

SKRIPSI

**ANALISIS PERMINTAAN DAN KETERSEDIAAN LISTRIK
MENGUNAKAN MODEL SISTEM DINAMIK (STUDI
KASUS: KEPULAUAN SELAYAR, SULAWESI SELATAN)**

Disusun dan diajukan oleh:

AINUN SAKHRIND

D041181024



DEPARTEMEN TEKNIK ELEKTRO

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS HASANUDDIN

GOWA

2023

SKRIPSI

**ANALISIS PERMINTAAN DAN KETERSEDIAAN LISTRIK
MENGUNAKAN MODEL SISTEM DINAMIK (STUDI
KASUS: KEPULAUAN SELAYAR, SULAWESI SELATAN)**

Disusun dan diajukan oleh:

AINUN SAKHRIND

D041181024



DEPARTEMEN TEKNIK ELEKTRO

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS HASANUDDIN

GOWA

2023

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

**ANALISIS PERMINTAAN DAN KETERSEDIAAN LISTRIK MENGGUNAKAN
MODEL SISTEM DINAMIK
(STUDI KASUS: KEPULAUAN SELAYAR, SULAWESI SELATAN)**

Disusun dan diajukan oleh:

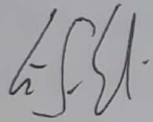
AINUN SAKHRIND

D041 18 1024

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka penyelesaian studi Program Sarjana Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin Pada Tanggal 06 Februari 2023 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui

Pembimbing I,



Dr. Ir. Ikhlas Kitta, S.T., M.T
NIP. 19760914200801 1 006

Pembimbing II,



Ir. Tajuddin Waris, M.T
NIP. 19650424199203 1 003

Ketua Departemen Teknik Elektro,



Dr. Eng. Ir. Dewiani, M.T.
NIP. 19691026 199412 2 001

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini;

Nama : Ainun Sakhrind

NIM : D041181024

Program Studi : Teknik Elektro

Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul:

ANALISIS PERMINTAAN DAN KETERSEDIAAN LISTRIK
MENGUNAKAN MODEL SISTEM DINAMIK (STUDI KASUS:
KEPULAUAN SELAYAR, SULAWESI SELATAN)

Adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambil alihan tulisan orang lain dan bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri.

Semua informasi yang ditulis dalam skripsi yang berasal dari penulis lain telah diberi penghargaan, yakni dengan mengutip sumber dan tahun penerbitannya. Oleh karena itu semua tulisan dalam skripsi ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab penulis. Apabila ada pihak manapun yang merasa ada kesamaan judul dan atau hasil temuan dalam skripsi ini, maka penulis siap untuk diklarifikasi dan mempertanggungjawabkan segala resiko.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan isi skripsi ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Gowa, 28 Februari 2023

Yang Menyatakan



Ainun Sakhrind
Ainun Sakhrind

KATA PENGANTAR

Puji Syukur atas kehadiran Allah SWT atas berkat dan rahmat-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini yang berjudul “ANALISIS PERMINTAAN DAN KETERSEDIAAN LISTRIK MENGGUNAKAN MODEL SISTEM DINAMIK (STUDI KASUS: KEPULAUAN SELAYAR, SULAWESI SELATAN)” dapat terselesaikan. Penyelesaian skripsi ini merupakan salah satu upaya penulis untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Teknik di Departemen Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin. Penulis menyadari tanpa adanya kemauan dan usaha serta bantuan dari berbagai pihak, maka skripsi ini tidak dapat diselesaikan dengan baik. Oleh sebab itu, penulis menyampaikan terima kasih kepada:

- 1) Bapak Dr. Ikhlas Kitta, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing I dan Bapak Ir. Tajuddin Waris, M.T. selaku Dosen Pembimbing II yang telah meluangkan waktu dan memberikan bimbingan dalam pengerjaan skripsi ini.
- 2) Bapak Prof. Dr. Ir. Salama Manjang, M.T. selaku Dosen Penguji I dan Ibu Hasniaty, S.T.,M.T.,Ph.D selaku Dosen Penguji II.
- 3) Seluruh dosen dan staf pegawai Departemen Teknik Elektro yang telah banyak membantu dan memberi kemudahan selama menempuh proses perkuliahan.
- 4) Seluruh staf pegawai PT. PLN (Persero) UP3 Bulukumba, PT. PLN (Persero) ULPLTD Selayar, PT. PLN (Persero) ULP Selayar dan staf pegawai BPS Selayar yang senantiasa membantu dalam proses pengumpulan data yang akan digunakan dalam penelitian ini.
- 5) Ibu Dr. Eng. Ir. Dewiani, M.T., selaku Kepala Departemen Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

- 6) Kedua orang tua dan saudara yang sangat saya cintai yang telah memberikan doa dan dukungan baik dari segi moril dan materi.
- 7) Kepada Asmah dan Qoni yang telah menemani dan membantu serta berdiskusi dari awal proses pengerjaan skripsi ini hingga akhir dan senantiasa memberi dukungan moral pada setiap langkah yang saya ambil dalam pengerjaan skripsi ini.
- 8) Semua teman-teman seperjuangan CAL18RATOR yang turut memberi dukungan terhadap penyelesaian skripsi ini.
- 9) Kepada teman-teman Lab *Research Group* Infrastruktur Ketenagalistrikan dan Teknik Tegangan Tinggi yang selalu menemani di lab saat proses penyusunan tugas akhir ini.
- 10) Seluruh pihak yang tidak dapat disebutkan satu demi satu yang telah membantu dan mendukung dalam menyelesaikan tugas akhir ini.

Penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan pada skripsi ini. Oleh karena itu, saran dan kritik dari semua pihak dapat menjadi masukan untuk menyempurnakan skripsi ini. Semoga skripsi ini dapat diterima sebagai sumbangan hasil pemikiran penulis. Sehingga dapat mendatangkan manfaat bagi penulis maupun pembacanya.

Gowa, 9 Oktober 2022

Ainun Sakhrind

ABSTRAK

AINUN SAKHRIND, *Analisis Permintaan dan Ketersediaan Listrik Menggunakan Model Sistem Dinamik, Studi Kasus: Kepulauan Selayar, Sulsel* (di bimbing oleh Ikhlas Kitta dan Tajuddin Waris)

Sensus penduduk yang dilaksanakan pertama kali di Indonesia hingga pada tahun 2020, Sulawesi Selatan menunjukkan terjadi peningkatan jumlah penduduk setiap tahun. Meningkatnya konsumsi masyarakat terhadap energi listrik setiap waktu akan mengakibatkan permintaan energi listrik di masa yang akan mendatang juga meningkat sebagai konsekuensi dari aktifitas masyarakat yang tinggi. Penelitian ini bertujuan untuk memperkirakan kebutuhan energi listrik dan ketersediaannya hingga 20 tahun ke depan guna memberikan pandangan dalam penentuan kebijakan pada masa yang akan datang. Studi kasus penelitian ini ada di Kabupaten Kepulauan Selayar dengan metode analisis data menggunakan metode sistem dinamik dimana pengolahannya dengan simulasi *Vensim PLE 9.0.1* dan *Microsoft Excel*. Base data yang digunakan adalah data pelanggan meliputi 6 sektor antara lain rumah tangga, industri, sosial, bisnis, pemerintah dan layanan khusus. Kebutuhan energi listrik di Kabupaten Kepulauan Selayar 20 tahun ke depan diperkirakan 219.540.928 kWh dengan jumlah pelanggan sekitar 146.492 pelanggan dan daya tersambung 197.621.472 VA. Prediksi kebutuhan energi listrik dipengaruhi secara langsung oleh pertumbuhan pelanggan setiap tahun dengan melihat pengaruh permintaan setiap sektor. Produksi energi listrik dengan kapasitas pembangkit saat ini tidak mencukupi kebutuhan energi listrik pada tahun 2034 mendatang sehingga dibuat skenario struktur dengan menambahkan kapasitas pembangkit yang mengacu pada RUPTL tahun 2021-2030. Penambahan kapasitas 20 MW berdasarkan skenario memungkinkan tercukupinya kebutuhan energi listrik hingga tahun 2041 mendatang.

Kata Kunci: *Forecasting*, Sistem Dinamik, Kebutuhan Energi, *Vensim*

ABSTRACT

AINUN SAKHRIND, *Analysis of Demand and Availability of Electricity Using System Dynamic Model, Case Study: Selayar Islands, South Sulawesi* (Supervised by Ikhlas Kitta and Tajuddin Waris)

The population census which was carried out for the first time in Indonesia until 2020, South Sulawesi shows an increase in population every year. Increasing public consumption of electrical energy at any time will result in increased demand for electrical energy in the future as a consequence of high community activity. This study aims to predict the demand for electrical energy and its availability for the next 20 years in order to provide insights in determining future policies. This research is in the Selayar Islands Regency with data analysis methods using system dynamic methods where processing is carried out with Vensim PLE 9.0.1 simulations and Microsoft Excel. The database used is customer data covering 6 sectors including household, industrial, social, business, government and special services. The need for electrical energy in Selayar Islands Regency for the next 20 years is estimated to be 219,540,928 kWh with a total of 146,492 costumers and 197,621,472 VA connected power. Predictions of electricity demand are directly influenced by customer growth every year by looking at the effect of demand for each sector. Production of electric energy with the current generating capacity is not sufficient to meet the demand for electricity in 2034, so a structural scenario is created by adding generating capacity referring to the 2021-2030 RUPTL. The additional capacity of 20 MW based on the scenario allows for the fulfillment of the need for electrical energy until 2041.

Keywords: Forecasting, System Dynamics, Energy Demand, Vensim

DAFTAR ISI

SAMPUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN KEASLIAN.....	iii
KATA PENGANTAR	iv
ABSTRAK	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL.....	xiii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian.....	4
1.4 Manfaat Penelitian	5
1.5 Batasan Masalah.....	5
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Karakteristik Kepulauan Selayar dan Kelistrikan	6
2.2 Penelitian Terdahulu	11
2.3 Peramalan (<i>Forecasting</i>).....	12
2.4 Model	13
2.5 Sistem Dinamik	14
2.6 Pemodelan Sistem Dinamis.....	18
2.7 Simulasi	18
2.8 Daya Tersambung dan Kebutuhan Energi.....	20
2.9 <i>Vensim PLE</i>	22
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN.....	24
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	24
3.2 Metode Penelitian.....	24
3.3 Prosedure Penelitian.....	24
3.4 Diagram Alir	27
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN.....	29

4.1 Kebutuhan Energi Listrik	29
4.1.1 Data Statistik Pelanggan Listrik	29
4.1.2 Model Diagram Flow	29
4.1.2.1 Rumah Tangga	31
4.1.2.2 Industri	40
4.1.2.3 Sosial	47
4.1.2.4 Bisnis	55
4.1.2.5 Pemerintah	62
4.1.2.6 Layanan Khusus	71
4.2 Produksi Energi Listrik	95
4.3 Skenario Kapasitas Pemenuhan Kebutuhan Energi Listrik	103
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN.....	109
5.1 Kesimpulan.....	110
5.2 Saran.....	110
DAFTAR PUSTAKA	111

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Single line diagram PLTD-PLTS Selayar	7
Gambar 2.2 Single line diagram PLTD Jampea.....	9
Gambar 2.3 Single line diagram PLTS Pasi	10
Gambar 2.4 <i>Flowchart</i> pemodelan sistem dinamis.....	15
Gambar 2.5 Kausal loop diagram.....	16
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian	27
Gambar 4.1 Diagram flow kebutuhan energi listrik.....	29
Gambar 4.2 Kurva beban rumah tangga	32
Gambar 4.3 Diagram flow kebtuhan energi listrik sektor rumah tangga	34
Gambar 4.4 Grafik daya tersambung total sektor rumah tangga 20 tahun mendatang	38
Gambar 4.5 Grafik total jumlah pelanggan sektor rumah tangga 20 tahun mendatang	38
Gambar 4.6 Grafik total kebutuhan listrik sektor rumah tangga 20 tahun mendatang	39
Gambar 4.7 Kurva beban industri skala kecil.....	41
Gambar 4.8 Diagram flow kebutuhan energi listrik sektor industri.....	42
Gambar 4.9 Grafik jumlah pelanggan industri 20 tahun mendatang	45
Gambar 4.10 Grafik total daya kebutuhan industri 20 tahun mendatang	45
Gambar 4.11 Grafik total kebutuhan listrik industri 20 tahun mendatang.....	46
Gambar 4.12 Diagram flow kebutuhan energi listrik sektor sosial.....	49
Gambar 4.13 Grafik jumlah pelanggan sosial 20 tahun mendatang	53
Gambar 4.14 Grafik total daya kebutuhan sosial 20 tahun mendatang.....	53
Gambar 4.15 Grafik total kebutuhan listrik sosial 20 tahun mendatang.....	54
Gambar 4.16 Diagram flow kebutuhan energi listrik sektor bisnis	57
Gambar 4.17 Grafik jumlah pelanggan bisnis 20 tahun mendatang	60
Gambar 4.18 Grafik total daya kebutuhan bisnis 20 tahun mendatang	60
Gambar 4.19 Grafik total kebutuhan listrik bisnis 20 tahun mendatang.....	61
Gambar 4.20 Kurva beban perkantoran	64

Gambar 4.21 Diagram flow kebutuhan energi listrik sektor pemerintah.....	66
Gambar 4.22 Grafik jumlah pelanggan pemerintah 20 tahun mendatang	69
Gambar 4.23 Grafik total daya kebutuhan pemerintah 20 tahun mendatang.....	69
Gambar 4.24 Grafik total kebutuhan listrik pemerintah 20 tahun mendatang	70
Gambar 4.25 Diagram flow kebutuhan energi listrik sektor layanan khusus	73
Gambar 4.26 Grafik jumlah pelanggan layanan khusus 20 tahun mendatang.....	76
Gambar 4.27 Grafik total daya kebutuhan layanan khusus 20 tahun mendatang	76
Gambar 4.28 Grafik total kebutuhan listrik layanan khusus 20 tahun mendatang	77
Gambar 4.29 Diagram flow kebutuhan energi kepulauan Selayar	78
Gambar 4.30 Grafik total kebutuhan listrik Kepulauan Selayar 20 tahun mendatang	80
Gambar 4.31 Grafik perbandingan proyeksi energi hasil simulasi Vensim terhadap data dan metode lainnya pada sektor rumah tangga.....	82
Gambar 4.32 Grafik perbandingan proyeksi energi hasil simulasi Vensim terhadap data dan metode lainnya pada sektor industri	86
Gambar 4.33 Grafik perbandingan proyeksi energi hasil simulasi Vensim terhadap data dan metode lainnya pada sektor sosial.....	88
Gambar 4.34 Grafik perbandingan proyeksi energi hasil simulasi Vensim terhadap data dan metode lainnya pada sektor bisnis	90
Gambar 4.35 Grafik perbandingan proyeksi energi hasil simulasi Vensim terhadap data dan metode lainnya pada sektor pemerintah.....	92
Gambar 4.36 Grafik perbandingan proyeksi energi hasil simulasi Vensim terhadap data dan metode lainnya pada sektor layanan khusus	94
Gambar 4.37 Single line diagram sistem PLTD-PLTS.....	96
Gambar 4.38 Grafik beban puncak tahunan produksi PLTD-PLTS Selayar Tahun 2021.....	97
Gambar 4.39 Grafik beban puncak bulanan produksi PLTD-PLTS Selayar Tahun 2021.....	98
Gambar 4.40 Grafik beban puncak harian produksi PLTD-PLTS Selayar Tahun 2021.....	98
Gambar 4.41 Diagram flow produksi listrik	100

Gambar 4.42 Grafik ketersediaan energi listrik 20 tahun mendatang.....	102
Gambar 4.43 Diagram flow penambahan kapasitas pembangkit mengacu pada RUPTL 2021-2030.....	103
Gambar 4.44 Grafik Skenario 1	104
Gambar 4.45 Grafik skenario 2.....	106

DAFTAR TABEL

Tabel 1. 1 Data jumlah penduduk Selayar 2011-2020	2
Tabel 4. 1 Jumlah pelanggan listrik sektor rumah tangga Tahun 2021 Selayar	31
Tabel 4. 2 Total daya tersambung , pelanggan dan kebutuhan energi listrik sektor rumah tangga 20 tahun mendatang	375
Tabel 4. 3 Jumlah pelanggan listrik sektor industri Tahun 2021 Selayar	408
Tabel 4. 4 Total daya tersambung , pelanggan dan kebutuhan energi listrik sektor industri 20 tahun mendatang	442
Tabel 4. 5 Jumlah pelanggan listrik sektor sosial Tahun 2021 Selayar	475
Tabel 4. 6 Total daya tersambung , pelanggan dan kebutuhan energi listrik sektor sosial 20 tahun mendatang	528
Tabel 4. 7 Jumlah pelanggan listrik sektor bisnis Tahun 2021 Selayar	551
Tabel 4. 8 Total daya tersambung , pelanggan dan kebutuhan energi listrik sektor bisnis 20 tahun mendatang	595
Tabel 4. 9 Jumlah pelanggan listrik sektor pemerintah Tahun 2021 Selayar	639
Tabel 4. 10 Total daya tersambung , pelanggan dan kebutuhan energi listrik sektor pemerintah 20 tahun mendatang	683
Tabel 4. 11 Jumlah pelanggan listrik sektor layanan khusus Tahun 2021 Selayar ...	716
Tabel 4. 12 Total daya tersambung , pelanggan dan kebutuhan energi listrik sektor layanan khusus 20 tahun mendatang	759
Tabel 4.13 Total daya tersambung , pelanggan dan kebutuhan energi listrik Kepulauan Selayar 20 tahun mendatang	793
Tabel 4. 14 Perbandingan proyeksi energi hasil simulasi <i>Vensim</i> terhadap data dan metode lainnya pada sektor rumah tangga	837
Tabel 4. 15 Perbandingan proyeksi energi hasil simulasi <i>Vensim</i> terhadap data dan metode lainnya pada sektor industri.....	859
Tabel 4. 16 Perbandingan proyeksi energi hasil simulasi <i>Vensim</i> terhadap data dan metode lainnya pada sektor sosial.....	871
Tabel 4. 17 Perbandingan proyeksi energi hasil simulasi <i>Vensim</i> terhadap data dan metode lainnya pada sektor bisnis.....	893

Tabel 4. 18 Perbandingan proyeksi energi hasil simulasi <i>Vensim</i> terhadap data dan metode lainnya pada sektor pemerintah.....	915
Tabel 4. 19 Perbandingan proyeksi energi hasil simulasi <i>Vensim</i> terhadap data dan metode lainnya pada sektor layanan khusus	937
Tabel 4. 20 Beban puncak produksi PLTD-PLTS	971
Tabel 4. 21 Ketersediaan energi listrik 20 tahun mendatang	1015
Tabel 4. 22 Ketersediaan energi listrik 20 tahun mendatang skenario 1.....	1059
Tabel 4. 23 Ketersediaan energi listrik 20 tahun mendatang skenario 2	1071

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sensus penduduk yang dilaksanakan pertama kali di Indonesia hingga pada tahun 2020, Sulawesi Selatan menunjukkan terjadi peningkatan jumlah penduduk setiap tahun. Peningkatan jumlah penduduk di Sulawesi Selatan tentu secara otomatis terjadi bila jumlah penduduk tiap-tiap kabupaten yang ada di dalamnya meningkat setiap tahun. Salah satu kabupaten di Sulawesi Selatan yang mengalami peningkatan jumlah penduduk adalah Kabupaten Kepulauan Selayar. Kepulauan Selayar adalah wilayah yang terdiri dari 130 pulau yang berarti terdapat 130 daratan yang saling terpisah oleh lautan. Tabel 1.1 menunjukkan data jumlah penduduk Kepulauan Selayar 10 tahun terakhir yakni pada tahun 2011 hingga 2020. Jumlah Penduduk di Kabupaten Kepulauan Selayar pada Tahun 2020 adalah 137.071 jiwa dimana penduduk paling banyak berada di Kecamatan Benteng dan penduduk paling sedikit berada di Kecamatan Buki. Sedangkan jumlah rumah tangga di Kabupaten Kepulauan Selayar berkisar 32.687 rumah tangga (BPS, 2021). Bertambahnya jumlah penduduk akan mengakibatkan konsumsi energi listrik ikut bertambah. Hal ini ditandai dengan munculnya keluarga baru dan rumah baru yang secara otomatis mendorong permintaan beban di sektor rumah tangga. Bukan hanya sektor rumah tangga tetapi sektor lainnya akan mempengaruhi permintaan listrik, seperti sektor industri dan pariwisata. Terpisahnya kepulauan ini dari daratan Sulawesi Selatan menyebabkan sistem kelistrikannya terisolasi. Energi listrik dibangkitkan oleh Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD). Selain PLTD, beberapa pembangkit juga tersebar dengan daya 5-100 kW di daerah-daerah yang jauh dari pusat dan sistem kelistrikan yang terpecah. Jaringan listrik di kabupaten kepulauan ini adalah jaringan tegangan menengah 20 kV dan jaringan distribusi tegangan rendah 380/220 Volt.

Tabel 1.1 Data Jumlah Penduduk Kepulauan Selayar 2011-2020

DATA JUMLAH PENDUDUK KEPULAUAN SELAYAR 2011-2020 (JIWA)										
Kecamatan	Tahun									
	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Pasimarannu	9000	9011	9141	9184	9217	9254	9281	9310	9367	10492
Pasilambena	6889	6885	7164	7279	7388	7495	7602	7700	7795	8005
Pasimassunggu	7711	7805	7987	8090	8192	8292	8392	8483	8585	8638
Takabonerate	12474	12618	12822	13112	13293	13469	13643	13804	13960	13484
Pasimassunggu Timur	7318	7333	7429	7455	7478	7497	7515	7546	7577	7866
Bontosikuyu	14407	14506	14754	14873	14978	15073	15170	15265	15356	15303
Bontoharu	12586	12704	12959	13093	13228	13346	13471	13566	13683	14608
Beriteng	21870	22412	23206	23811	24414	25020	25627	26155	26701	24849
Bontomanai	12270	12326	12514	12589	12654	12712	12768	12829	12889	13703
Bontomatene	12611	12673	12867	12941	13006	13065	13123	13186	13248	13381
Buki	6147	6180	6277	6317	6353	6382	6411	6436	6483	6742
TOTAL	123283	124553	127220	128744	130199	131605	133003	134280	135624	137071

Sumber: BPS Selayar, 2021

Rasio elektrifikasi Kepulauan Selayar dari Badan Pusat Statistik Kepulauan Selayar dan Perusahaan Listrik Negara Ranting Selayar, lebih dari separuh rumah tangga di Kepulauan Selayar telah dialiri listrik. Jumlah daya terpasang pada tahun 2020 sebesar 16.164 kW. Jumlah pelanggan listrik pada Tahun 2016 hingga 2020 tercatat mengalami peningkatan kurang lebih 1000 pelanggan setiap tahunnya. Dimana pada tahun 2020, jumlah pelanggan listrik sebanyak 27.610 rumah tangga.

Energi listrik merupakan komponen penting dalam proses produksi dan penggunaan teknologi. Semakin banyak penggunaan teknologi dan produksi di dalam rumah tangga, industri dan sektor lainnya, maka akan membuat konsumsi listrik juga akan meningkat. Meningkatnya konsumsi masyarakat terhadap energi listrik setiap waktu akan mengakibatkan permintaan energi listrik di masa yang akan datang juga meningkat sebagai konsekuensi dari aktifitas masyarakat yang tinggi. Maka dari itu, perusahaan listrik harus siap dalam menghadapi lonjakan kebutuhan listrik masyarakat setempat. Tentunya hal tersebut akan berpengaruh terhadap jumlah pasokan ketersediaan listrik.

Perusahaan listrik dalam mengembangkan sistem tenaga listrik memerlukan perencanaan yang baik dalam pembangunan dan pengalokasian pembangkit untuk mengoperasikan sistem agar dapat mensuplai listrik secara berkelanjutan. Adapun untuk menghindari kerugian, maka sangat penting

mengetahui besar permintaan listrik di sisi konsumen guna menyesuaikan terhadap penyediaannya. Dengan kata lain adalah untuk menyeimbangkan permintaan beban dan ketersediaan energi listrik. Terdapat dua resiko bila terjadi ketidakseimbangan pemenuhan beban antara pembangkit dan konsumen, yaitu apabila daya yang dikirim dari sisi pembangkit kurang dari kebutuhan beban, maka akan terjadi pemadaman lokal sehingga yang rugi adalah pihak konsumen. Sebaliknya, apabila daya yang dibangkitkan lebih besar dibandingkan kebutuhan beban maka akan terjadi rugi biaya baik dari segi bahan bakar maupun operasinya. Meskipun demikian, besarnya permintaan listrik dalam suatu rentang waktu tidak dapat ditentukan secara pasti. Maka dari itu, usaha yang dapat kita lakukan untuk menghindari kerugian yang mungkin terjadi, juga sebagai dasar dalam perencanaan pembangunan pembangkit di masa depan adalah dengan melalui prediksi dan estimasi beban. Sebuah penelitian di Kepulauan Selayar pernah dilakukan oleh Meigi dan Nurlinda pada Tahun 2003 terkait peramalan beban pada tahun 2003 hingga tahun 2023 menggunakan metode regresi trend (kecenderungan). Hasil prakiraan beban di Kabupaten Selayar menunjukkan perkembangan beban secara linier, yang mana pada tahun 2023 akan mencapai 16.228.110 VA. Penambahan pembangkit baru dengan kapasitas 1224 kW pada tahun 2003, tahun 2008 sebesar 520 kW, tahun 2014 sebesar 520 kW dan pada tahun 2020 sebesar 520 kW (Meigi & Nurlinda, 2003). Melanjutkan penelitian sebelumnya dengan menggunakan studi kasus yang serupa dengan tahun peramalan lanjutan disertai dengan metode yang berbeda maka pada penelitian ini akan digunakan metode sistem dinamik.

Metode sistem dinamik adalah metode yang mampu melihat karakter loop umpan balik antar variabel suatu sistem dengan menggunakan suatu pemodelan. Dalam analisis kebutuhan dan penyediaan listrik, dipengaruhi oleh faktor ketidakpastian dan faktor eksternal yang bersifat nonlinear, sehingga metode yang dapat digunakan adalah simulasi sistem dinamik. Sistem dinamik bertujuan dapat menyelesaikan suatu permasalahan terkait pengambilan

keputusan dalam bertindak pada suatu kondisi yang kompleks serta dapat memahami cara kerja suatu sistem dengan baik. Kelebihan metode sistem dinamik adalah sifatnya yang dinamis yang dapat berubah menyesuaikan dengan variabel yang ditambahkan dalam sistem. Contoh aspek yang dapat dimasukkan adalah sosial ekonomi. Kelebihan lainnya dalam simulasi dapat melihat pengaruh sebab akibat antar variabel secara cepat. Maka dari itu, salah satu cara yang dapat dilakukan untuk memperkirakan kebutuhan listrik di Kepulauan Selayar pada masa yang akan mendatang adalah dengan melakukan analisis permintaan dan ketersediaan listrik menggunakan metode simulasi sistem dinamik.

1.2 Rumusan Masalah

- a. Berapa jumlah pertumbuhan energi listrik di Kabupaten Kepulauan Selayar pada periode 20 tahun ke depan?
- b. Bagaimana pengaruh variabel dan analisis kebutuhan energi listrik di Kabupaten Kepulauan Selayar pada periode 20 tahun ke depan?
- c. Berapakah kapasitas daya yang perlu disediakan di Kabupaten Kepulauan Selayar pada 20 tahun ke depan?

1.3 Tujuan Penelitian

- a. Untuk memprediksi kebutuhan energi listrik di Kabupaten Kepulauan Selayar meliputi pelanggan listrik, daya tersambung dan energi listrik terjual dengan metode sistem dinamik
- b. Untuk menganalisis hasil prediksi kebutuhan energi listrik di Kabupaten Kepulauan Selayar pada periode 20 tahun ke depan dengan melihat setiap pengaruh variabelnya
- c. Untuk mengetahui kapasitas daya yang harus disediakan pada 20 tahun ke depan untuk memenuhi kebutuhan energi listrik di Kabupaten Kepulauan Selayar

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini memiliki beberapa manfaat sebagai berikut:

- a. Sebagai referensi bagi pihak-pihak yang akan membuat perencanaan pembangkit untuk diterapkan di daerah terisolir
- b. Memberikan wawasan dalam memperkirakan permintaan energi listrik untuk beberapa periode tahun ke depan.
- c. Sebagai bahan pertimbangan dalam melakukan perencanaan kapasitas daya terpasang di Kepulauan Selayar dan wilayah terisolir lainnya
- d. Sebagai referensi untuk penelitian berikutnya yang berkaitan

1.5 Batasan Masalah

- a. Wilayah yang dipilih dalam prediksi perkembangan energi listrik ini adalah Kabupaten Kepulauan Selayar.
- b. Prediksi perkembangan energi listrik ini menggunakan data statistik perusahaan PT. PLN Ranting Selayar (UP3 Bulukumba, ULP Selayar dan ULPLTD Selayar)
- c. Penyelesaian masalah dengan model sistem dinamik pada periode 20 tahun ke depan (2022-2041) dengan menggunakan database pelanggan 10 Tahun terakhir (2012-2021)
- d. Simulasi dilakukan dengan menggunakan aplikasi *Vensim PLE 9.0.1*
- e. *Forecasting* hanya meliputi 6 sektor (rumah tangga, industri, sosial, bisnis, pemerintah dan layanan khusus) berdasarkan golongan tarif tidak termasuk kelas jenis sektor (R1, R2, S1, P2, B2, I1 dan lain-lain) dan tidak menurut pembagian wilayah.
- f. Analisis ketersediaan energi hanya menggunakan kapasitas daya mampu pembangkit dan tidak menggunakan data produksi tahunan sehingga *rating factor* diabaikan dan diasumsikan produksi konstan tiap tahun.
- g. Pengembangan model mengacu pada data statistik pelanggan listrik Kepulauan Selayar
- h. Peramalan tidak mempertimbangkan kondisi tak terduga

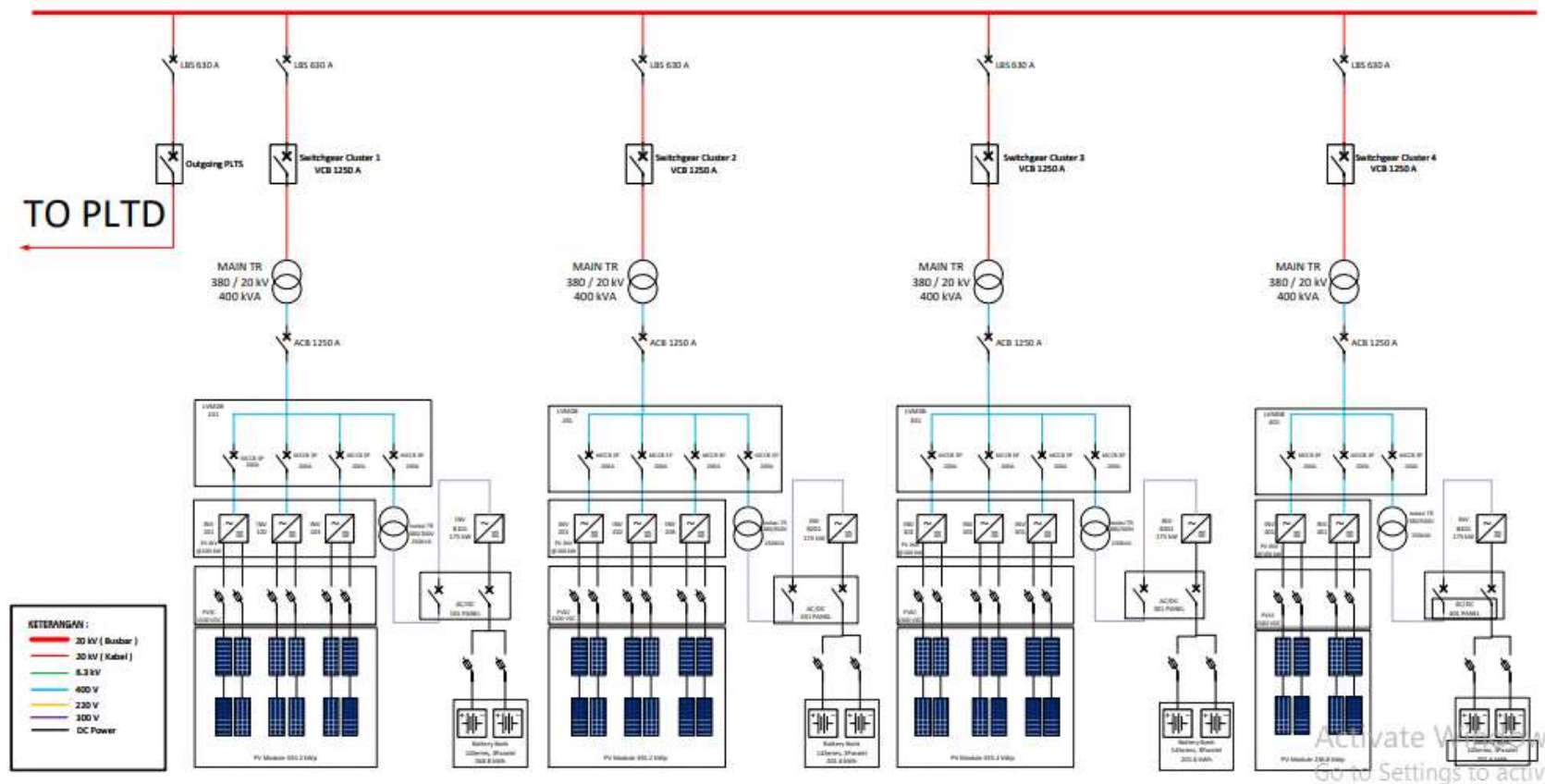
BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Karakteristik Kepulauan Selayar dan Kelistrikan

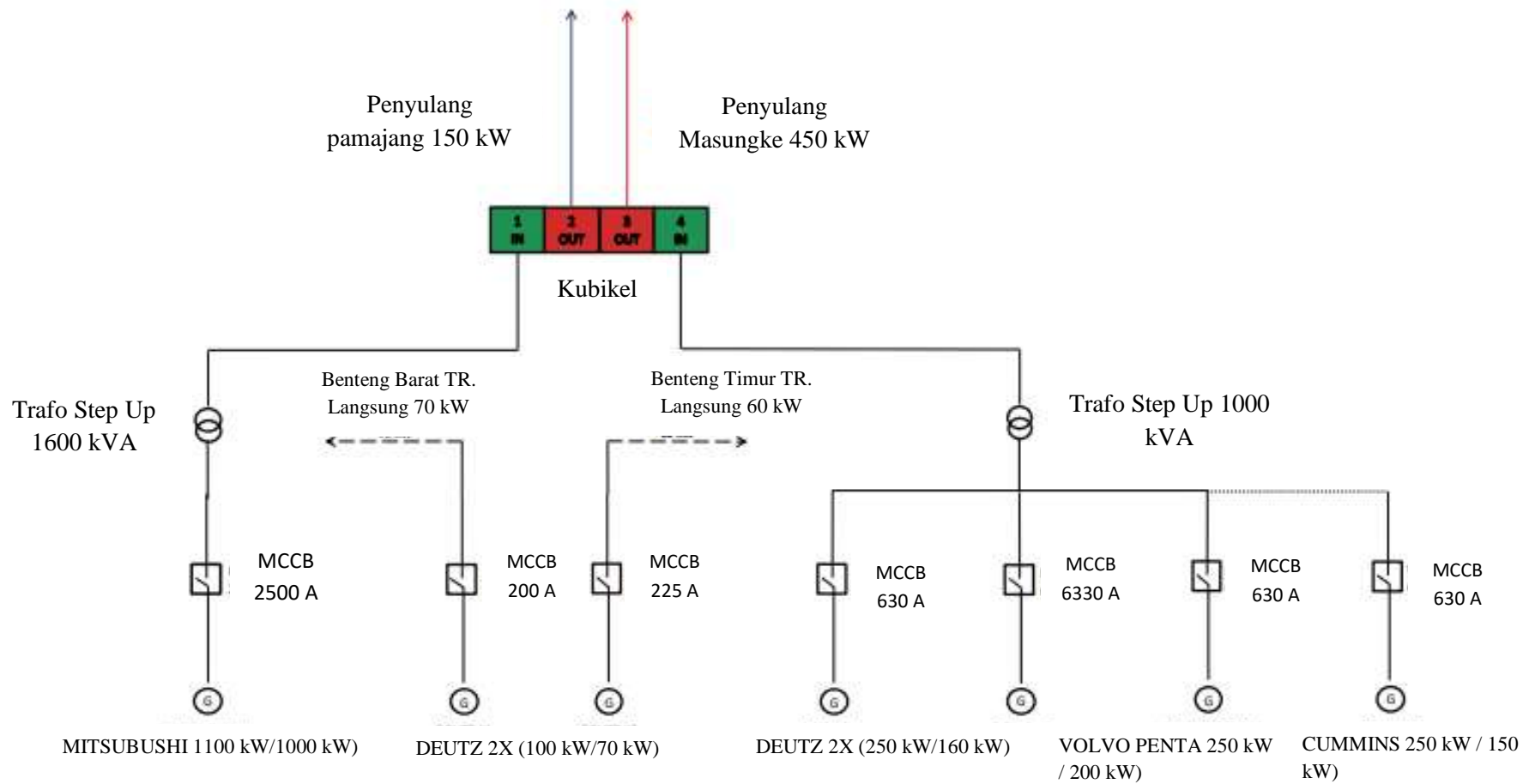
Secara astronomis, Kepulauan Selayar terletak antara 5°42' - 7°35' Lintang Selatan dan 120°15' - 122°30' Bujur Timur. Secara geografis, kabupaten Kepulauan Selayar terdiri dari banyak pulau yang berarti daratan yang terpisah oleh lautan membentuk suatu kepulauan. Berdasarkan posisi geografisnya, Kepulauan Selayar memiliki batas-batas: Utara – Kabupaten Bulukumba Timur – Laut Flores Barat – Laut Flores dan Selat Makassar Selatan – Provinsi Nusa Tenggara Timur Kepulauan Selayar memiliki luas wilayah 10.503,69 km² dengan 1.357,03 km² adalah luas daratan dan luas wilayah laut seluas 9.146,66 km². Kabupaten Kepulauan Selayar adalah kabupaten yang terletak di Sulawesi Selatan yang memiliki 11 kecamatan didalamnya. 5 kecamatan terletak di pulau utama dan 6 kecamatan terletak di luar pulau utama. Kabupaten Kepulauan Selayar memiliki luas wilayah daratan seluas 1.357,03 km² dengan luas wilayah terluas berada di kecamatan Bontosikuyu dan luas wilayah terkecil berada di Kecamatan Benteng. Dengan kondisi geografis yang ada, kecamatan Pasilambena merupakan kecamatan terjauh yang berjarak +193 km dari ibukota kabupaten. (BPS Selayar, 2021)

Kabupaten Kepulauan Selayar adalah salah satu kabupaten di Sulawesi Selatan yang sistem kelistrikannya terisolasi. Jaringan listrik di kabupaten kepulauan ini adalah jaringan tegangan menengah 20 kV dan jaringan distribusi tegangan rendah 380/220 Volt. Pembangkit PLTD Hibrid berlokasi di Tangkala sekitar 10 km dari kota Benteng yang berkapasitas 4 x 1.224 kW. Saat ini untuk memenuhi kebutuhan warga sekitar akan energi listrik PLN memanfaatkan PLTD sebanyak 10 unit dan PLTS. Selain PLTD Pulau Selayar juga terdapat PLTD Pulau Pasi dan Pulau Jampea yang beroperasi kurang dari 24 jam (Jampea 12 jam dan Pasi 6 jam). SLD Kepulauan Selayar ditunjukkan oleh Gambar 2.1, 2.2 dan 2.3



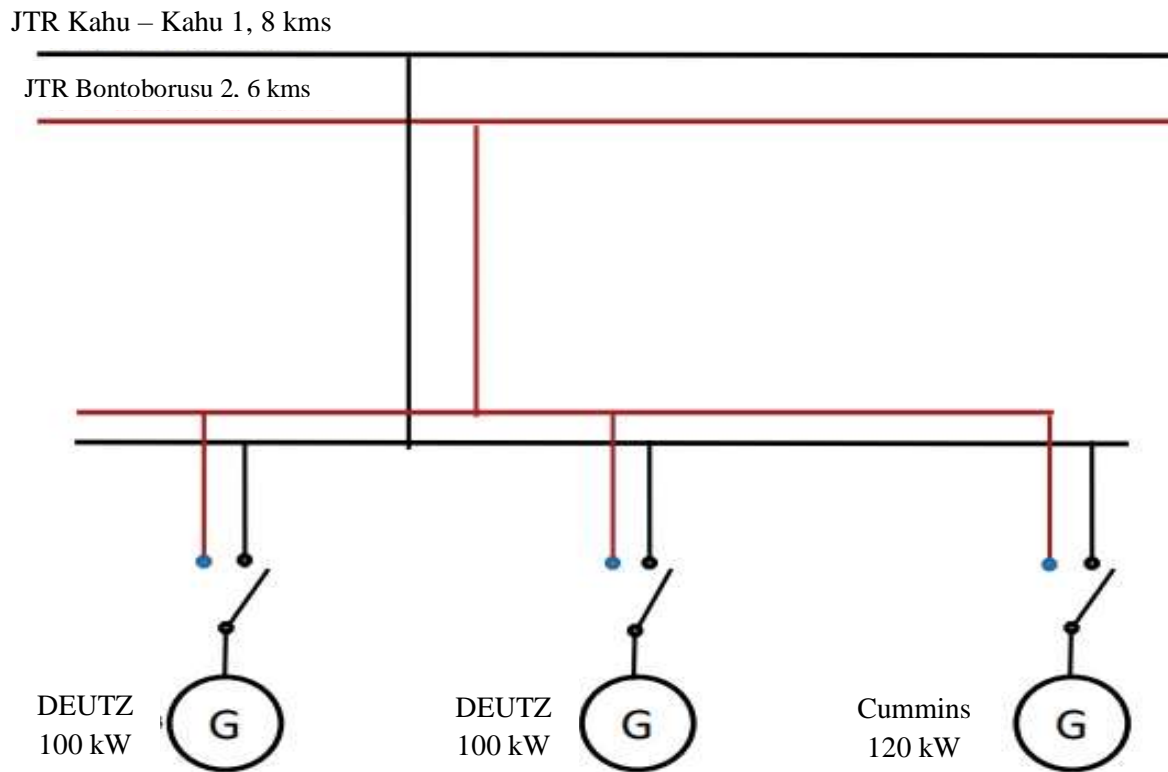
Gambar 2.1 Single line diagram PLTD-PLTS Selayar

Sumber: PT. PLN (Persero) Selayar, 2022



Gambar 2.2 Single line diagram PLTD Jampea

Sumber: PT. PLN (Persero) Selayar, 2022



Gambar 2.3 *Single line diagram* PLTD Pasi

Sumber: PT. PLN (Persero) Selayar, 2022

Rasio elektrifikasi Kepulauan Selayar belum memenuhi 100% selain itu juga masih terdapat pulau yang jam operasinya belum 24 jam (Pulau Jampea dan Pulau Pasi). Dalam mengatasi krisis daya listrik di Kepulauan Selayar, terdapat dua skenario yaitu membangun sistem interkoneksi bawah laut dan membangun pembangkit yang dicanangkan oleh PLN yakni pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Mesin Gas (PLTMG). (Astuty & Rahma, 2018)

2.2 Penelitian Terdahulu

Sebuah penelitian yang dilakukan oleh Oxa Axella dan Erma Suryani mengkaji tentang permintaan dan ketersediaan energi listrik dalam sektor industri di Jawa Timur tahun 2012 dengan menggunakan metode sistem dinamik. Hasil menunjukkan kapasitas listrik Jawa Timur (PLTA Brantas, PLTG/PLTGU Gresik dan Grati, PLTU Paiton) masih belum mampu untuk memenuhi kebutuhan listrik di masa depan sampai dengan tahun 2025. Perlu dilakukan penambahan pembangkit listrik yaitu : PLTU 1 di Jatim (Paiton Unit 9) 1x660 MW pada tahun 2018, PLTU 2 di Jatim (Pacitan) 2x315 MW pada tahun 2020, PLTU 3 di Jatim (Tanjung Awar-awar) 2x300 MW pada tahun 2022 dan PLTG/PLTGU di Jatim (Cepu/Tuban) 2x750 MW pada tahun 2024 (Oxa Axella & Erma Suryani, 2012).

Berangkat dari studi kasus yang sama, sebuah penelitian di Kepulauan Selayar pernah dilakukan oleh Meigi dan Nurlinda pada Tahun 2003 terkait peramalan beban pada tahun 2003 hingga tahun 2023 menggunakan metode regresi trend (kecenderungan). Hasil prakiraan beban di Kabupaten Selayar menunjukkan perkembangan beban secara linier, yang mana pada tahun 2023 akan mencapai 16.228.110 VA. Penambahan pembangkit baru dengan kapasitas 1224 kW pada tahun 2003, tahun 2008 sebesar 520 kW, tahun 2014 sebesar 520 kW dan pada tahun 2020 sebesar 520 kW (Meigi & Nurlinda, 2003).

Penelitian sebelumnya juga pernah disusun oleh Yuningsih Akili dan Yasin Mohamad Menggunakan Metode Koefisien Energi untuk perkiraan energi listrik jangka pendek di PT.PLN (PERSERO) Area Gorontalo. Penelitian ini menggunakan sumber data berdasarkan data masa lalu pada tahun 2011 dan 2012. yang bertujuan untuk meramalkan energi listrik jangka pendek yaitu pada tahun

2013 berdasarkan ROT (Rencana Operasi Tahunan). Maka diperoleh hasil prediksi sebesar 232329,3611 MWh (Yuningsih & Yasin, 2014).

Penelitian yang pernah dilakukan oleh Ricky Ardian Pratama dkk, Penelitian ini mengkaji tentang Neural Network dengan algoritma Backpropagation untuk peramalan beban listrik jangka panjang Provinsi Yogyakarta. Melalui perhitungan dan hasil simulasi peramalan beban listrik jangka panjang Provinsi Yogyakarta pada tahun 2015 hingga 2024 tidak berbeda jauh dengan peramalan Rencana Usaha Penyedia Tenaga Listrik (RUPTL) dengan rata-rata pertumbuhan beban listrik setiap satuan PLN/Provinsi per tahun sebesar 8,1007%. Komparasi hasil peramalan beban listrik menggunakan neural network backpropagation dengan hasil peramalan beban listrik oleh RUPTL PT. PLN 2015-2024 menghasilkan rata-rata persentase perbedaan data sebesar 9,8820%. (Pratama, Lilik & Anifah, 2016)

Penelitian sebelumnya dilakukan oleh M. Syafruddin dkk, metode Regresi Linear yang digunakan untuk memprediksi kebutuhan energi listrik jangka panjang di Provinsi Lampung. Proses perancangan prediksi kebutuhan energi listrik menggunakan 6 variabel dan dibagi menjadi 2 parameter. Maka diperoleh prediksi daya listrik tersambung total pada tahun 2028 sebesar 2.841,78 MVA (rata-rata pertumbuhannya sebesar 2,38 %), dan konsumsi energy listrik pada tahun 2023 sebesar 5.934,98 GWh (rata-rata pertumbuhannya sebesar 3, 83 %) (Syafruddin, Hakim & Despa, 2014)

2.3 Pengertian Peramalan (*Forecasting*)

Peramalaan atau prakiraan (*Forecasting*) adalah memprediksikan, memberikan gambaran, atau memberi perkiraan atau taksiran terhadap sesuatu yang mungkin akan terjadi sebelum suatu rencana yang lebih pasti dapat dilakukan. Peramalan (*forecasting*) adalah ilmu yang digunakan untuk memperkirakan yang akan terjadi di masa depan. Peramalan dapat di implementasikan dengan mengumpulkan data yang ada di masa lalu kemudian data tersebut di implementasikan untuk masa mendatang dengan menggunakan model matematis (Forrester, 1961)

2.4 Model

Model adalah simplifikasi dari suatu sistem, digunakan sebagai suatu pengganti dari suatu objek atau sistem untuk mempelajari dan meningkatkan pemahaman terhadap suatu sistem. Model merupakan dasar dari penelitian eksperimental yang relatif murah dan hemat waktu dibandingkan dengan melakukan percobaan langsung pada sistem yang sesungguhnya (Forrester, 1961)

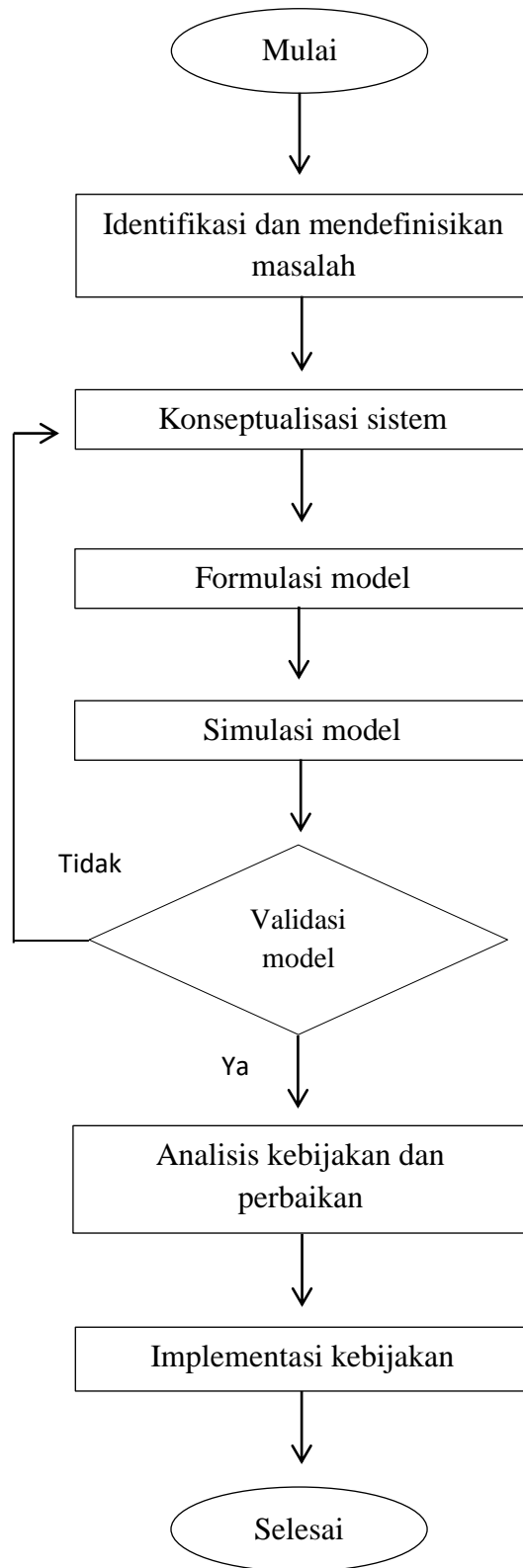
Model merupakan representasi dari sistem nyata, suatu model dikatakan baik bila perilaku model tersebut dapat menyerupai sistem sebenarnya dengan syarat tidak melanggar prinsip-prinsip berfikir sistem. Dalam membangun suatu model sangat dipengaruhi oleh subjektivitas seseorang atau organisasi, maka perlu adanya penyempurnaan yang dilakukan secara terus-menerus dengan menggali informasi dan potensi yang relevan (Winardi, 1989).

2.5 Sistem Dinamik

Metodologi sistem dinamik diperkenalkan pertama kali oleh Jay W. Forrester pada Tahun 1950 di *Massachusetts Institute of Technology*. Kemudian pada Tahun 1961, Forrester menerbitkan bukunya yang pertama dalam dunia sistem dinamis yang berjudul “*Industrial Dynamics*”. Dalam bukunya ini, Forrester memberikan definisi mengenai dinamika industri sebagai berikut : “Dinamika Industri adalah penelitian tentang karakter informasi umpan balik pada sistem industri dan menggunakan model untuk merancang bentuk organisasi yang lebih baik dalam penentuan kebijakan”. Sebelum mengembangkan sistem dinamik, perlu memahami *Systems Thinking of System Dynamics* yang sangat memerlukan konsistensi logika dan kemampuan memahami keterkaitan antar struktur yang terbentuk. Berbagai model dapat dikembangkan sesuai keperluan, namun jika prinsip-prinsip dasar dari sistem dinamik yang dikembangkan tidak benar, maka hanya akan menghasilkan model yang salah. Prof. John Sterman sebagai *pioneer* sistem dinamik dari MIT (*Massachusetts Institute of Technology*) mengingatkan bahwa yang dimodelkan adalah permasalahan (Sushil, 1993; Sterman, 2000).

Dalam pemodelan sistem dinamis, pemecahan masalah meliputi enam langkah:

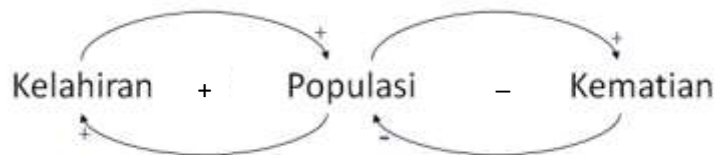
- a. Identifikasi dan definisi masalah
- b. Konseptualisasi sistem
- c. Formulasi model
- d. Simulasi dan validasi model
- e. Analisis kebijakan dan perbaikan
- f. Implementasi kebijakan



Gambar 2.4 *Flowchart* Pemodelan Sistem Dinamis

Systems Thinking dalam sistem dinamik mendasarkan kepada dua aspek penting: struktur dan perilaku. Dalam memahami dua unsur penting ini, sistem dinamik memiliki pola: *Feedback (Causal loop)*, *Stock (level) and flow (rate)*, *Delay dan Nonlinearity* (Sushil, 1993; Sterman, 2000)

Causal loop, secara sederhana menggambarkan pola sebab akibat dalam sistem yang sedang dikaji. Jika respon yang diperoleh bernilai positif, yang berarti kesesuaian antara sebab dan akibat, saling menguatkan, maka loop yang terbentuk bersifat *growth* atau *reinforcing*. Sebaliknya, jika di dalam *causal loop* tersebut terdapat pola sebab akibat yang menegatifkan, maka loop yang terbentuk bersifat *goal seeking*. Level menyatakan kondisi sistem pada setiap saat. Dalam rekayasa (*engineering*) level sistem lebih dikenal sebagai *state variable system*. Level merupakan akumulasi di dalam sistem. Sedangkan *rate* merupakan variabel dalam model yang dapat mempengaruhi level. Persamaan suatu *variabel rate* merupakan suatu struktur kebijakan (*policy*) yang menjelaskan mengapa dan bagaimana suatu keputusan (*action*) dibuat berdasarkan kepada informasi yang tersedia di dalam sistem. Di dalam delay, ada 3 delay yaitu: *construction delay*, *delivery delay*, dan *perception delay*. Delay (keterlambatan) terjadi dalam hal konstruksi, pengiriman suatu pesanan, serta persepsi dalam menerjemahkan informasi yang diterima. *Nonlinearity* menunjukkan proses loop yang terjadi tidak lurus dan terdapat faktor yang mempengaruhi *causal loop* yang terbentuk tersebut. Hubungan antara variabel-variabel yang terbentuk tidak selalu bermuatan positif, tapi bervariasi positif dan negative. Contoh penerapan kausal loop diagram pada fenomena populasi (kematian dan kelahiran) ditunjukkan oleh Gambar 2.5 dimana kelahiran memberikan pengaruh positif terhadap populasi dan kematian memberikan pengaruh negatif terhadap populasi.



Gambar 2.5 Kausal loop diagram populasi

Sumber: Sushil, 1993

Menurut Sushil (1993), diagram hubungan kausal bersifat fleksibel dan merupakan alat yang berguna untuk menggambarkan struktur umpan balik di dalam sistem. Diagram hubungan kausal sangat membantu untuk memperoleh dan menangkap model mental dari pengambil keputusan secara kualitatif. Wawancara dan diskusi dengan orang-orang yang menjadi bagian dari sistem merupakan sumber yang penting dalam memodelkan struktur kausal sistem atau permasalahan. Diagram hubungan kausal merepresentasikan cara kerja suatu sistem. Tujuan utama diagram hubungan kausal ialah untuk menggambarkan hipotesis kausal dalam pengembangan model dimana struktur sistem direpresentasikan ke dalam bentuk *agregat*. Diagram ini digunakan untuk membantu pembuat model dalam mengkomunikasikan struktur umpan balik serta asumsi-asumsi yang mendasari pengembangan model. Melalui diagram hubungan kausal, kita dapat melihat pengaruh suatu variabel atas variabel lainnya. Pengaruh ini dapat berupa hubungan positif atau negatif. Hubungan pengaruh (sebab dan akibat) ini ditandai oleh notasi “+” atau “-” pada ujung panah diagram hubungan kausal. Goodman (1984) di dalam Sushil (1993) menjelaskan aturan untuk menentukan notasi dalam diagram hubungan kausal sebagai berikut:

- a. Tanpa memperhatikan variabel-variabel lainnya, jika perubahan pada satu variabel mempengaruhi variabel lainnya dengan arah perubahan yang sama, maka hubungan antar variabel ini dinyatakan dengan tanda “+” (positif)
- b. Dengan tetap tidak memperhatikan variabel yang lain, jika perubahan pada satu variabel mempengaruhi variabel lainnya dengan arah perubahan yang berbeda, maka hubungan antar variabel ini dinyatakan dengan tanda “-” (negatif) Jika beberapa hubungan kausal digabungkan dan ditemukan bahwa terdapat suatu alur yang berawal dan berakhir pada variabel yang sama, maka kita dapat mengidentifikasi sebuah loop umpan balik

Jika beberapa hubungan kausal digabungkan dan ditemukan bahwa terdapat suatu alur yang berawal dan berakhir pada variabel yang sama, maka kita dapat mengidentifikasi sebuah loop umpan balik

Sebab akibat. *loop* umpan balik ini memiliki polaritas yang ditentukan oleh hubungan-hubungan kausal di dalamnya. Polaritas dalam diagram hubungan kausal mendeskripsikan struktur sistem dan bukan perilaku dari variabel-variabel yang terlibat. *Loop* memiliki polaritas positif jika jumlah hubungan kausal negatif dalam loop tersebut adalah nol atau genap. Sebaliknya, loop memiliki polaritas negatif bila jumlah hubungan kausal negatif yang terjadi ialah ganjil. Suatu situasi permasalahan biasanya akan terdiri dari beberapa loop umpan balik yang saling berhubungan dan hal ini dikenal dengan istilah sistem umpan balik. Diagram hubungan kausal memiliki beberapa kelemahan (Sushil, 1993), yaitu:

- a. Tidak membedakan antara sub sistem fisik dan sub sistem informasi
- b. Tidak membedakan antara *level* dan *rate*
- c. Tidak menggambarkan keterangan rinci tentang jenis dari setiap variabel
- d. Diagram ini sulit digunakan untuk menggambarkan keputusan yang akan diambil atau kebijakan yang terlibat

2.6 Pemodelan Sistem Dinamis

Kegiatan memodelkan suatu sistem merupakan proses kreatif dan intensif. Asumsi dibuat pada setiap tahapan yang berbeda dari proses pemodelan. Asumsi ini diuji berdasarkan data yang dikumpulkan dan dianalisis kemudian model direvisi berdasarkan hasil analisis. Namun, tidak ada aturan yang terdefinisi secara jelas dalam pemodelan (Stermann, 2000). Keterlibatan pengambil keputusan pada setiap tahapan pemodelan menjadi hal yang sangat krusial. Pandangan dan partisipasi aktif mereka sangat penting untuk pemodelan yang sukses dan berarti.

2.7 Simulasi

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 (Law & Kelton, 1991)

Simulasi menggambarkan secara umum karakteristik dari sistem fisiknya. Simulasi digunakan sebelum sistem yang ada diubah atau sistem yang baru dibangun. Simulasi dilakukan untuk memprediksi kinerja sistem yang dikembangkan (Wishart, 2008). Hal ini bertujuan untuk mengurangi kemungkinan kegagalan dalam memenuhi spesifikasi, menghilangkan kemacetan yang tak terduga, mencegah pemanfaatan sumberdaya yang kurang maupun berlebihan, dan untuk mengoptimalkan kinerja sistem (Maria, 1997). Ada beberapa keuntungan yang bisa diperoleh dengan memanfaatkan simulasi, yaitu:

- a. Menghemat waktu (*compress time*)
- b. Dapat melebarluaskan waktu (*expand time*)
- c. Dapat mengawasi sumber-sumber yang bervariasi (*Control Source of Variation*)
- d. Mengoreksi kesalahan-kesalahan perhitungan (*Error in measurment Correction*)
- e. Dapat dihentikan dan dijalankan kembali (*Stop simulation and restart*)
- f. Mudah diperbanyak (*Easy to replicate*)

Simulasi Pada saat ini, model simulasi telah banyak digunakan secara luas dan menjadi metode yang amat populer untuk mempelajari dan memecahkan permasalahan pada suatu sistem kompleks di berbagai aspek kehidupan. Kompleksitas model mental kita sangat luas melebihi kapasitas atau kemampuan kita untuk memahami implikasi dari setiap tindakan yang kita ambil. Tanpa simulasi, konseptual model yang terbaik pun hanya dapat diuji dan diperbaiki performansinya dengan menyandarkan pada pembelajaran umpan balik melalui dunia nyata. Model simulasi diklasifikasikan dalam tiga dimensi berbeda (Law & Kelton, 1991), yaitu:

- a. Model simulasi deterministik dan model simulasi stokastik; Model simulasi deterministik jika model tidak mengandung unsur probabilitas. Sedangkan model simulasi dari sistem yang sekurang-kurangnya beberapa input bersifat probabilistic, dinamakan model simulasi stokastik.

- b. Model simulasi statis dan model simulasi dinamis; Model simulasi statis adalah representasi dari sistem pada waktu tertentu, atau sesuatu yang digunakan untuk merepresentasikan sebuah sistem dalam waktu secara sederhana tanpa aturan. Model simulasi dinamis merepresentasikan sistem sepanjang waktu.
- c. Model simulasi diskret dan model simulasi kontinu; model simulasi diskret digunakan untuk sistem diskret, yaitu model yang digunakan pada sistem yang komponen-komponennya berubah secara instan pada poin-poin waktu yang terpisah (*separated*). Sedangkan model simulasi kontinu digunakan untuk sistem kontinu, yaitu model yang digunakan pada sistem yang komponen-komponennya berubah secara kontinu mengacu pada waktu.

2.8 Daya Tersambung dan Kebutuhan Energi

Menurut Peraturan Menteri ESDM No. 18 tahun 2019, daya tersambung adalah daya yang disepakati antara PT. PLN (Persero) dengan Konsumen yang dituangkan dalam perjanjian jual beli tenaga listrik. Sumber Energi listrik atau tenaga listrik adalah salah satu jenis energi utama yang dibutuhkan bagi peralatan listrik atau energi yang tersimpan dalam arus listrik dengan satuan ampere (A) dan tegangan listrik dengan satuan Volt (V), dengan ketentuan kebutuhan konsumsi daya listrik dengan satuan Watt (W) untuk menggerakkan motor, lampu penerangan, memanaskan, mendinginkan atau menggerakkan kembali suatu peralatan mekanik untuk menghasilkan bentuk energi yang lain. Energi listrik menjalankan peralatan rumah tangga, peralatan perkantoran, mesin industri, kereta api listrik, lampu umum, alat pemanasan, memasak, dan lain-lain. Energi yang dihasilkan dapat berasal dari berbagai sumber, seperti air, minyak, batu bara, angin, panas bumi, nuklir, matahari, dan lainnya. Satuan pokok energi listrik adalah Joule, sedangkan satuan lain adalah KWh (Kilowattjam). Listrik untuk industri dan perumahan dihasilkan dari pembangkit listrik, misalnya PLTA, PLTB, PLTD (diesel), PLTM, PLTS (surya), PLTU, dan lainnya. Formulasi energi ditunjukkan oleh persamaan (1).

$$E = P \times t \tag{1}$$

Dimana: E = energi (KWh), P = daya (Watt) dan t = waktu (jam).

Daya listrik terdiri dari 3 jenis antara lain: daya kompleks (daya semu), daya aktif dan daya reaktif. Berikut persamaan jenis-jenis daya:

$$P = V \times I \times \cos \Phi \quad (2)$$

$$Q = V \times I \times \sin \Phi \quad (3)$$

$$S = V \times I \quad (4)$$

Dimana: P = daya aktif (Watt), Q = daya reaktif (VAR), S = daya kompleks (VA), V = tegangan (Volt) dan I = Arus (Ampere)

Sumber energi listrik adalah segala sesuatu di sekitar kita yang mampu menghasilkan listrik. Sumber energi listrik secara garis besar dapat dibedakan menjadi dua kelompok yaitu energi fosil dan energi terbarukan. Energi fosil digunakan untuk konversi energi. Hasil konversi tersebut dapat berupa energi mekanik, listrik dan panas. Semua bahan bakar fosil yang dikonsumsi di dunia. Salah satu hasil konversi energinya adalah pembangkit tenaga listrik. Listrik adalah salah satu bentuk energi yang ditimbulkan akibat dari pergerakan elektron. Listrik menjadi daya hidup yang vital bagi kehidupan di dunia ini. Listrik di industri terutama digunakan sebagai sumber tenaga penggerak mesin-mesin industri. Di rumah tangga baik di kota maupun di desa. Bahan bakar fosil adalah sumber energi utama yang digunakan di dunia saat ini. Tapi jika konsumsi bahan bakar ini berlebihan dapat menyebabkan masalah lingkungan yang serius seperti polusi udara. Ketika dalam proses pembakaran, bahan bakar fosil melepaskan gas *karbon dioksida*, *nitrogen dioksida*, *sulfur dioksida*, *karbon monoksida* dan lain-lain yang dapat memiliki merugikan lingkungan. Bahan bakar ini adalah sumber-sumber energi tidak terbarukan karena berasal dari fosil prasejarah dan tidak akan tersedia lagi setelah sepenuhnya digunakan. Sumber-sumber energi ini terbatas dan terus menipis dengan tingkat yang cepat. Bentuk bahan bakar fosil terdiri dari minyak bumi, batu bara dan gas alam.

Energi terbarukan adalah energi yang bersumber dari alam dan secara berkesinambungan dapat terus diproduksi tanpa harus menunggu waktu jutaan tahun layaknya energi berbasis fosil. Sumber alam yang dimaksud dapat berasal dari matahari, panas bumi (*geothermal*), angin, air (*hydropower*) dan berbagai bentuk dari biomassa. Sumber energi tersebut tidak dapat habis dan dapat terus. Selain dapat dipulihkan kembali, energi terbarukan diyakini lebih bersih (ramah lingkungan), aman, dan terjangkau masyarakat. Penggunaan energi terbarukan lebih ramah lingkungan karena mampu mengurangi pencemaran lingkungan dan kerusakan lingkungan di banding energi non-terbarukan. Jenis sumber energi terbarukan (*renewable energy*) yang dimiliki Indonesia cukup banyak. Jika dikelola dan dimanfaatkan dengan baik diyakini dapat menggantikan energi fosil. Bentuk energi terbarukan yang dapat dimanfaatkan terdiri dari panas bumi, air, angin, matahari dan biomassa (KESDM, 2018)

2.9 Vensim PLE

Vensim merupakan sebuah perangkat lunak pemodelan visual yang sederhana dan fleksibel. Perangkat lunak *Vensim* ini dapat digunakan untuk membuat konsep, dokumentasi, simulasi, analisis dan optimasi model sistem mulai dari pembuatan diagram simpal kausal atau dari pembuatan diagram *stock* dan *flow*. Dengan menggunakan perangkat lunak *Vensim*, kata-kata atau variabel dapat dihubungkan dengan tanda panah. Hubungan antar variabel tersebut dimasukkan dan dicatat sebagai hubungan-hubungan kausal. Aplikasi *Vensim* ini dirancang dan dikembangkan oleh *Ventana System, Inc.* dari Harvard, Massachusetts. Pada tahun 1988 *Vensim* dibuat menggunakan bahasa C dengan lingkungan berbasis grafik *Windows-X*. (Almamalik, 2021)

Fitur utama *Vensim PLE* menggunakan suatu antarmuka yang mirip dengan sebuah meja kerja (*workbench*) dan berisi sekumpulan perangkat (*tools*). Jendela utama *Vensim PLE* adalah meja kerja yang selalu mengikutkan *Title Bar*, *Menu*, *Main Toolbar*, *Sketch Tools Analysis Tools*, dan *control panel*.

- a. *Title Bar*: memperlihatkan dua item penting yaitu model *Vensim PLE* yang sedang dibuka dan variabel *workbench*

- b. Menu: berisi pilihan untuk melakukan operasi antara lain: *File (new model, open, save, dan print), edit, view, layout, model, options, windows dan help*
- c. Main Toolbar: menyediakan tombol-tombol yang umumnya digunakan untuk item menu dan fitur simulasi seperti: *new model, open model, save, print, cut, copy, paste, set up simulation, browse, run a simulation, run reality checks* dan lain-lain
- d. Sketch Tools: terdiri dari: *lock sketch, move/size words and arrows, variable, box variable (level), arrow, rate, shadow variable, IO object, sketch comment, delete, dan equations.*
- e. *Analysis Tools*: merupakan analisis digunakan untuk memperlihatkan informasi tentang variable lembar kerja, baik tempat atau nilainya dalam model, atau perilakunya dari data set simulasi. secara umum terbagi menjadi dua kelompok utama: perangkat untuk analisis struktural dan perangkat untuk analisis data set. Perangkat ini terdiri dari: *causes tree, uses tree, loops, document, document all, causes strip, graph, table, table time down, unit check, runs compare.*
- f. Perangkat analisis output: merupakan perangkat untuk menganalisis keluaran model yang dibuat.
- g. Control Panel: digunakan untuk mengubah nilai setting awal yang mengatur operasi Vensim PLE, seperti variabel lembar kerja mana yang dipilih atau data set yang dimasukkan. Terdiri dari: *variable selection, time axis, scaling, datasets, graphs*