

**PENERAPAN MODEL SISTEM DINAMIK
UNTUK MENGANALISIS PERMINTAAN DAN
KETERSEDIAAN LISTRIK SEKTOR RUMAH TANGGA**

(Studi Kasus : Daerah Istimewa Yogyakarta)

NASKAH PUBLIKASI TUGAS AKHIR



Disusun oleh :

**WULAN ANGGRAINI
5150711018**

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNOLOGI INFORMASI DAN ELEKTRO
UNIVERSITAS TEKNOLOGI YOGYAKARTA**

**YOGYAKARTA
2019**

**HALAMAN PENGESAHAN
NASKAH PUBLIKASI TUGAS AKHIR MAHASISWA**

Judul Tugas Akhir:

**PENERAPAN MODEL SISTEM DINAMIK UNTUK MENGANALISIS PERMINTAAN DAN
KETERSEDIAAN LISTRIK SEKTOR RUMAH TANGGA**

(Studi Kasus : Daerah Istimewa Yogyakarta)

Judul Naskah Publikasi:

**PENERAPAN MODEL SISTEM DINAMIK UNTUK MENGANALISIS PERMINTAAN DAN
KETERSEDIAAN LISTRIK SEKTOR RUMAH TANGGA**

(Studi Kasus : Daerah Istimewa Yogyakarta)

Disusun oleh:

WULAN ANGGRAINI

5150711018

Mengetahui

Nama	Jabatan	Tanda Tangan	Tanggal
Ikrima Alfi, S.T., M.Eng	Pembimbing

Naskah Publikasi Tugas Akhir ini telah diterima sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana pada Program Studi Teknik Elektro

Yogyakarta,2019

Ketua Program Studi Teknik Elektro

M.S Hendriyawan Achmad, S.T., M.Eng
NIK. 110810056

PERNYATAAN PUBLIKASI

Yang bertanda tangan di bawah ini, Saya:

Nama : Wulan Anggraini
NIM : 5150711018
Program Studi : Teknik Elektro
Fakultas : Teknologi Informasi dan Elektro

“PENERAPAN MODEL SISTEM DINAMIK UNTUK MENGANALISIS PERMINTAAN DAN KETERSEDIAAN LISTRIK SEKTOR RUMAH TANGGA (STUDI KASUS : DAERAH ISTIMEWA YOGYAKARTA)”

Menyatakan bahwa Naskah Publikasi ini hanya akan dipublikasikan di JURNAL TeknoSAINS FTIE UTY dan tidak akan dipublikasikan di jurnal orang lain.

Demikian surat pernyataan ini dibuat dengan sebenar-benarnya

Yogyakarta, 21 Juni 2019
Penulis,

Wulan Anggraini
5150711018

Penerapan Model Sistem Dinamik Untuk Menganalisis Permintaan dan Ketersediaan Listrik Sektor Rumah Tangga (Studi Kasus : Daerah Istimewa Yogyakarta)

Wulan Anggraini, Ikrima Alfi

*Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Bisnis dan Teknologi Informasi
Universitas Teknologi Yogyakarta*

Jl. Ringroad Utara Jombor Sleman Yogyakarta

E-mail : culanipeh23@gmail.com, ikrima.alfi@uty.ac.id

ABSTRAK

Seiring pesatnya pertumbuhan dibidang perekonomian, industri dan teknologi informasi, maka kebutuhan energi listrik juga semakin meningkat. Menurut Indonesia energy outlook (2016) total produksi energi primer berupa batubara, gas bumi, minyak bumi, dan EBT) Indonesia tahun 2015 adalah 2.848.025 ribu SBM dimana sekitar 1.887.366 ribu SBM diekspor ke luar negeri. Pada tahun yang sama Indonesia harus mengimpor energi sebesar 348.267 ribu SBM. Sebagian besar ekspor adalah batubara dan sebagian besar impor adalah minyak bumi, BBM dan LPG. Kebutuhan manusia akan energi yang tidak terbatas dan berkepanjangan tidak sebanding dengan ketersediaan energi yang ada di alam. Apabila dilihat dari jumlah penduduk yang semakin meningkat setiap tahunnya, tidak akan dapat memenuhi kebutuhan energi yang tidak terbatas, apabila energi tidak diatur dengan efisien, terutama untuk energi tak terbarukan. Penelitian ini berfokus pada kemampuan kapasitas pembangkit listrik dalam memenuhi kebutuhan energi listrik dengan cara menerapkan model sistem dinamik untuk menganalisis permintaan dan ketersediaan listrik sektor rumah tangga di DIY. Setelah pemodelan sistem dinamik terverifikasi dan tervalidasi, kemudian akan dilakukan pengembangan model sistem dinamik dengan cara penambahan skenario, yaitu skenario struktur batas kemampuan kapasitas pembangkit dalam memenuhi kebutuhan energi listrik. Hasil dari skenario struktur yang telah disimulasikan menunjukkan bahwa rasio sisa produksi pada tahun 2028 adalah sebesar 18% dari kapasitas pembangkit yang ada, yang berarti hingga tahun 2028 kapasitas pembangkit listrik untuk wilayah DIY masih mampu memenuhi kebutuhan energi listriknya.

Kata kunci : metode sistem dinamik, skenario struktur, kapasitas pembangkit, permintaan listrik, sektor rumah tangga, rasio sisa produksi

1. PENDAHULUAN

Merupakan suatu kenyataan bahwa pertumbuhan penduduk mengalami peningkatan setiap tahunnya. Peningkatan jumlah penduduk ini nantinya akan berdampak meningkatnya kebutuhan-kebutuhan masyarakat. Salah satunya adalah kebutuhan listrik. Kebutuhan listrik yang terus mengalami peningkatan seiring bertambahnya jumlah penduduk ini nantinya akan berdampak bagi penyedia energi listrik dalam memenuhi kebutuhan listrik. Kebutuhan energi yang tidak terbatas dan berkepanjangan tidak sebanding dengan ketersediaan energi yang ada. Apabila energi ini tidak diatur dengan efisien, terutama energi tak terbarukan dikhawatirkan nantinya dalam pemenuhan kebutuhan tidak dapat terpenuhi secara maksimal. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui batas kemampuan kapasitas pembangkit dalam memenuhi kebutuhan listrik pada sektor rumah

tangga hingga pada tahun 2028 dengan penerapan model sistem dinamik untuk menganalisis permintaan dan ketersediaan listriknya. Penggunaan model sistem dinamik ini dikarenakan sistem dinamik dapat memberikan perkiraan yang lebih handal dibandingkan dengan metode peralaman lainnya. Karena sistem dinamik pada dasarnya menggunakan pendekatan sebab akibat dalam memecahkan suatu permasalahan yang dihadapi. Dalam penelitian ini hanya memfokuskan pada pelanggan sektor rumah tangga, dan hanya berfokus pada permintaan dan ketersediaan listrik yang ada di DIY.

2. LANDASAN TEORI

2.1 Energi listrik

Energi listrik menurut Eugene C. Lister (1993) bahwa energi merupakan kemampuan untuk melakukan kerja, energi merupakan kerja tersimpan

Hukum kekekalan energi menyatakan bahwa energi tidak dapat diciptakan dan tidak dapat dimusnahkan. Energi hanya dapat diubah dari satu bentuk ke bentuk yang lainnya. Demikian pula energi listrik yang merupakan hasil perubahan energi mekanik (gerak) menjadi energi listrik. [5]

2.2 Sistem Tenaga Listrik

Sistem penyaluran energi listrik terbagi dalam beberapa bagian yang disebut dengan sistem tenaga listrik (STL), sistem tenaga listrik adalah rangkaian instalasi penyaluran listrik yang terbagi menjadi pembangkitan, transmisi/penyaluran, distribusi dan yang terakhir adalah konsumen. Konsumen inilah yang menjadi pemakai jasa tenaga listrik.

Pada pembangkitan terdapat beberapa faktor yaitu:

- a. Faktor beban, adalah perbandingan antara besarnya beban rata-rata untuk selang waktu tertentu terhadap beban puncak tertinggi dalam selang waktu yang sama. Dapat dilihat secara matematis pada persamaan 1 [1]

$$\text{Faktor beban} = \frac{\text{Beban rata-rata}}{\text{Beban puncak}} \quad (1)$$

- b. *Forced Outage Rate* (FOR), adalah sebuah faktor yang menggambarkan sering tidaknya suatu unit pembangkit mengalami gangguan, biasanya diukur untuk masa satu tahun. FOR didefinisikan dalam persamaan 2 [1]

$$\text{FOR} = \frac{\text{jml jam gangguan pembangkit}}{\text{jam operasi} + \text{jam gangguan pembangkit}} \quad (2)$$

- c. Faktor kapasitas, menggambarkan seberapa besar sebuah unit pembangkit itu dimanfaatkan. Dapat dilihat secara matematis pada persamaan 3 [1]

$$\text{Faktor kapasitas} = \frac{\text{produksi KWh setahun}}{\text{daya terpasang} \times 8760 \text{ jam}} \quad (3)$$

- d. Faktor penggunaan, faktor ini hampir serupa dengan faktor kapasitas, tetapi disini menyangkut daya. Dapat dilihat secara matematis pada persamaan 4 [1]

$$\text{Faktor penggunaan} = \frac{\text{beban alat tertinggi}}{\text{kemampuan alat}} \quad (4)$$

2.3 Pemodelan sistem dan simulasi

Model didefinisikan sebagai suatu deskripsi logis tentang bagaimana sistem bekerja atau komponen-komponen berinteraksi. Model juga merupakan representasi dari sistem nyata, suatu model dikatakan baik bila perilaku model tersebut dapat menyerupai sistem sebenarnya dengan syarat tidak melanggar prinsip-prinsip berfikir sistem. Salah satu syarat pokok untuk mengembangkan model adalah dengan menemukan variabel apa yang penting dan tepat. Penemuan variabel sendiri sangat erat kaitannya

dengan pengkajian terhadap hubungan-hubungan yang terdapat diantara variabel. Simulasi merupakan suatu teknik meniru operasi-operasi atau proses-proses yang terjadi dalam suatu sistem dengan bantuan perangkat komputer dan dilandasi oleh beberapa asumsi tertentu sehingga sistem tersebut bisa dipelajari secara ilmiah [6]

Dalam pembuatan model sistem dinamik, ada langkah yang paling penting, yaitu validasi model, validasi model ini berguna untuk membandingkan model dengan kinerja sistem nyata. Dalam jurnal yang ditulis Yaman Barlas pada tahun 1996 dengan judul *Multiple Test for Validation of System Dynamics Type of Simulation Model*, dijelaskan ada dua cara validasi yaitu : [4]

- a. Perbandingan rata-rata (*mean comparison*)

$$E1 = \frac{\bar{S} - \bar{A}}{\bar{A}} \quad (5)$$

Keterangan :

E1 : Perbandingan rata-rata

\bar{S} : nilai rata-rata hasil simulasi

\bar{A} : nilai rata-rata data

Model dianggap valid jika $E1 \leq 5\%$

- b. Perbandingan variasi amplitudo (*% error variance*)

$$E2 = \frac{|Ss - Sa|}{Sa} \quad (6)$$

Keterangan :

Ss : standar deviasi model

Sa : standar deviasi data

Model dikatakan valid jika $E2 \leq 30\%$

2.4 Sistem dinamik

Metodologi sistem dinamik diperkenalkan pertama kali oleh Jay Forrester pada tahun 1958, pada saat itu sistem dinamik hanya digunakan untuk memecahkan permasalahan perusahaan (industri). Sistem dinamik merupakan suatu metodologi untuk mempelajari permasalahan di sekitar yang melihat permasalahan secara keseluruhan (holistik). Metodologi ini tidak seperti metodologi lain yang mengkaji permasalahan dengan memilahnya menjadi bagian-bagian yang lebih kecil dan saling membatasi. Konsep utama sistem dinamik adalah pemahaman tentang bagaimana semua objek dalam suatu sistem saling berinteraksi satu dengan yang lain. Pembuatan model sistem dinamik umumnya dilakukan dengan menggunakan software yang memang dirancang khusus. Software tersebut diantaranya Powersim, Vensim PLE, Stella, dan Dynamo. Dengan software tersebut model dibuat secara grafis dengan simbol-simbol atas variabel dan hubungannya.

2.5 Causal loop diagram

Causal loop diagram (CLD) adalah diagram sebab akibat yang membantu dalam memvisualisasikan bagaimana variabel-variabel yang berbeda dalam suatu sistem yang saling terikat. Diagram ini terdiri dari *node* dan tepi, node itu mewakili variabel dan tepi adalah *link* yang mewakili koneksi atau hubungan antara dua variabel. Terdapat dua hubungan yaitu hubungan sebab akibat positif dan hubungan sebab akibat negatif. Dikatakan hubungan sebab akibat positif ketika dua node berubah ke arah yang sama. Sebuah hubungan sebab akibat negatif ketika dua node berubah ke arah yang berlawanan.

2.6 Software Vensim PLE

Vensim merupakan suatu perangkat pemodelan visual yang membolehkan kita untuk melakukan konseptualisasi, simulasi, analisis dan optimasi model sistem dinamik. Vensim PLE merupakan suatu konfigurasi dari Vensim yang dirancang sehingga penggunaannya lebih mudah untuk mempelajari sistem dinamik.

3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Langkah penelitian

Ada beberapa tahapan yang dilakukan dalam penelitian diantaranya sebagai berikut :

- Studi literatur, adalah tahapan mempelajari dasar-dasar teori dan konsep metode sistem dinamik yang akan digunakan dalam menyelesaikan permasalahan pada tugas akhir ini.
- Pengumpulan data, data-data yang di kumpulkan meliputi data-data perusahaan seperti data kebutuhan listrik wilayah DIY, data jumlah pelanggan di DIY, dan juga data pelanggan sektor rumah tangga dan non rumah tangga.
- Menganalisis data, data-data yang sudah dikumpulkan nantinya akan dianalisis terlebih dahulu untuk memastikan apakah data yang sudah dikumpulkan sudah mencakup semua kebutuhan untuk pembuatan model.
- Pendefinisian sistem, dilakukan dengan cara penentuan variabel yang berpengaruh dari setiap elemen, sehingga dapat membantu dalam pembuatan diagram kausatik
- Pembuatan diagram kausatik, dibuat berdasarkan variabel yang telah ditentukan dalam pendefinisian sistem.
- Pembuatan model sistem dinamik, dibuat berdasarkan variabel-variabel yang sudah ditentukan tadi.
- Verifikasi dan validasi, bertujuan untuk mengecek pendefinisian sistem, diagram

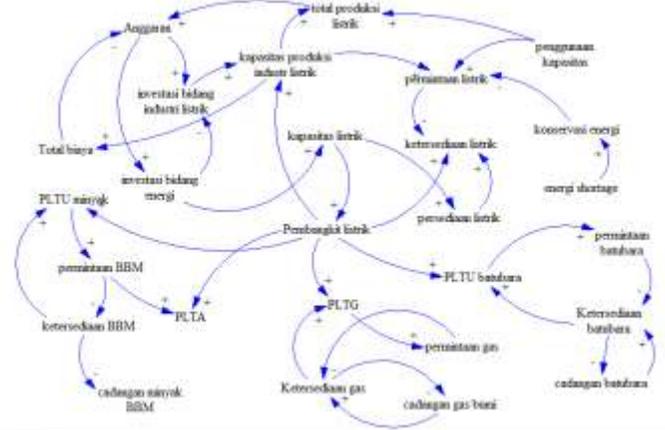
kausatik dan model sistem dinamik serta formulanya apakah sudah layak atau belum

- Pembuatan skenario, tahapan selanjutnya ketika model sudah tervalidasi adalah pembuatan skenario yang bertujuan untuk memperbaiki kerja sistem agar dapat membuat proyeksi kebutuhan listrik yang lebih baik
- Analisis dan evaluasi skenario, dilakukan analisis berdasarkan output dari model yang dibuat berdasarkan kondisi saat ini.
- Penarikan kesimpulan

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pembuatan diagram kausatik

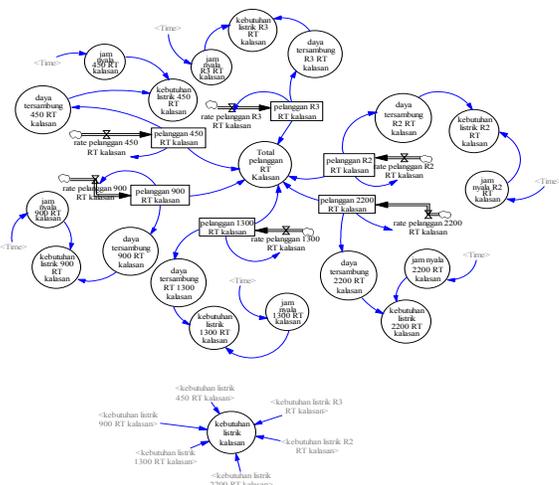
Berikut ini adalah diagram kausatik yang menggambarkan hubungan antar variabel terhadap permintaan dan ketersediaan listrik.



Gambar 1. Diagram kausatik

Dari variabel yang terdapat pada diagram kausatik selanjutnya akan dilakukan pembuatan model sistem dinamik, namun ada beberapa variabel yang nantinya tidak di masukkan ke dalam model karena nilainya tidak berpengaruh dalam penelitian ini.

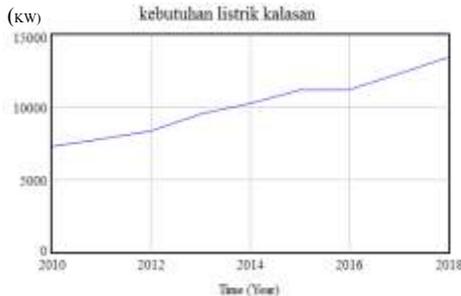
4.2 Diagram flow kebutuhan rumah tangga unit



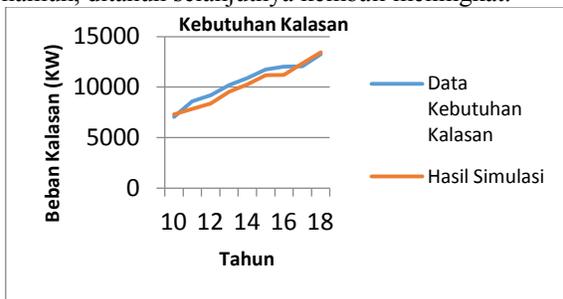
Gambar 2. Diagram flow kebutuhan RT unit

Diagram flow kebutuhan listrik rumah tangga unit ini menggambarkan bagaimana kebutuhan listrik terjadi. Diagram flow ini digunakan untuk semua unit yang berada di area Yogyakarta. Perbedaan antara unit satu dengan yang lainnya terletak pada nilai parameter dari masing-masing variabelnya.

4.3 Verifikasi dan validasi model



Gambar 3. Grafik simulasi kebutuhan listrik RT Kalasan Pada Gambar 3 terlihat bahwa kebutuhan listrik RT Kalasan selalu mengalami peningkatan setiap tahunnya. Walaupun pada tahun 2016 sedikit menurun namun, ditahun selanjutnya kembali meningkat.



Gambar 4. Grafik perbandingan hasil simulasi dengan data kebutuhan listrik Kalasan

Berdasarkan Gambar 4 antara hasil simulasi dengan data kebutuhan listrik RT Kalasan sudah mendekati. Hal tersebut menandakan bahwa hasil simulasi sudah mendekati data kebutuhan listrik RT Kalasan. Berikut ini adalah tabel yang menampilkan perbandingan antara hasil simulasi dengan data kebutuhan listrik RT Kalasan.

Tabel 1. Perbandingan hasil simulasi dengan data kebutuhan listrik Kalasan

Tahun	Kebutuhan Kalasan (KW)	Simulasi (KW)
2010	7055,62	7304,67
2011	8601,03	7823,63
2012	9179,07	8375,12
2013	10201,82	9547,89
2014	10899,05	10269,7
2015	11726,37	11186,1
2016	12012,39	11219,6
2017	12045,78	12325
2018	13252,42	13447,9
mean	10552,61667	10166,62333
s.deviasi	1974,667404	2087,366568

Untuk mengetahui apakah hasil simulasi valid atau tidak, maka dilakukan uji validasi dengan *mean comparison* dan *error variance*.

$$\begin{aligned} \text{mean comparison} &= \frac{\text{rata2 simulasi} - \text{rata2 data}}{\frac{\text{rata2 data}}{10552,61667}} \\ &= \frac{10166,62333 - 10552,61667}{10552,61667} \\ &= 3,6\% \end{aligned}$$

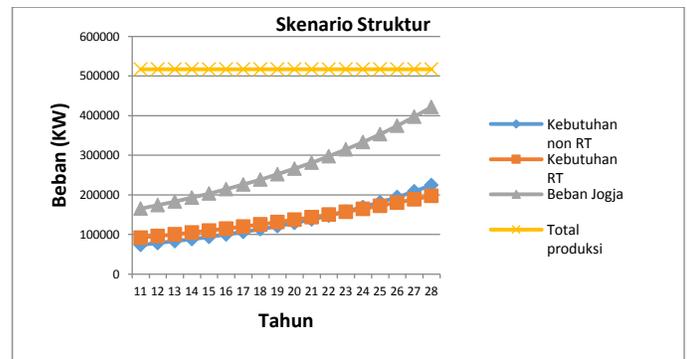
Karena 3,6% kurang dari 5% maka model ini dinyatakan valid

$$\begin{aligned} \text{error variance} &= \frac{s.\text{deviasi simulasi} - s.\text{deviasi data}}{\frac{s.\text{deviasi data}}{1974,667404}} \\ &= \frac{2087,366568 - 1974,667404}{1974,667404} \\ &= 5,7\% \end{aligned}$$

Karena 5,7% kurang dari 30% maka model ini dinyatakan valid.

4.4 Pengembangan model sistem dinamik

Pengembangan model sistem dinamik dilakukan dengan cara pembuatan skenario. Skenario yang digunakan dalam penelitian ini adalah skenario struktur batas kemampuan kapasitas pembangkit dalam memenuhi kebutuhan listrik. Sehingga didapatkan hasil sebagai berikut



Gambar 5. Grafik skenario struktur

Berdasarkan Gambar 5 terlihat bahwa rasio sisa produksi pada tahun 2028 masih 18%.

5. PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Setelah dilakukan penerapan model sistem dinamik untuk menganalisis permintaan dan ketersediaan listrik pada sektor rumah tangga di area DIY, maka berdasarkan hasil skenario struktur batas kemampuan kapasitas pembangkit listrik dalam memenuhi kebutuhan energi listrik. Disimpulkan bahwa hingga tahun 2028 kebutuhan energi listrik masih mampu terpenuhi oleh kapasitas pembangkit saat ini, sehingga tidak perlu dilakukannya penambahan kapasitas pembangkit.

5.2. Saran

- a. Konsep dari penerapan model sistem dinamik untuk menganalisis permintaan dan ketersediaan listrik sektor rumah tangga di DIY ini dapat diimplementasikan di provinsi lain dengan melakukan penyesuaian terhadap objeknya. Karena secara umum kebutuhan listrik dipengaruhi oleh jumlah pelanggan, daya tersambung, dan jam nyala
- b. Dalam pembuatan pengembangan model sistem dinamik juga dapat menggunakan skenario-skenario yang lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Axella, O., & Suryani, E (2012). Aplikasi Model Sistem Dinamik untuk Menganalisis Permintaan dan Ketersediaan Listrik Sektor Industri (Studi Kasus : Jawa Timur). Jurnal Teknik ITS Vol.1
- [2] Adipraja, P., Suryani, E & Hendrawan, R. (2015). *Manajemen Aset Jaringan Distribusi Energi Listrik: Sebuah Pendekatan Sistem Dinamik*. Jurnal Sistem Informasi Vol.5(3)
- [3] Aditya, A., & Suryani, E. (2018). Aplikasi Model Sistem Dinamik untuk Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Air dalam Rangka Memenuhi Kebutuhan Supply dan Demand Energi Listrik di Kepulauan (Studi Kasus: Pulau Madura). Jurnal Pengembangan IT Vol.3(1)
- [4] Barlas, Y (1989). *Multiple Test for Validation of System Dynamics Type of Simulation Model*. European journal of Operational Research Vol.42
- [5] Eugene C. Lister (1993). *Mesin dan Rangkaian Listrik Edisi Keenam*. Jakarta: Erlangga
- [6] Law, A. M., & Kelton, W. D. (1991). *Simulation Modelling and Analysis*. California : McGraw-Hill Education
- [7] Lawrence, K. D., Klimberg, R. K., & Lawrence, S. M. (2009). *Fundamentals of Forecasting Using Excel*. New York: Industrial Press Inc.
- [8] Marsudi, Djiteng. (2011). *Pembangkitan Energi Listrik (Edisi kedua)*. Jakarta: Erlangga.
- [9] N Primadian, D., Lantara, D., dkk. (2016). *Pengembangan Model Sistem Dinamik Terhadap Ketersediaan Air Bersih di Kabupaten Kutai Timur Provinsi Kalimantan Timur*. JIEM Vol.1(2).
- [10] Oktavariani, D., & Sofyan, A. (2015). *Sistem Dinamik Optimalisasi Penggunaan Energi Sektor Domestik di Dua Desa Kabupaten Bandung Barat*. Jurnal Teknik Lingkungan Vol.21(1).
- [11] PLN., & DJK. (2010-2018). *Statistik Ketenagalistrikan*. Jakarta: Sekretariat Direktorat Jendral Ketenagalistrikan.
- [12] Satyaningrat, L., & Suryani, E. (2015). *Penerapan Metode Simulasi Sistem Dinamik untuk menganalisis Kebutuhan Listrik Sektor Rumah Tangga pada Tiap Area di Jawa Timur*. [Skripsi], Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- [13] Satrio, P., & Suryani, E. (2017). *Penerapan Model Sistem Dinamik untuk Melakukan Pemeliharaan Operasional Aset Unit Transmisi dan Visualisasi Luaran Model dengan Menggunakan Dashboard (Studi Kasus: PT. Pln (Persero) App Semarang)*. Jurnal Teknik ITS Vol.6 (2).
- [14] Winardi. (1989). *Pengantar Tentang Teori Sistem dan Analisis Sistem*. Bandung: Mandar Maju