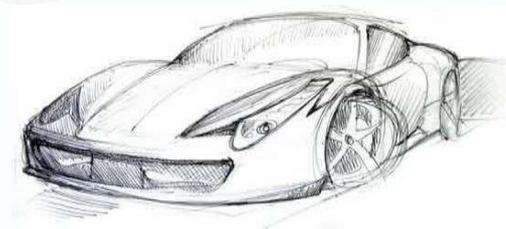
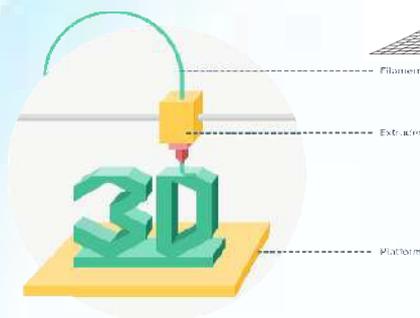
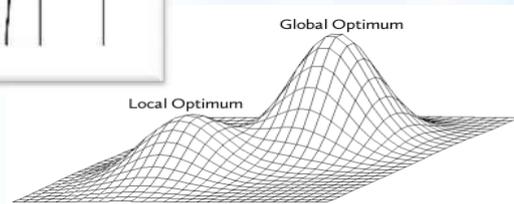
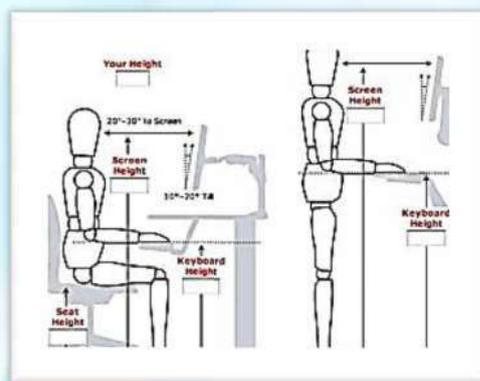


JURNAL REKAVASI

Jurnal Rekayasa & Inovasi Teknik Industri



Institut Sains & Teknologi AKPRIND Yogyakarta					
Jurnal REKAVASI	Vol. 6	No. 2	Hlm. 60-123	Yogyakarta Desember 2018	ISSN: 2338-7750

DAFTAR ISI

THE ANALYSIS OF PHYSICAL AND MENTAL WORK LOAD USING NIOSH EQUATION AND NASA-TASK LOAD INDEX (TLX) METHOD <i>Daya Sektiawan, Risma Adelina Simanjuntak, Winarni</i>	60-68
ANALISIS PENGARUH SIKAP, POLA PIKIR DAN MENTALITAS TERHADAP KINERJA KARYAWAN (STUDI KASUS DI PT.ADI SATRIA ABADI) <i>Lucelia Maria Da Costa Amaral, Muhammad Yusuf, Winarni</i>	69-74
ANALISIS ERGONOMI FISIK DENGAN METODE JOB STRAIN INDEX DAN ERGONOMI KOGNITIF GUNA MENGURANGI RISIKO KECELAKAAN KERJA <i>Ardian Muhjid Permana, Risma Adelina Simanjuntak, Muhammad Yusuf</i>	75-81
IDENTIFIKASI BAHAYA KERJA MENGGUNAKAN HAZARD IDENTIFICATION AND RISK ASSESMENT (HIRA) DAN POSTUR KERJA UNTUKMENGURANGI KECELAKAAN KERJA PADA DEPARTEMEN PRODUKSI DENGAN RAPID UPPER LIMB ASSESMENT (RULA) Studi Kasus Pada: PT. Medari Karya Mulia <i>Akhyar Efendi, Muhammad Yusuf, Titin Isna Oesman</i>	82-90
ANALISIS PERSEDIAAN BIAYA BAHAN BAKU DENGANMENGGUNAKANMETODE FIFO, LIFO, DAN AVERAGE COST PADA PRODUKSI MAJALAH DJAKA LODANG PADA PT MURIA BARU <i>Pungky Susanti, Petrus Wisnubroto, Cyrilla Indri Parwati</i>	91-99
PENGENDALIAN KUALITAS PRODUK KAYU LAPIS MENGGUNAKAN METODE SIX SIGMA & KAIZEN SERTA STATISTICAL QUALITY CONTROL SEBAGAI USAHA MENGURANGI PRODUK CACAT <i>Roby Rio Andiwibowo, Joko Susetyo, Petrus Wisnu Broto</i>	100-110
RISIKO PRODUKSI PADA INDUSTRI PETERNAKAN AYAM BROILER DI KABUPATEN ACEH BESAR <i>Heri Tri Irawan, Hasan Yudie Sastra, Muhammad Dirhamsyah</i>	111-116
MODEL SUMBER DAYA AIR UNTUK KAWASAN INDUSTRI DAN PERUMAHAN DENGAN PENDEKATAN SISTEM DINAMIS <i>Mohamad Jihan Shofa, Wahyu Oktri Widyarto</i>	117-123

MODEL SUMBER DAYA AIR UNTUK KAWASAN INDUSTRI DAN PERUMAHAN DENGAN PENDEKATAN SISTEM DINAMIS

Mohamad Jihan Shofa, Wahyu Oktri Widyarto
Program Studi Teknik Industri, Universitas Serang Raya
Jl. Raya Serang- Cilegon Km. 5 (Taman Drangong), Kota Serang, Provinsi Banten
Email : m.j.shofa@gmail.com

ABSTRACT

This research aims to determine the model of water resources at PT. X with a system dynamics approach. This research method used Casual Loop Diagram (CLD) and Stock and Flow Diagrams (SFD) tools to describe the model. The software that used is Powersim Studio 2005. The results of model validation with two averages with t-test testing were obtained fail to reject H0. That implies that we failed to observe a difference in the number of result simulation clean and raw water between real system. Both number of clean and raw water is in increasing trend, but still need to capacity improve. The proposal idea for the availability of clean water is to add plant capacity by mean of building a new WTP plant to increase the water treatment process, add pump houses to maintain consumer water supply, and add clean water reservoirs. Meanwhile, the availability of raw water is to construct a new raw water plant, make a reserve reservoir or expand the reservoir to increase capacity, and develop the potential of sea water so that it can be used as clean water.

Kata kunci : causal loop diagram, model, stock and flow diagram, system dynamics, water resource.

INTISARI

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui model sumber daya air pada PT. X dengan pendekatan sistem dinamis. Metode penelitian ini adalah dengan menggunakan dengan alat bantu Casual Loop Diagram (CLD), dan Stock and Flow Diagram (SFD). Adapun software yang digunakan adalah Powersim Studio 2005. Hasil validasi model dengan dua rata-rata dengan pengujian t-test didapatkan untuk rata-rata ketersediaan air bersih dan air baku dari simulasi sama dengan sistem nyata. Ketersediaan air bersih dan air baku mengalami trend kenaikan tapi masih perlu ditingkatkan kapasitasnya. Usulan perbaikan yang perlu dilakukan untuk ketersediaan air bersih adalah dengan merencanakan penambahan kapasitas plant dengan membangun plant WTP agar menambah proses pengolahan air, menambah rumah pompa untuk menjaga supply air konsumen, dan menambah tempat penampungan air bersih. Adapun Ketersediaan air baku yaitu merencanakan pembangunan plant air baku baru, membuat waduk cadangan ataupun memperluas waduk untuk menambah kapasitas, dan mengembangkan potensi air laut agar bisa digunakan sebagai air bersih.

Kata kunci : causal loop diagram, model, sistem dinamis, stock and flow diagram, sumber daya air.

PENDAHULUAN (INTRODUCTION)

Air merupakan salah satu kebutuhan pokok bagi makhluk hidup, tanpa adanya air maka tidak akan ada kehidupan di bumi. Kebutuhan akan air bersih mengalami peningkatan signifikan seiring dengan pertumbuhan jumlah penduduk, peningkatan sektor industri dan taraf hidup masyarakat. Pengelolaan yang tidak tepat akan menyebabkan terjadinya krisis air bersih.

Dalam mengelola air yang tepat diperlukan suatu sistem manajemen sumber daya air berkelanjutan, dengan melibatkan beberapa sub sistem dan pendekatan yang tepat. Penelitian sebelumnya sudah dilakukan pada pembuatan model sumber daya air berkelanjutan dengan pendekatan sistem dinamis (Gastelum et al, 2010; Dan & Wei-Shuai, 2012; Yang, et al., 2014). Pendekatan sistem dinamis menggunakan teknik *participatory* (Tidwell, et al, 2004) sehingga memberikan pemahaman interaktif kepada stakeholder baik secara kualitatif maupun kuantitatif (Chung, et al, 2008).

PT. X merupakan sebagai salah satu perusahaan yang bergerak di bidang Industri penyedia air bersih di Kawasan Industri Cilegon. Air tersebut didistribusikan dalam rangka memenuhi kebutuhan air untuk industri dan sebagian konsumsi penduduk Kota Cilegon. Diperlukan suatu sistem manajemen air yang dapat mendistribusikan air bersih kepada pelanggan untuk menunjang kehidupan dan aktivitas masyarakat.

Sistem penyediaan air bersih dirancang untuk memenuhi kebutuhan air masyarakat dimulai dari pengolahan air baku agar memenuhi standar air bersih kemudian pendistribusian air bersih tersebut kepada penduduk di suatu wilayah. Penyediaan air bersih ini harus memperhatikan faktor kuantitas, kualitas maupun kontinuitas air bersih.

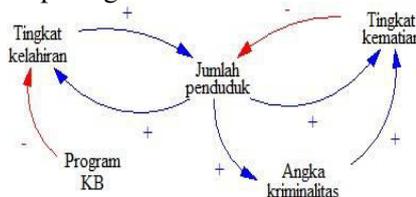
Kondisi saat ini adalah belum adanya pengelolaan sumber daya air berkelanjutan (*sustainability*). Arti berkelanjutan dipopulerkan oleh Brundtland report of the World Commission on Environment and Development dimana pengembangan yang berkelanjutan berarti memenuhi kebutuhan sekarang dengan tanpa mengabaikan kebutuhan generasi mendatang untuk memenuhi kebutuhan mereka (WCED, 1987). penelitian ini akan fokus pada pengembangan model sumber daya air berkelanjutan perusahaan penyedia air minum dalam rangka mendukung manajemen ketahanan air. Pendekatan yang dilakukan adalah dengan sistem dinamis. Dari sistem tersebut akan dilakukan analisis perilaku model dan kemudian diusulkan rencana perbaikan.

Secara definitif pemodelan sistem dinamis adalah pemodelan struktur independensi dengan fokus aspek endogen dari sebuah sistem untuk mendapatkan perilaku dinamis dalam rangka pemahaman yang lebih baik dari permasalahan yang dihadapi kemudian memperbaiki perilaku sistem tersebut berdasarkan pada sistem yang dianalisis (Hidayatno, 2013). Oleh karena itu sistem dinamis fokus pada berbagai perilaku sistem yang dinamis khususnya sistem sosial dan ekonomi (Taylor, 1976).

Metodologi yang dipakai dalam analisis sistem dinamis adalah identifikasi masalah, *hipotesis* dinamis, pembentukan *Causal Loop Diagram* (CLD), pembentukan *Stock and Flow Diagram* (SFD), estimasi parameter (*parameter estimation*), validasi model (*model validation*), analisis sensitivitas (*sensitivity analysis*), dan analisis kebijakan (*policy analysis*) (Bala, et al., 2017). Metodologi sistem dinamis tersebut digunakan untuk memberikan gambaran dan pemahaman yang utuh terhadap sebuah sistem kompleks yang dianalisis dan akhirnya mendapatkan kebijakan yang sesuai untuk memperbaiki sistem tersebut.

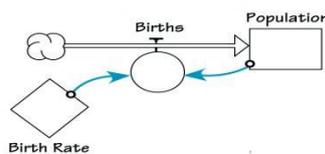
Dalam melakukan pemodelan sistem, sistem dinamis memerlukan alat antarmuka yang digunakan dalam menggambarkan interdependensi sistem yaitu berupa *Causal Loop Diagram* (CLD) dan *Stock and Flow Diagram* (SFD). Namun demikian, dalam melakukan pemodelan sering kali CLD dan SFD digunakan secara bersamaan, dimana CLD diperlukan untuk membantu dalam menyusun SFD.

Causal Loop Diagram (CLD) atau yang diterjemahkan sebagai Diagram Putaran Lingkaran merupakan alat bantu visual dalam sistem dinamis yang digunakan untuk memvisualisasikan interdependensi dari berbagai variabel penting dalam pengambilan keputusan (Hidayatno, 2013). CLD menggambarkan variabel yang dilambangkan dengan kata dan hubungan timbal balik (*feedback loops*) antar variabel dilambangkan dengan anak panah dengan simbol positif (*positive feedback*) dan negatif (*negative feedback*) sebagaimana pada gambar 1.



Gambar 1. *Causal Loop Diagram* (CLD)

Stock and Flow Diagram (SFD) diterjemahkan sebagai Diagram Stok dan Aliran, yang merepresentasikan sebuah sistem dengan menggunakan dua komponen utama yaitu stok dan aliran yang mempengaruhi stok tersebut (Hidayatno, 2013). Tampilan SFD sebagaimana pada gambar 2.



Gambar 2. *Stock and Flow Diagram* (SFD)

BAHAN DAN METODE (MATERIAL AND METHODS)

Studi pendahuluan merupakan langkah awal yang dilakukan oleh penulis dalam mendapatkan informasi mengenai kondisi pengelolaan sumber daya air di X. Hasil studi pendahuluan ini memberikan informasi bagaimana model konseptual sumber daya air sehingga penulis dapat menentukan langkah-langkah yang akan diambil dan dibuat dalam penelitian ini. Kemudian dilanjutkan dengan studi pustaka dengan mencari teori-teori pendukung yang berhubungan dengan model konseptual, pengelolaan air serta sistem dinamis untuk mengetahui secara teoritis metode-metode yang digunakan dalam upaya menyelesaikan masalah. Teori-teori ini diperoleh penulis dari buku-buku referensi, jurnal-jurnal teknologi yang berhubungan dengan pengelolaan sumber daya air.

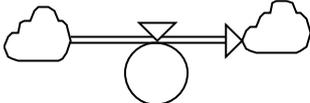
Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data primer dan data sekunder. Data Primer dalam penelitian ini adalah data yang dikumpulkan melalui observasi langsung serta wawancara dengan pihak terkait. Model konseptual terdiri dari beberapa tahapan yaitu :

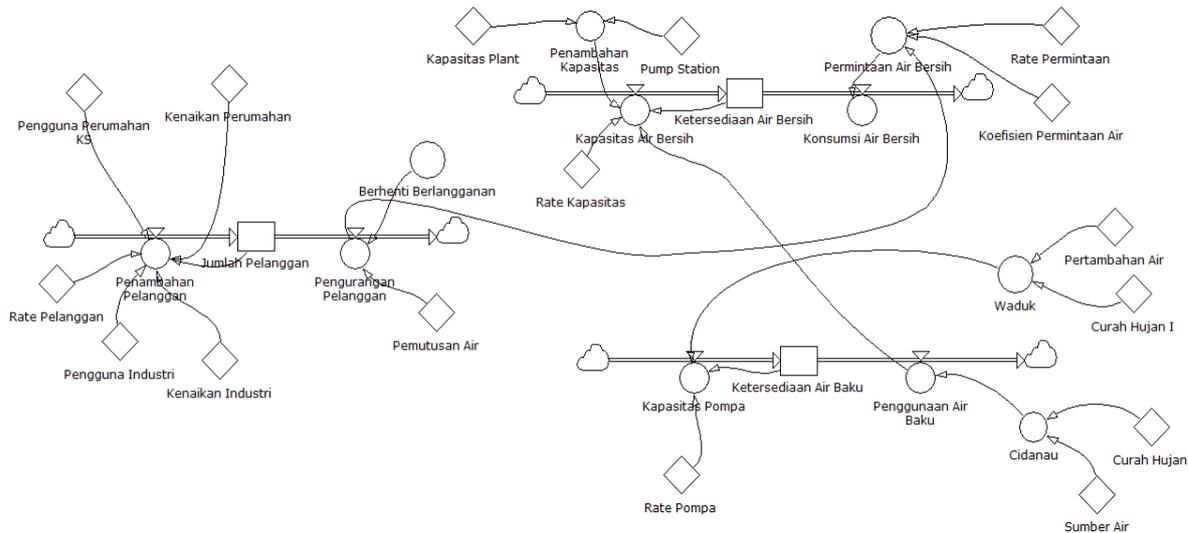
- a) Identifikasi masalah
Dilakukan untuk mengetahui secara detail dari problem yang terjadi dalam rangka pembuatan perumusan masalah dan tujuan penelitian.
- b) Hipotesis dinamis
Hipotesis ini memberi penjelasan karakter masalah melalui struktur umpan balik dan diagram alir dan menggambarkan bagaimana masalah dapat terjadi dan menuntun untuk lebih fokus pada struktur yang pasti, alat yang digunakan adalah *Causal Loop Diagram (CLD)* dan *Stock and Flow Diagram (SFD)*
- c) Validasi model (*Model Validation*)

Uji validasi model yang digunakan dalam penelitian ini adalah uji struktur model dan perilaku model.

Untuk melakukan simulasi dari sebuah model, diperlukan perangkat lunak (*software*) yang secara cepat dapat melihat perilaku dari model yang telah dibuat. Ada berbagai macam perangkat lunak yang dapat digunakan untuk keperluan ini, seperti *Vensim*, *Dynamo*, *Ithink*, *Stella* dan *Power Simulation*. Tetapi dalam penelitian ini, *software* yang digunakan adalah *Power Simulation*. Pendekatan simulasi menggunakan *software powersim* membantu dalam mengevaluasi keputusan yang lebih efektif dan efisien dibandingkan dengan metode tradisional (Taylor, 1976). Beberapa variabel yang digunakan dalam simulasi sebagaimana pada table 1.

Tabel 1. Variabel Simulasi (Pruyt, 2013)

No	Simbol	Keterangan
1	 level	Variabel <i>level</i> atau stok. Variabel ini merupakan akumulasi dari aliran
2	 Rate	Variabel <i>rate</i> merupakan aliran masuk dan keluar dari <i>level</i> yang akan merubah kondisi <i>level</i>
3	 Auxiliary	Variabel <i>Auxiliary</i> adalah variabel membantu menyederhanakan hubungan sesuai dengan kondisi nyata atau konsep
4	 Constant	Variabel <i>Constant</i> digunakan untuk membantu <i>auxiliary</i> menjadi lebih jelas
5		<i>Causal link</i> digunakan untuk menghubungkan antar variabel



Gambar 4. Stock and Flow Diagram (SFD)

c. Validasi Model

Hasil yang didapat dari simulasi, kemudian dilakukan pengujian validasi. Pengujian validasi dilakukan untuk mengetahui apakah model, sebagai konseptualisasi, merupakan representasi yang akurat dan sesuai dengan sistem eksisting.

Berdasarkan tabel 2, dapat diketahui bahwa total ketersediaan air bersih pada sistem nyata (eksisting) dengan rata-rata per bulannya adalah 122.577,958m³ dan ketersediaan air bersih pada simulasi rata-rata per bulannya adalah 125.529,291m³. Sedangkan tabel 3, dapat diketahui bahwa ketersediaan air baku pada sistem nyata rata-rata per bulannya adalah 126.946,958 m³ dan ketersediaan air baku pada simulasi rata-rata per bulannya adalah 124.696,375m³.

Pengujian dilakukan dengan menggunakan uji-t, dengan menguji kesamaan dua rata-rata output sistem simulasi dengan sistem eksisting dari ketersediaan air bersih dan air baku. Formulasi hipotesisnya adalah :

$$H_0 : \mu_{\text{simulasi}} = \mu_{\text{eksisting}}$$

$$H_1 : \mu_{\text{simulasi}} \neq \mu_{\text{eksisting}}$$

Nilai t hitung didapatkan sebagaimana pada tabel 4 dan 5.

Tabel 4. Validasi Ketersediaan Air Bersih

	Variable 1	Variable 2
Mean	125529,2917	122577,9583
Variance	841792,998	42831855,78
Observations	24	24
Hypothesized Mean Difference	0	
Df	32	
t Stat	2,019658124	
P(T<=t) one-tail	0,02592958	
t Critical one-tail	1,693888748	
P(T<=t) two-tail	0,051859159	
t Critical two-tail	2,036933343	

Tabel 5. Validasi Ketersediaan Air Baku

	Variable 1	Variable 2
Mean	126946,9583	124696,375
Variance	11124326,82	42182516,94
Observations	24	24
Hypothesized Mean Difference	0	
df	34	
t Stat	1,510112264	
P(T<=t) one-tail	0,070126672	
t Critical one-tail	1,690924255	
P(T<=t) two-tail	0,140253343	
t Critical two-tail	2,032244509	

Berdasarkan tabel 4 dapat diketahui bahwa nilai t hitung adalah 2,019. Diketahui tingkat keyakinan yang digunakan adalah 95%, nilai alfa adalah 0,05 dengan v atau df sebesar 32, maka nilai t tabel sebesar 2,037 yang didapatkan dari t (α/2 ; v). Dengan ini dapat diketahui bahwa nilai -t (α/2 ; v) ≤ t hitung ≤ t (α/2 ; v) yaitu (-2,037 ≤ 2,019 ≤ 2,037) untuk daerah penerimaan. Kesimpulan yang diambil adalah tidak ada alasan untuk menolak H₀ yang berarti rata-rata output dari sistem simulasi sama dengan sistem eksisting.

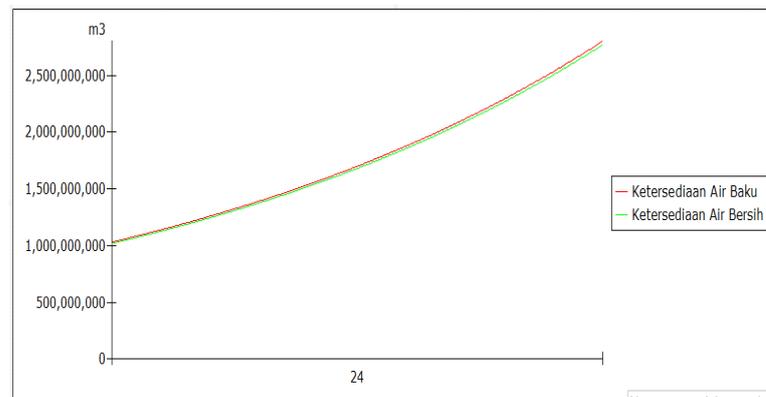
Berdasarkan tabel 5 dapat diketahui bahwa nilai t hitung adalah 1,510. Diketahui tingkat keyakinan yang digunakan adalah 95%, nilai alfa adalah 0,05 dengan v atau df sebesar 23, maka nilai t tabel sebesar 2,032 yang didapatkan dari t (α/2 ; v). Dengan demikian, dapat diketahui bahwa nilai -t (α/2 ; v) ≤ t hitung ≤ t (α/2 ; v) yaitu (-2,032 ≤ 1,510 ≤ 2,032) untuk daerah penerimaan. Kesimpulan

yang diambil adalah tidak ada alasan untuk menolak H_0 yang berarti rata-rata output dari sistem simulasi sama dengan rata-rata output dari sistem eksisting.

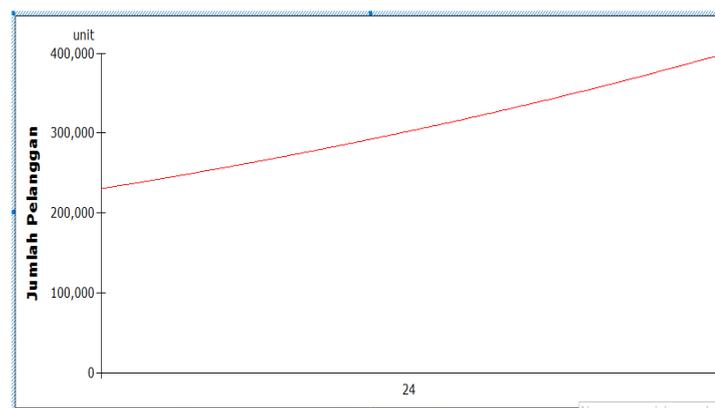
d. Hasil Simulasi

Berdasarkan hasil simulasi yang dilakukan selama 2 tahun (gambar 5), ketersediaan air baku dan air bersih mengalami peningkatan setiap tahunnya. Sebagian besar air baku yang tersedia di perusahaan sudah diolah menjadi air bersih. Jumlah air baku tersebut masih dapat dinaikkan karena potensi dari sumber air di alam masih besar. Air baku tersebut dapat berasal dari waduk dan sungai. Begitu juga dengan jumlah air bersih, perlu dinaikkan kapasitasnya dikarenakan peningkatan jumlah pelanggan (gambar 6) mencapai 380.000 dengan cakupan pelayanan yang masih rendah. Hal tersebut sesuai dengan penelitian Sugiarto (2006), bahwa cakupan pelayanan air bersih Kota Cilegon ada di angka 1-13%.

Untuk meningkatkan ketersediaan air baku dan air bersih dilakukan *brainstorming* dengan pemangku kebijakan dari pihak perusahaan, dilakukan usulan: 1) Ketersediaan air baku : merencanakan pembangunan plant air baku baru, membuat waduk cadangan ataupun memperluas waduk untuk menambah kapasitas, dan mengembangkan potensi air laut agar bisa digunakan sebagai air bersih. 2) ketersediaan air bersih : merencanakan penambahan kapasitas plant, membangun plant WTP baru untuk menambah proses pengolahan air, menambah rumah pompa untuk menjaga *supply* air konsumen, dan menambah tempat penampungan air bersih.



Gambar 5. Kersediaan air baku dan air bersih



Gambar 6. Jumlah pelanggan

KESIMPULAN (CONCLUSION)

Berdasarkan hasil penelitian, maka didapatkan hasil sebagai berikut :

- a. Berdasarkan hasil penelitian, didapatkan bahwa model konseptual sumber daya air pada penelitian ini terdiri dari *Causal Loop Diagram* (CLD) dan *Stock and Flow Diagram* (SFD). Model tersebut digunakan untuk gambaran dalam pembuat model simulasi.

- b. Hasil validasi model dengan dua rata-rata dengan pengujian t-test diperoleh bahwa gagal untuk menolak H_0 . Itu berarti bahwa gagal untuk mengamati perbedaan antara jumlah ketersediaan air bersih dan bahan baku antara simulasi dan sistem nyata (eksisting).
- c. Berdasarkan hasil penelitian, didapatkan bahwa usulan perbaikan pada penelitian ini adalah dengan melihat trend simulasi yang telah dibuat selama 10 tahun mulai tahun 2015-2025 mengalami peningkatan di tiap tahunnya oleh sebab itu peneliti memberikan usulan untuk pihak perusahaan, yaitu untuk ketersediaan air bersih merencanakan penambahan kapasitas plant, membangun plant WTP baru untuk menambah proses pengolahan air, menambah rumah pompa untuk menjaga supply air konsumen, dan menambah tempat penampungan air bersih. Ketersediaan air baku yaitu merencanakan pembangunan plant air baku baru, membuat waduk cadangan ataupun memperluas waduk untuk menambah kapasitas, dan mengembangkan potensi air laut agar bisa digunakan sebagai air bersih.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih kepada Kementerian Riset dan Teknologi DIKTI atas dukungan penuh dalam pendanaan penelitian ini melalui skema hibah penelitian dosen pemula (PDP) tahun pelaksanaan 2018. Selain itu, penulis menyampaikan terimakasih kepada perusahaan penyedia air minum di Cilegon yang sudah membantu dalam pelaksanaan penelitian ini. Apresiasi yang tinggi juga penulis sampaikan kepada pengelola dan *reviewer* jurnal REKAVASI Jurusan Teknik Industri Institut Sains & Teknologi Akprind atas kesediaan dalam publikasi artikel ini sebagai sarana diseminasi hasil penelitian yang telah dilakukan.

DAFTAR PUSTAKA

- Bala, BK., Arshad, FM & Noh, KM 2017, *System Dynamics: Modelling and Simulation*, Springer, Singapura.
- Chung, G, Kim, JH & Kim, TW 2008, 'System Dynamics Modeling Approach to Water Supply System', *KSCE Journal of Civil Engineering* 12, halm. 275-280.
- Dan, L & Whei-Shuai, C 2012, 'System Dynamics Simulation of Regional Water Resources Sustainable Utilization: A Case of Hubei Province, China'. *Y. Zhang (Ed.): Future Communication, Computing, Control and Management*, LNEE 142: 311–319.
- Gastelum, JR, Valdes, JB & Stewart, S 2010, 'A System Dynamics Model to Evaluate Temporary Water Transfers in the Mexican Conchos Basin', *Water Resour Manage*, volume 24, halm. 1285-1311.
- Hidayatno, A 2013, *Berpikir Sistem: Pola Berpikir untuk Pemahaman Masalah yang Lebih Baik*. 1 ed, LeutikaPrio, Yogyakarta.
- Priyut, E 2013, *Small System Dynamics Models for Big Issues: Triple Jump towards Real-World Complexity*, TU Delft Library, Netherlands.
- Sugiarto 2006, 'Kinerja Pelayanan Air Bersih Kota Cilegon', Master Thesis, Universitas Diponegoro, Semarang.
- Taylor, A 1976, 'System Dynamics in Shipping', *Operational Research Quarterly*, volume 27, halm. 41-56.
- Tidwell, VC, Passel, HD, Conrad, SH & Thomas, RP 2004, System Dynamics Modeling for Community-Based Water Planning: Application to the Middle Rio Grand, *Aquatic Science*, halm. 357-372.
- WCED 1987, *Our common future (the Brundtland Report)*, Section 2: Towards sustainable development, New York.
- Yang, J, Lei, K., Khu, S & Meng, W 2014, 'Assessment of Water Resources Carrying Capacity for Sustainable Development Based on a System Dynamics Model: A Case Study of Tieling City, China', *Water Resour Manage*, volume 29, halm. 885-899.