Air dan Ketersediaan Air Tanah di Pulau Tidore. *Repository IPB*, 1–121. <http://repository.ipb.ac.id/handle/123456789/77254>
- Pemerintah Kabupaten Gresik. (2021). *HSPK Kabupaten Gresik Tahun 2021*. Gresik : Indonesia
- Peraturan Menteri Kesehatan No 17 Tahun 2017 tentang Persyaratan Kesehatan Lingkungan Kerja Perkantoran dan Industri
- SMI. (2017). *SMI Insight 2017 - kuartal 2*. 1–12. https://www.ptsmi.co.id/wp-content/uploads/2017/07/SMI_Insight_Q2_2017_IND.pdf
- Steel, E. W., & Mcghee, T. J. (1960). *Water Supply and Sewerage* (pp. 1–685). <https://id.scribd.com/document/356364552/Water-Supply-and-Sewerage-by-E-W-Steel-and-Terence-J-McGhee-Civil-Engg-For-All-pdf>
- Suheri, A., Kusmana, C., Purwanto, M. Y. J., & Setiawan, Y. (2019). Model Prediksi Kebutuhan Air Bersih Berdasarkan Jumlah Penduduk di Kawasan Perkotaan Sentul City. *Jurnal Teknik Sipil Dan Lingkungan*, 4(3), 207–218. <https://doi.org/10.29244/jsil.4.3.207-218>
- 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.
- Undang-Undang RI No. 7 tahun 2004 Tentang Sumber Daya Air. 1–110. Jakarta : Indonesia