

PREDIKSI BEBAN LISTRIK PULAU BALI DENGAN MENGGUNAKAN METODE BACKPROPAGASI

Qoriatul Fitriyah¹⁾, Didi Istardi²⁾

^{1,2)}Jurusan Teknik Elektro Politeknik Batam, Batam 29461,
email: fitriyah@polibatam.ac.id, istardi@polibatam.ac.id

Abstrak

Makalah ini membahas tentang prediksi beban listrik untuk jangka waktu beberapa tahun kedepan dengan menggunakan metode backpropagasi. Metode backpropagasi terdiri dari satu atau beberapa layer tersembunyi. Metode ini menggunakan masukan data beban sebagai data pelatihan untuk mencari bobot yang optimal. Dalam makalah ini akan menggunakan beban listrik dari Pulau Bali. Disini terlihat bahwa metode backpropagasi bisa digunakan untuk memprediksi beban listrik Pulau Bali sampai pada tahun 2035.

Kata Kunci: backpropagasi, prediksi listrik, Pulau Bali, MATLAB

1. PENDAHULUAN

Kebutuhan tentang pemenuhan energi listrik memerlukan perencanaan dan prediksi/peramalan yang matang dan terstruktur. Prediksi beban listrik merupakan sebuah aspek yang penting dalam penyusunan model yang akan digunakan untuk perencanaan sistem ketenagalistrikan. Kebutuhan beban listrik ini perlu dilakukan untuk merencanakan pembangkitan dan distribusi listrik yang akan dibangkitkan dan digunakan. Selain itu, listrik juga mempunyai sifat yang susah untuk disimpan dalam skala yang besar sampai saat ini, sehingga apa yang dibangkitkan itulah yang akan didistribusikan ke konsumen listrik. Sumber energi listrik yang ramah lingkungan juga menjadi salah satu isu penting yang harus diperhatikan. Hal ini yang menyebabkan pentingnya sebuah prediksi beban listrik yang tepat dan presisi untuk menghindari kerugian yang bisa ditimbulkan dikemudian hari. Prediksi dari beban listrik ini bisa dilakukan untuk satu hari kedepan, satu minggu kedepan maupun beberapa tahun kedepan atau yang biasa disebut prediksi beban listrik untuk jangka waktu lama.

Banyak sekali penelitian yang membahas tentang prediksi beban listrik ini [1-2]. Salah satu yang metode yang banyak digunakan akhir kahir ini yaitu metode *backpropagation* yang merupakan penyempurnaan dari metode jaringan syaraf tiruan. Jaringan syaraf tiruan mulai digunakan tahun 1943 oleh McCulloch dan Pitts yang kemudian dikenal sebagai metode Neuron McCulloch-Pitts. Perkembangan jaringan syaraf tiruan sempat terhenti dikarenakan beberapa kesalahan dalam pengenalan pola. Hal ini terjadi karena layer yang dipakai adalah layer tunggal. Backpropagasi yang ditemukan pada tahun 1970 an membantu memperbaiki kesalahan ini. Backpropagasi bisa menanggulangi kelemahan pada layer tunggal dengan menambahkan satu atau beberapa layer tersembunyi di antara layer input dan outputnya.

Hal inilah yang melatarbelakangi penulisan paper ini. Pada paper ini akan dilakukan prediksi beban untuk jangka waktu lama dengan menggunakan metode backpropagasi dengan menggunakan bahasa pemrograman MATLAB untuk meningkatkan akurasi dari prediksi ini. Beban listrik yang akan digunakan untuk prediksi ini yaitu menggunakan beban listrik untuk pulau Bali yang akan mempunyai peranan penting sebagai salah satu pintu masuk wisatawan ke Indonesia.

Dalam paper ini juga akan dijelaskan tentang kondisi kelistrikan, geografis dan kependudukan dari pulau Bali pada Bab 2. Pada Bab 2 juga akan dijelaskan tentang dasar teori dari backpropagasi. Analisa dan pembahasan akan dilakukan pada Bab 3. Sedangkan kesimpulan akan dijelaskan pada Bab 4.

2. ISI

2.1. Kondisi Geografis dan Kependudukan

Propinsi Bali beribukota Denpasar, terletak antara 803'40"-850'48" LS dan antara 11425'53"-11542'40" BT dengan luas wilayah 5.636,66 km².

Data jumlah penduduk Bali tahun 2008 yang dikeluarkan oleh Biro Pusat Statistik (BPS) Bali adalah sebesar 3.409.845 jiwa yang terdiri dari 1.709.278 jiwa laki-laki dan 1.699.581 jiwa perempuan dengan pertumbuhan sebesar 1.41 %. Kabupaten Buleleng mempunyai jumlah penduduk yang paling besar, yaitu 650.237 jiwa diikuti Kota Denpasar dengan 475 080. Data jumlah penduduk selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Data Jumlah Penduduk Bali 2008 [3]

Kabupaten	Penduduk		Total
	Pria	Wanita	
Jembrana	133 619	134 646	268 269
Tabanan	206 690	210 013	416 743
Badung	192 676	190 881	383 880
Gianyar	197 012	197 663	394 755
Klungkung	86 849	89 973	176 822
Bangli	106 637	107 171	213 808
Karangasem	215 283	214 967	430 251
Buleleng	325 634	324 524	650 237
Denpasar	244 878	229 743	475 080
Total :			
2008	1 709 278	1 699 581	3 409 845
2007	1 691 768	1 680 216	3 372 880
2006	1 658 219	1 651 275	3 310 307
2005	1 623 001	1 624 010	3 247 772
2004	1 588 333	1 590 634	3 179 918

Dari Tabel 2.1 terlihat bahwa jumlah penduduk pria dan wanita hampir sama setiap tahunnya. Hal ini akan mempengaruhi konsumsi energi listriknya.

2.2. Kondisi Ketenagalistrikan Provinsi Bali

Pasokan energi listrik Provinsi Bali saat ini dipenuhi dari sistem kelistrikan di Pulau Jawa melalui jaringan transmisi kabel laut 150 kV dengan daya mampu 200 MW dan dipasok juga oleh pembangkit yang ada di Provinsi Bali sendiri yaitu PLTD Pesanggaran 26,2 MW, PLTG Pesanggaran 112,5 MW, PLTG Gilimanuk 130 MW serta PLTGU Pamaron 80 MW. Permintaan energi listrik di Bali dari tahun ke tahun mengalami peningkatan beban puncak yang signifikan dengan rate pertumbuhan 6,7% pada tahun 2007 dan beban puncak sebesar 426,2 MW sedangkan pada tahun 2008 rate pertumbuhan mengalami kenaikan sebesar 6,9% dengan beban puncak 454,6 MW. Sedangkan untuk tahun 2009 beban puncak mencapai 521,3 MW dengan laju pertumbuhan sekitar 7,3%.

Tabel 2.2 Permintaan Energi Listrik Bali 2000-2008 [4]

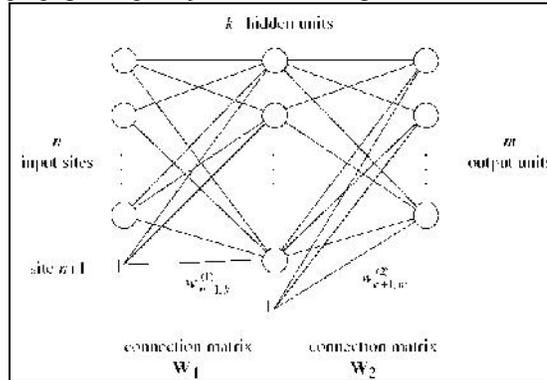
Thn	Energi terjual (GWH) Y_1	Pelanggan			
		RT (x_1)	Komersil (x_2)	Industri (x_3)	Publik (x_4)
2000	1432	612.84	678.65	75.95	64.07
2001	1630	710.24	761.36	81.88	76.88
2002	1654	752.76	751.89	72.76	76.4
Thn	Energi terjual (GWH) Y_1	RT (x_1)	Komersil (x_2)	Industri (x_3)	Publik (x_4)
2003	1896	745.22	754.21	73.39	97.4
2004	1896	838.39	878.62	76.42	69.59
2005	2095	920.83	957.53	83.21	133.1
2006	2125	951.93	938.67	87.38	147

2007	2375	1,035.20	1,083.30	95.59	160.9
2008	2551	1,095.50	1,189.80	100.41	165.4

2.3. Backpropagasi dan Peramalan Beban

Backpropagasi merupakan salah satu metode JST yang menggunakan satu atau beberapa layar tersembunyi. Penggunaan layar tersembunyi ini dimaksudkan sebagai penyempurna dari kelemahan pengenalan pola yang bisa terjadi pada layar tunggal.

Secara umum arsitektur backpropagasi dapat dijelaskan melalui gambar di bawah ini.



Gambar 2.1 Arsitektur Backpropagasi [5]

Gambar 2.1 menjelaskan arsitektur backpropagasi yang memiliki n masukan dan satu bias. k merupakan unit layar tersembunyi dan m adalah unit keluaran.

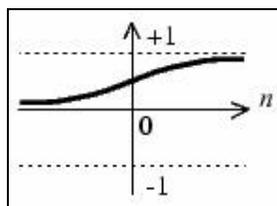
Garis yang menghubungkan antara input dan layar tersembunyi (w_n hingga w_{n+1}) disebut sebagai bobot dari unit masukan ke layar tersembunyi. Sedangkan w_k hingga w_{k+1} merupakan bobot dari bias layar tersembunyi ke unit keluaran.

Backpropagasi memiliki fungsi aktivasi yang harus memenuhi beberapa syarat yaitu: kontinu, terdiferensial dengan mudah dan merupakan fungsi yang tidak turun. Salah satu fungsi yang memenuhi ketiga syarat tersebut sehingga sering dipakai adalah fungsi sigmoid biner yang memiliki range (0,1). [6]

Fungsi sigmoid biner dirumuskan sebagai berikut: [6]

$$f(x) = \frac{1}{1 + e^{-x}}$$

Dengan: $f'(x) = f(x)(1 - f(x))$



Gambar 2.2 Grafik fungsi sigmoid bipolar

Pelatihan backpropagasi terdiri dari tiga fasa yaitu:

1. Propagasi maju
 Pada fasa ini, sinyal input dipropagasikan ke layar tersembunyi pertama menggunakan fungsi aktivasi tertentu. Setelah proses ini selesai, keluaran dari layar tersembunyi pertama dipropagasikan kembali ke layar tersembunyi di atasnya hingga menghasilkan output jaringan m. output jaringan m kemudian diperbandingkan dengan target. Selisih antara target dan output merupakan kesalahan yang terjadi.
2. Propagasi mundur
 Dari kesalahan yang terjadi kemudian dapat dihitung nilai δ yang kemudian digunakan untuk mendistribusikan kesalahan dari output ke seluruh bagian layar tersembunyi yang terhubung langsung dengan output
3. Perubahan bobot

Setelah keseluruhan δ dihitung, bobot dari semua garis dimodifikasi bersamaan. Perubahan bobot suatu garis bergantung pada faktor δ di atasnya.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Peramalan beban dinyatakan sebagai runtun waktu x_1, x_2, \dots, x_n .

Sebagaimana telah diketahui data energi terjual dari tahun ke tahun dalam GWh adalah:

Tabel 3.1 Energi Terjual tahun 2000-2008

Thn	Energi Terjual (GWh)
2000	1432
2001	1630
2002	1654
2003	1896
2004	1896
2005	2095
2006	2125
2007	2375
2008	2551

Karena yang dipergunakan adalah fungsi aktivasi sigmoid biner, maka batas output fungsi adalah (0,1).

Disini data ditransformasikan terlebih dulu ke (0,1) namun karena berdasarkan grafik fungsi aktivasi data tidak akan pernah mencapai 0 maupun 1, maka data akan dipersempit jaraknya di antara 0 dan 1. Dalam kasus ini, interval data yang diambil adalah (0.1, 0.9).

$$x' = \frac{0.8(x - a)}{b - a} + 0.1$$

Dengan a adalah data minimum dan b adalah data maksimum dan dengan batas output fungsi adalah (0,1). Disini data ditransformasikan terlebih dulu ke (0,1) namun karena berdasarkan grafik fungsi aktivasi data tidak akan pernah mencapai 0 maupun 1, maka data akan dipersempit jaraknya di antara 0 dan 1. Dalam kasus ini, interval data yang diambil adalah (0.1, 0.9).

Dari data tersebut diperoleh:

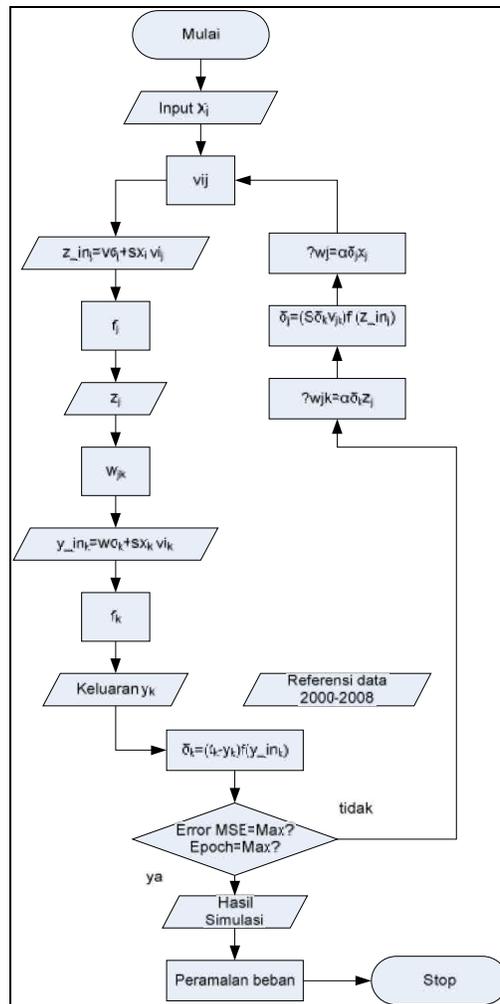
Tabel 3.2 Energi Terjual Interval Baru tahun 2000-2008

Thn	Energi Terjual
2000	0.1000
2001	0.2416
2002	0.2587
2003	0.4317
2004	0.4317
2005	0.5740
2006	0.5954
2007	0.7742
2008	0.9000

Tabel 3.3 Pola Data dalam Epoch

Pola	Data Masukan (x_1, \dots, x_7)				Target
1	0.1000 0.4317	0.2146 0.5740	0.2587 0.5954	0.4317 0.7742	0.2416
2	0.2146 0.5740	0.2587 0.5954	0.4317 0.7742	0.4317 0.2416	0.2587
3	0.2587 0.5954	0.4317 0.7742	0.4317 0.2416	0.5740 0.2587	0.4317
4	0.4317 0.7742	0.4317 0.2416	0.5740 0.2587	0.5954 0.4317	0.4317
5	0.4317 0.2416	0.5740 0.2587	0.5954 0.4317	0.7742 0.4317	0.5740
6	0.5740 0.2587	0.5954 0.4317	0.7742 0.4317	0.2416 0.5740	0.5954
7	0.5954 0.4317	0.7742 0.4317	0.2416 0.5740	0.2587 0.5954	0.7742

Adapun flowchart nya bisa dilihat sebagai berikut:

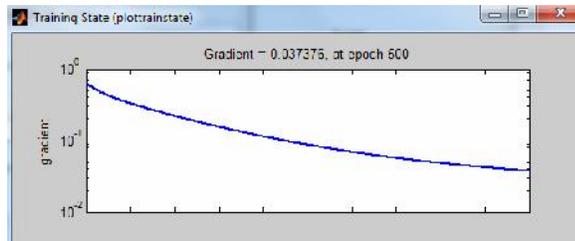


Gambar 3.1. Flowchart [7]

Catatan:

- x_i vektor input
- v_{ij} bobot koneksi antara i ke j.
- z_{in_j} vektor output dari unit tersembunyi sebelum aktivasi
- f' fungsi aktivasi
- z_j vektor output dari unit tersembunyi setelah aktivasi
- w_{jk} bobot koneksi antara j ke k.
- y_{in_k} vektor output sebelum aktivasi
- y^k vektor output sesudah aktivasi
- t_k target output
- δ kesalahan
- α konstanta pelatihan

Dari proses simulasi, nilai yang dihasilkan berubah-ubah hingga epoch maksimum 500 tercapai, dimana nilai MSE sebanding dengan 10^{-5} dengan gradien sebesar 0,337376 pada epoch 500.



Gambar 3.2. Hasil simulasi

Sehingga kemudian didapatkan hasil peramalan beban antara tahun 2009-2035 adalah sebesar:

Tabel 3.4. Peramalan Beban 2009-2035

Tahun	Energi Terjual (GWh)
2009	2787.07
2010	3064.22
2011	3358.15
2012	3670.7
2013	4003.91
2014	4360.04
2015	4741.59
2016	5151.36
2017	5592.45
2018	6068.29
2019	6582.71
2020	7139.91
2021	7744.6
2022	8401.97
2023	9117.76
2024	9898.35
2025	10750.8
2026	11682.9
2027	12703.2
2028	13821.5
2029	15048.1
2030	16394.8
2031	17874.5
2032	19501.5
2033	21291.4
2034	23261.9
2035	25431.9

4. KESIMPULAN

Metode backpropagasi bisa dilakukan untuk peramalan beban ketenagalistrikan. Metode ini menggunakan satu atau beberapa layer tersembunyi dan juga target yang kemudian diperbandingkan dengan output. Fungsi aktivasi menggunakan sigmoid biner dengan range antara 0-1.

Dari hasil analisa dengan MATLAB, bahwa metode backpropagasi bisa digunakan untuk memprediksi beban listrik Pulau Bali sampai tahun 2035 yang akan mempunyai beban energi listrik sebesar 25431 GWh.

DAFTAR REFERENSI

- [1] Pujar Jagadish H, "A Neuro-Fuzzy Approach to Forecast the Electricity Demand", *Proceedings of the 2006 IASME/WSEAS International Conference on Energy & Environmental Systems, Chalkida, Greece, May 8-10, 2006 (pp299-304)*
- [2] Yusak Tanoto, Weerakorn O., Charles O.P.M., "Long-term Peak Load Forecasting Using LMFeedforward Neural Network for Java-Madura-Bali Interconnection, Indonesia", *PEA-AIT International Conference on Energy and Sustainable Development: Issues and Strategies (ESD 2010)*
- [3] BPS. "Data Jumlah Penduduk Bali". 2008. Bali, Indonesia.
- [4] PLN. "Proyeksi Konsumsi Energi". 2009. Bali, Indonesia.
- [5] R.Rojas, "Neural Network", Springer-Verlag Berlin, 1996.
- [6] Jong Jek Siang, Jaringan Syaraf Tiruan dan Pemrogramannya menggunakan Matlab", Penerbit Andi, 2009.
- [7] Arif Heru K. Zuhail, Rinaldy D., "Long-Term Load Forecasting on the Java-Madura-Bali Electricity System Using Artificial Neural Network Method". *Proc of International Conference on Advances in Nuclear Science and Engineering in Conjunction with LKSTN.2007.Jakarta,Indonesia*.pp 2.