

PROYEKSI KEBUTUHAN ENERGI LISTRIK JANGKA PENDEK DI AREA PENGATUR BEBAN JAWA TENGAH-DIY

Tifani Handayani¹, Deria Pravitasari², Agung Trihasto³

Jurusan Teknik Elektro, Universitas Tidar

¹tiffanihandayani@gmail.com ²deria.pravitasari@untidar.ac.id ³agungtrihasto@untidar.ac.id

INTISARI

Kebutuhan energi listrik selalu berubah setiap waktu sesuai kebutuhannya. Penelitian ini bertujuan untuk memperkirakan kebutuhan energi listrik jangka pendek pada wilayah Jawa Tengah-DIY dengan menggunakan metode *Artificial Neural Network* dengan fungsi pelatihan *traincgb*. Hasil perkiraan *weekday*, *weekend*, *holiday*, dan Hari Raya Idul Fitri berturut-turut memiliki nilai MAPE sebesar 0.042%, 0.012%, 0.081% dan -1.78% bisa dikategorikan akurat karena MAPE berada dibawah standar PLN sebesar 2%. Kekurangan daya pada perkiraan bisa menyebabkan pemadaman, sedangkan kelebihan daya menyebabkan pemborosan energi.

Kata kunci : Perkiraan Energi Listrik, Perkiraan Jangka Pendek, *Artificial Neural Network*, *Conjugate Gradient Backpropagation*.

ABSTRACT

Electrical energy needs are always changing every time according to their needs. This study is to estimate the short-term electrical energy needs in the Jawa Tengah-DIY region by using the Artificial Neural Network method with the functions of traincgb. Estimated results for weekdays, weekends, holidays and Eid al-Fitr respectively have MAPE values of 0.042%, 0.012%, 0.081%, and -1.78% can be categorized as accurate because MAPE is below the PLN standard of 2%. Overpowered causes blackouts, while underpowered causes energy wastage.

Keywords : *Electrical Energy Forecast, Short Term Forecast, Artificial Neural Network, Conjugate Gradient Backpropagation.*

PENDAHULUAN

Beban puncak pada wilayah Jawa Tengah-DIY pada tahun 2015 hingga 2018 selalu mengalami peningkatan. Menurut data RUPTL pada tahun 2019-2028 beban puncak Provinsi Jawa Tengah pada tahun 2015, 2017, dan 2018 sebesar 3.313 MW, 3.637 MW, dan 3.902 MW. Beban puncak Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta pada sebesar 410 MW, 485 MW, dan 469 MW [1]. Peningkatan tersebut harus diimbangi dengan ketersediaan daya listrik.

Perkiraan kebutuhan energi listrik berfungsi untuk memperkirakan daya yang dibangkitkan agar sebisa mungkin mendekati daya yang dibutuhkan beban sehingga tidak mengakibatkan pemborosan energi dan kerugian pada sisi penyedia tenaga listrik [2]. Berdasarkan jangka waktunya prakiraan dapat dikelompokkan menjadi prakiraan jangka pendek, prakiraan jangka menengah dan prakiraan jangka panjang [3].

Prakiraan jangka pendek menurut pola beban dibedakan menjadi 2 yaitu pola beban hari kerja dan pola beban hari libur [4]. Pola hari kerja yaitu pada Hari Senin-Hari Kamis

konsumsi listrik meningkat menyesuaikan aktivitas masyarakat [5]. Pola hari *weekend* yaitu Hari Jumat dan Hari Sabtu konsumsi energi listrik lebih rendah dari hari kerja dikarenakan perkantoran tutup. Pola Hari Minggu konsumsi energi listrik lebih rendah dari hari *weekend* dikarenakan sektor industri tutup [6]. Pola hari libur khusus seperti Hari Raya Idul Fitri mengalami penurunan tajam dikarenakan tidak ada aktivitas kerja [7].

Berdasarkan latar belakang tersebut kebutuhan energi listrik dipengaruhi oleh pola beban. Penelitian ini berkontribusi untuk memaksimalkan prakiraan energi listrik jangka pendek di wilayah Jawa Tengah-DIY. Analisis kebutuhan energi listrik digunakan untuk memberikan rekomendasi perencanaan beban jangka pendek.

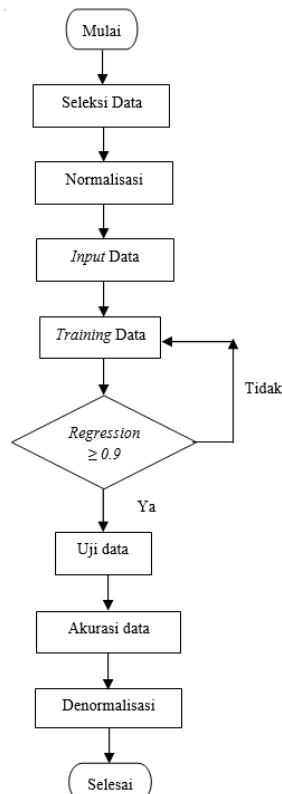
METODE PENELITIAN

3.1 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan berupa *software* Matlab (*Matrix Laboratory*) versi R2014a. Data yang digunakan adalah data beban harian wilayah Jawa Tengah-DIY bulan April-Juni 2019.

3.2 Diagram Penelitian

Tahapan secara umum meliputi pengambilan data, pengolahan data, simulasi, dan analisis. Tahapan secara rinci berupa proyeksi kebutuhan energi listrik jangka pendek-menggunakan metode *Artificial Neural Network (ANN)* sesuai pada gambar 3.1.



Gambar 3.1 Flowchart Metode ANN

Metode ANN pada gambar 3.1 meliputi 2 proses utama yaitu pelatihan dan pengujian diantara proses tersebut terdapat *loop Regression (R)* atau koefisien korelasi. Koefisien korelasi yang terbaik bernilai 1 [8]. Fungsi aktivasi yang digunakan adalah *logsig*. Nilai biner didapatkan dari proses normalisasi [9]. Proses normalisasi menggunakan perintah berikut :

$$\text{Normalisasi} = (0.8 * (x - \text{min})) / (\text{max} - \text{min}) + 0.1;$$

Nilai x menunjukkan data sebenarnya, nilai min merupakan data terkecil, nilai max merupakan data terbesar.

Fungsi pelatihan yang digunakan yaitu *train CGB (Conjugate Gradient Backpropagation with Powell-Beale Restarts)*. Kelebihan *train CGB* penyimpanan sebesar 6 vektor dan dilengkapi dengan metode reset yang dapat meningkatkan efisiensi pelatihan [10].

Akurasi data menggunakan nilai MAPE [2], didapatkan dari perintah berikut :

$$\text{MAPE} = (1/n) * (\text{sum}(\text{nilai_error})) * 100;$$

Nilai n menunjukkan jumlah data, nilai eror merupakan selisih dari target biner dan *output* biner [2]. Standar MAPE PLN yaitu 2% [11]. Denormalisasi merupakan kebalikan dari normalisasi, menggunakan perintah berikut:

$$\text{Denormalisasi} = ((\text{output} - 0.1) * (\text{max} - \text{min}) / 0.8) + \text{min};$$

Nilai output merupakan hasil perkiraan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Perkiraan

Perkiraan dilakukan pada pola beban akhir pekan, hari kerja, dan Hari Libur Nasional tepatnya Hari Sabtu, Hari Minggu dan Hari Senin tanggal 11, 12, 13 Mei 2019 dan Hari Rabu tanggal 5 Juni 2019 bertepatan dengan Hari Raya Idul Fitri. Proses pelatihan membutuhkan parameter berupa data latih dan target latih. Proses pengujian membutuhkan parameter berupa data uji dan target uji. Apabila menggunakan *input* sebanyak 6 minggu maka pembagian *input* latih pada minggu ke-1 dan ke-2 target latih minggu ke-3. *Input* uji pada minggu ke-4 dan ke-5 target uji pada minggu ke-6.

4.1.1 Hasil Perkiraan Hari Weekend

Hari Sabtu tanggal 11 May 2019 sudah memasuki bulan puasa sedangkan *input* uji tanggal 4 May 2019 belum memasuki bulan puasa seperti ditunjukkan pada tabel 4.1.

Tabel 4.1 *Input* dan Target Hari Sabtu

<i>Input</i> latih		Target latih	<i>Input</i> uji		Target uji
06-Apr	13-Apr	20-Apr	27-Apr	04-May	11-May

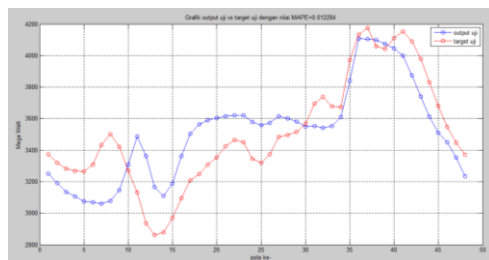
Pengujian beban hari *weekend* pada bulan puasa menghasilkan $R=0.98$ dan MAPE sebesar 0.0123. Hasil perkiraan hari kerja bulan puasa ditunjukkan pada tabel 4.2.

Tabel 4.2 Hasil Pengujian Hari Sabtu (MW)

Jam	ANN	11-May	Eror
00.30	3250,87	3.372,73	0,0365
1.00	3190,54	3.320,53	0,0389
1.30	3135,24	3.281,84	0,0439
2.00	3105,56	3.268,65	0,0489
2.30	3075,03	3.266,06	0,0572
3.00	3069,25	3.308,23	0,0716
3.30	3061,28	3.431,84	0,1110
4.00	3078,4	3.501,57	0,1267

Jam	ANN	11-May	Error
4.30	3146,75	3.420,48	0,0820
5.00	3307,88	3.271,84	-0,0108
5.30	3487,48	3.132,47	-0,1063
6.00	3361,02	2.934,85	-0,1276
6.30	3166,62	2.861,23	-0,0915
7.00	3109,52	2.878,84	-0,0691
7.30	3188,19	2.968,63	-0,0658
8.00	3361,41	3.093,87	-0,0802
8.30	3505,45	3.208,95	-0,0888
9.00	3563,63	3.248,15	-0,0945
9.30	3590,77	3.307,65	-0,0848
10.00	3605,26	3.354,70	-0,0751
10.30	3614,89	3.423,92	-0,0572
11.00	3620	3.464,53	-0,0466
11.30	3622,21	3.451,14	-0,0513
12.00	3578,89	3.345,09	-0,0700
12.30	3558,1	3.318,61	-0,0718
13.00	3571,26	3.372,33	-0,0596
13.30	3614,25	3.483,92	-0,0390
14.00	3601,8	3.496,03	-0,0317
14.30	3580,95	3.516,85	-0,0192
15.00	3550,88	3.567,66	0,0050
15.30	3551,5	3.695,96	0,0433
16.00	3541,35	3.737,32	0,0587
16.30	3552,63	3.676,73	0,0372
17.00	3609,78	3.672,62	0,0188
17.30	3838,86	3.971,39	0,0397
18.00	4106,66	4.133,92	0,0082
18.30	4103,84	4.174,89	0,0213
19.00	4097,57	4.058,54	-0,0117
19.30	4073,15	4.041,73	-0,0095
20.00	4045,52	4.109,55	0,0192
20.30	3998,01	4.153,04	0,0465
21.00	3875,47	4.090,82	0,0645
21.30	3739,97	3.978,07	0,0713
22.00	3613,2	3.830,48	0,0651
22.30	3510,82	3.681,92	0,0513
23.00	3450,17	3.545,90	0,0287
23.30	3352,73	3.446,59	0,0281
24.00	3233,38	3.371,08	0,0413
Avg Demand	3511,84	Load Faktor	86%

Kurva beban Hari Sabtu ditunjukkan pada gambar 4.1.



Gambar 4.1 Kurva beban Hari Sabtu

Diketahui pada tabel 4.2 maksimal eror perkiraan pada pukul 4.00 sebesar 0.12672 mengakibatkan kekurangan daya sebesar 423.17 MW dan pada pukul 6.00 sebesar -0.1276 mengakibatkan kelebihan daya sebesar 426 MW.

4.1.2 Hasil Perkiraan Hari Minggu

Hari Minggu tanggal 12 May 2019 sudah memasuki bulan puasa sedangkan *input* uji pada tanggal 5 May 2019 belum memasuki bulan puasa seperti ditunjukkan pada tabel 4.3.

Tabel 4.3 *Input* dan Target Hari Minggu

<i>Input</i> latih		Target latih	<i>Input</i> uji		Target uji
07-Apr	14-Apr	21-Apr	28-Apr	05-May	12-May

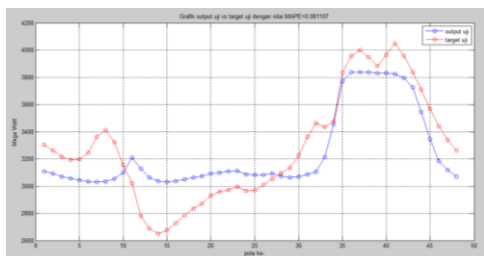
Pengujian beban Hari Minggu bulan puasa menghasilkan $R=0.86$ dan MAPE sebesar 0.0811. Hasil perkiraan Hari Minggu bulan puasa ditunjukkan pada tabel 4.4.

Tabel 4.4 Hasil Pengujian Hari Minggu (MW)

Jam	ANN	12-May	Error
00.30	3110,41	3.305,29	0,0583
1.00	3091,36	3.262,92	0,0514
1.30	3069,40	3.217,20	0,0443
2.00	3056,72	3.192,72	0,0407
2.30	3043,09	3.195,82	0,0458
3.00	3032,81	3.244,84	0,0635
3.30	3029,44	3.363,96	0,1002
4.00	3033,22	3.410,44	0,1130
4.30	3052,83	3.323,74	0,0812
5.00	3100,60	3.155,40	0,0164
5.30	3210,54	3.021,22	-0,0567
6.00	3128,19	2.778,89	-0,1046
6.30	3063,53	2.688,57	-0,1123
7.00	3036,38	2.649,19	-0,1160
7.30	3030,87	2.677,86	-0,1057
8.00	3036,69	2.729,73	-0,0920
8.30	3050,88	2.788,34	-0,0786
9.00	3062,43	2.836,34	-0,0677
9.30	3071,69	2.872,71	-0,0596
10.00	3092,54	2.928,86	-0,0490
10.30	3099,61	2.957,87	-0,0424
11.00	3108,01	2.971,98	-0,0408
11.30	3112,19	2.994,74	-0,0352
12.00	3086,00	2.965,67	-0,0361
12.30	3082,64	2.968,71	-0,0342
13.00	3084,49	3.007,13	-0,0232
13.30	3092,72	3.054,15	-0,0116
14.00	3074,43	3.094,88	0,0061

Jam	ANN	12-May	Error
14.30	3064,74	3.134,48	0,0209
15.00	3070,59	3.224,43	0,0461
15.30	3086,99	3.363,69	0,0828
16.00	3105,95	3.462,03	0,1067
16.30	3212,73	3.434,17	0,0664
17.00	3458,51	3.475,71	0,0052
17.30	3770,91	3.835,63	0,0194
18.00	3836,60	3.958,22	0,0364
18.30	3837,33	3.999,45	0,0486
19.00	3836,72	3.946,83	0,0330
19.30	3829,63	3.882,08	0,0157
20.00	3829,52	3.965,80	0,0408
20.30	3824,18	4.049,07	0,0673
21.00	3793,56	3.959,17	0,0496
21.30	3725,34	3.837,92	0,0337
22.00	3543,70	3.710,14	0,0498
22.30	3347,49	3.568,66	0,0662
23.00	3184,94	3.440,43	0,0765
23.30	3119,63	3.338,65	0,0656
24.00	3068,34	3.260,87	0,0576
Avg Demand	3243,57	Load Faktor	85%

Diketahui pada tabel 4.4 maksimal eror perkiraan pada pukul 4.00 sebesar 0.11295 mengakibatkan kekurangan daya sebesar 377.22 MW dan pada pukul 7.00 sebesar -0.11599 mengakibatkan kelebihan daya sebesar 387.19 MW. Kurva beban Hari Minggu ditunjukkan pada gambar 4.2.



Gambar 4.2 Hasil Pengujian hari Minggu

4.1.3 Hasil Perkiraan Hari Kerja

Target uji Hari Senin tanggal 13 May 2019 maka *input* uji pada tanggal 6 May dan 29 April 2019. Tanggal 6 May 2019 sudah memasuki bulan puasa seperti ditunjukkan pada tabel 4.5.

Tabel 4.5 *Input* dan Target Hari Senin

<i>Input</i> latih		Target latih	<i>Input</i> uji		Target uji
08-Apr	15-Apr	22-Apr	29-Apr	06-May	13-May

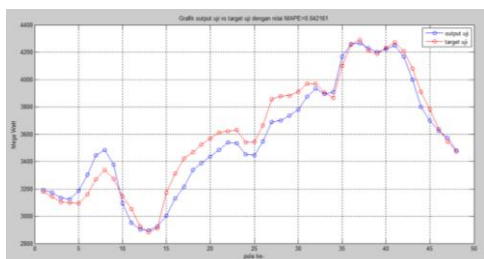
Pengujian beban Hari Senin bulan puasa menghasilkan $R=0.97$ dan $MAPE=0.0422$.

Hasil perkiraan Hari Senin bulan puasa ditunjukkan pada tabel 4.6.

Tabel 4.6 Hasil Pengujian Hari Senin (MW)

Jam	ANN	13-May	Error
00.30	3192,07	3.178,20	-0,0041
1.00	3171,25	3.142,65	-0,0086
1.30	3132,65	3.103,87	-0,0086
2.00	3124,47	3.096,91	-0,0083
2.30	3185,57	3.095,43	-0,0270
3.00	3302,39	3.160,30	-0,0426
3.30	3445,50	3.270,93	-0,0522
4.00	3482,94	3.337,02	-0,0437
4.30	3376,00	3.273,13	-0,0308
5.00	3095,10	3.146,31	0,0153
5.30	2951,09	3.050,81	0,0299
6.00	2901,24	2.925,28	0,0072
6.30	2897,20	2.884,39	-0,0038
7.00	2924,88	2.911,14	-0,0041
7.30	3003,07	3.172,64	0,0508
8.00	3128,50	3.312,03	0,0550
8.30	3213,05	3.422,75	0,0628
9.00	3336,74	3.469,73	0,0398
9.30	3387,98	3.523,74	0,0407
10.00	3437,21	3.570,29	0,0398
10.30	3483,32	3.612,86	0,0388
11.00	3539,10	3.619,87	0,0242
11.30	3532,46	3.630,74	0,0294
12.00	3450,77	3.538,72	0,0264
12.30	3445,14	3.543,97	0,0296
13.00	3546,62	3.664,45	0,0353
13.30	3689,14	3.854,91	0,0497
14.00	3698,61	3.876,54	0,0533
14.30	3734,40	3.880,49	0,0437
15.00	3780,70	3.910,76	0,0389
15.30	3876,02	3.969,10	0,0279
16.00	3934,61	3.969,32	0,0104
16.30	3895,84	3.904,56	0,0027
17.00	3905,88	3.864,84	-0,0122
17.30	4167,54	4.099,45	-0,0204
18.00	4258,08	4.255,54	-0,0007
18.30	4266,52	4.290,46	0,0071
19.00	4229,66	4.210,98	-0,0056
19.30	4200,58	4.186,91	-0,0041
20.00	4223,54	4.232,57	0,0027
20.30	4250,09	4.270,85	0,0062
21.00	4165,99	4.207,40	0,0124
21.30	3997,43	4.079,16	0,0245
22.00	3799,60	3.909,48	0,0329
22.30	3698,36	3.779,46	0,0243
23.00	3624,61	3.638,23	0,0041
23.30	3572,84	3.545,03	-0,0083
24.00	3481,39	3.470,52	-0,0033
Avg Demand	3565,37	Load Faktor	84%

Diketahui pada tabel 4.6 maksimal eror perkiraan pada pukul 8.30 sebesar 0.06 mengakibatkan kekurangan daya sebesar 209.7 MW dan pada pukul 3.30 sebesar -0.05 mengakibatkan kelebihan daya sebesar 174.57 MW. Kurva beban Hari Senin ditunjukkan pada gambar 4.3.



Gambar 4.3 Kurva beban Hari Senin

4.1.4 Hasil Perkiraan Hari Raya Idul Fitri

Hari Rabu tanggal 5 Juni 2019 merupakan Hari Raya Idul Fitri sedangkan *input* uji tanggal 29 May 2019 masih bulan puasa seperti ditunjukkan pada tabel 4.7.

Tabel 4.7 *Input* dan Target Hari IED

<i>Input</i> latih		Target latih	<i>Input</i> uji		Target uji
01-May	08-May	15-May	22-May	29-May	05-Jun

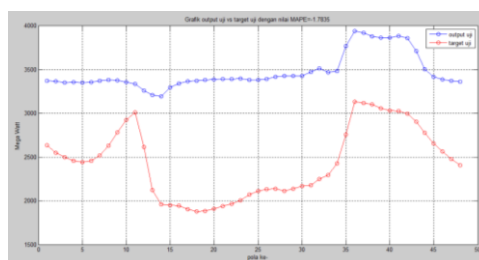
Pengujian beban Hari Raya Idul Fitri menghasilkan $R=0.69$ dan nilai $MAPE=-1.7835$. Hasil perkiraan Hari Raya Idul Fitri bulan puasa ditunjukkan pada tabel 4.8.

Tabel 4.6 Hasil Pengujian Hari IED (MW)

Jam	ANN	5-Jun	Eror
00.30	3373,56	2.635,38	-0,2211
1.00	3365,13	2.548,30	-0,2447
1.30	3352,97	2.499,11	-0,2557
2.00	3355,15	2.457,47	-0,2689
2.30	3353,39	2.442,79	-0,2728
3.00	3358,29	2.457,55	-0,2698
3.30	3372,27	2.517,77	-0,2560
4.00	3381,2	2.629,32	-0,2252
4.30	3379,76	2.783,00	-0,1788
5.00	3359,18	2.926,80	-0,1295
5.30	3336,99	3.009,45	-0,0981
6.00	3260,48	2.612,88	-0,1940
6.30	3208,91	2.121,45	-0,3258
7.00	3194,22	1.961,03	-0,3694
7.30	3295,82	1.951,74	-0,4026
8.00	3343,02	1.943,51	-0,4192
8.30	3365,39	1.902,54	-0,4381
9.00	3373,83	1.879,30	-0,4477

Jam	ANN	5-Jun	Eror
9.30	3383,7	1.886,15	-0,4485
10.00	3387,72	1.909,80	-0,4427
10.30	3391	1.937,32	-0,4354
11.00	3393,81	1.966,42	-0,4276
11.30	3398,51	2.005,42	-0,4173
12.00	3384,35	2.071,34	-0,3933
12.30	3381,22	2.111,05	-0,3805
13.00	3394,86	2.133,78	-0,3778
13.30	3416,88	2.136,12	-0,3837
14.00	3426,34	2.113,68	-0,3932
14.30	3429,51	2.137,93	-0,3869
15.00	3430,11	2.168,13	-0,3780
15.30	3476,48	2.180,24	-0,3883
16.00	3514,97	2.249,01	-0,3793
16.30	3468,06	2.297,51	-0,3506
17.00	3486,21	2.426,88	-0,3173
17.30	3768,13	2.757,99	-0,3026
18.00	3939,27	3.132,59	-0,2417
18.30	3921,63	3.117,80	-0,2408
19.00	3878,23	3.102,52	-0,2324
19.30	3865,12	3.058,40	-0,2416
20.00	3865,28	3.029,52	-0,2504
20.30	3887,74	3.027,97	-0,2575
21.00	3859,03	2.997,90	-0,2579
21.30	3715,03	2.902,98	-0,2433
22.00	3502,2	2.779,38	-0,2165
22.30	3419,23	2.653,85	-0,2293
23.00	3386,25	2.563,43	-0,2465
23.30	3371,57	2.478,41	-0,2675
24.00	3362,66	2.407,48	-0,2861
Avg Demand	3469,47	Load Faktor	88%

Diketahui pada tabel 4.8 maksimal eror perkiraan pada pukul 9.30 sebesar -0.44853 mengakibatkan kelebihan daya sebesar 1497,55 MW. Kurva beban Hari Raya Idul Fitri ditunjukkan pada gambar 4.4.



Gambar 4.4 Kurva beban Hari IED

Diketahui pada gambar 4.4 pada Hari Raya Idul Fitri penggunaan energi listrik mengalami penurunan yang tajam pada pukul 9.00 sebesar 1879.34 MW karena *demand* <2000 MW maka Hari Raya Idul Fitri Tahun 2019 tergolong beban anomali [12].

4.2 Pembahasan

Berdasarkan hasil perkiraan kebutuhan energi listrik jangka pendek yang ditunjukkan pada tabel 4.9. Penurunan beban puncak malam hari *weekday*, *weekend*, *holiday* berturut-turut sebesar 7.9% dan 11.3% sementara penurunan beban puncak siang sebesar 3.7% dan 6.6%. Perkiraan Hari Raya Idul Fitri memiliki eror yang paling besar diantara lainnya.

Tabel 4.9 Hasil Perkiraan Bulan Puasa

Tanggal	BP Siang	BP Malam	Beban Min
11-May	3622.2	4106.7	3061.3
12-May	3212.7	3837.3	3029.4
13-May	3934.6	4266.5	2897.2
05-Jun	3514.9	3939.3	3194.2

Faktor beban menggambarkan karakteristik beban system. Faktor beban merupakan pembagian antara *avg demand* dengan beban puncak. Bagi penyedia tenaga listrik faktor beban harus setinggi mungkin (100%) [7].

SIMPULAN

Beban yang fluktuatif sangat mempengaruhi hasil perkiraan. Jika beban hanya naik atau turun sedikit hasil perkiraan akan sesuai dengan beban *real*. Jika terjadi peningkatan beban yang signifikan maka hasil perkiraan akan kekurangan daya yang mengakibatkan pemadaman. Jika terjadi penurunan beban yang tajam maka hasil perkiraan akan kelebihan daya yang mengakibatkan pemborosan energi listrik. Makin tinggi factor beban (100%) makin rendah biaya pembangkitan. Metode *Artificial Neural Network* terbukti dapat digunakan untuk memperkirakan kebutuhan energi listrik secara akurat karena nilai MAPE berada dibawah standar yang ditetapkan PLN sebesar 2%.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] K. ESDM, "Keputusan Menteri Energi Dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia Nomor 39 K/20/MEM/2019 Tentang Pengesahan Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik Pt Perusahaan Listrik Negara (Persero) tahun 2019 sampai dengan tahun 2028," *Rencana Usaha Penyediaan Tenaga List.*, pp. 2019–2028, 2019.
- [2] Y. Octavia, A. N. Afandi, and H. Putranto, "Studi prakiraan beban listrik menggunakan metode artificial neural network," *Tekno*, vol. 28, no. 2, p. 116, 2019, doi: 10.17977/um034v28i2p116-129.
- [3] S. T. Elektro, F. Teknik, U. N. Surabaya, S. T. Elektro, F. Teknik, and U. N. Surabaya, "PERAMALAN BEBAN PUNCAK MENGGUNAKAN METODE FEED FORWARD BACKPROPAGATION DAN GENERALIZED REGRESSION NEURAL NETWORK Yunus Alam Suryatna Nur Kholis , Imam Agung , Widi Aribowo," 2016.
- [4] C. Cekdin, *Distribusi Daya Listrik*, Yogyakarta: Andi, 2021.
- [5] S. S. Wibowo, *Analisa Sistem Tenaga*, Malang: Polinema Press, 2018.
- [6] D. L. B. Taruno, *Instalasi Listrik Industri*, Yogyakarta: UNY Press, 2019.
- [7] M. Djiteng, *Pembangkitan Energi Listrik*, Jakarta: Erlangga, 2005.
- [8] Y. A. Lesnussa and E. Risamasu, "Aplikasi Jaringan Syaraf Tiruan Backpropagation Untuk Meramalkan Tingkat Pengangguran Terbuka (TPT) Di Provinsi Maluku," *Sainmatika J. Ilm. Mat. dan Ilmu Pengetah. Alam*, vol. 17, no. 2, p. 89, 2020, doi: 10.31851/sainmatika.v17i2.3434.
- [9] H. Putra and N. Ulfa Walmi, "Penerapan Prediksi Produksi Padi Menggunakan Artificial Neural Network Algoritma Backpropagation," *J. Nas. Teknol. dan Sist. Inf.*, vol. 6, no. 2, pp. 100–107, 2020, doi: 10.25077/teknosi.v6i2.2020.100-107.
- [10] M. H. B. M. T. H. H. B. Demuth, "Neural Network Toolbox Reference," *MathWorks*, p. 532, 2015.
- [11] M. Average, "Prediksi Kebutuhan Listrik Jangka," vol. 1, pp. 30–40, 2016.
- [12] Taufiqurrahman, P. Studi, and T. Elektro, "Aplikasi Algoritma Feed Forward Backpropagation Untuk Beban Listrik Hari," vol. 02, no. 01, pp. 10–15, 2020.